



Innovationen made in NRW

Schwergewicht Leichtbau

Inhalt

Innovationspotenzial mit Hebelwirkung	4
Prof. Dr. Andreas Pinkwart	
Netzwerken: die dynamische kritische Masse	5
Wolf D. Meier-Scheuven	
Leichtbau – ein technologisches Schwergewicht	6
Ein neuer Weg zu Faser-Metall-Laminaten	8
Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik	
Globale Herausforderungen als Chancen nutzen	11
Leitmarkt Wettbewerb	
Auf den Materialmix kommt es an	12
Eine Crash-Box aus Holz	14
Berührungslos und automatisiert zum Leichtbauteil	16
Leichtbau nach dem Vorbild der Natur	18
Fachwerkstrukturen für optimalen Leichtbau	20
Cadferm	
Hohlprofile statt Blech	22
Lanxess	
Leichtbau mit Laserlicht meistern	24
Fraunhofer ILT	
Serienfertigung von Teilen aus faserverstärktem Kunststoff	26
Institut für Kunststoffverarbeitung	
Hybride Bauteile lassen sich schweißen	28
Institut für Schweißtechnik und Fügechnik	
Kohlenstoff-Verbundwerkstofftechnologie hilft bei der Gewichtsreduzierung	30
ZSK Stickmaschinen	
Leichtbau in Großserie mit dem Nasspressverfahren	32
Hennecke	
Impressum	34

Innovationspotenzial mit Hebelwirkung



Prof. Dr. Andreas Pinkwart
Minister für Wirtschaft,
Innovation, Digitalisierung
und Energie des Landes
Nordrhein-Westfalen

Sehr geehrte Damen und Herren,

Nordrhein-Westfalen ist einer der führenden Industriestandorte weltweit. Unser Bundesland ist nicht nur Heimat zahlreicher Hidden Champions und globaler Unternehmen, sondern auch ein moderner Spitzenstandort für Hochtechnologien, Forschung und Entwicklung. So verfügt NRW über die dichteste Hochschullandschaft in Europa.

Traditionell sind Wirtschaft und Wissenschaft hier eng vernetzt. Damit bietet Nordrhein-Westfalen beste Voraussetzungen für unser Ziel, Top-Innovationsstandort des Maschinen- und Anlagenbaus in Deutschland zu werden.

Die Entwicklung neuer Werkstoffe – insbesondere im Leichtbau – ist ein Schlüsselfaktor für die Wettbewerbsfähigkeit des Maschinen- und Anlagenbaus und bringt einen echten Mehrwert. Leichtbau macht Produkte besser, spart Ressourcen und Kosten. Sein Innovationspotenzial ist enorm und entfaltet eine Hebelwirkung, die in andere Branchen ausstrahlt.

Nordrhein-Westfalen ist im Leichtbau bereits gut aufgestellt. Wenn wir unsere Wettbewerbsfähigkeit weiter ausbauen wollen, müssen Unternehmen daher branchen- und werkstoffübergreifend denken und handeln. Die Innovationskraft des Leichtbaus kann den Standort NRW stärken – vorausgesetzt, die Unternehmen nutzen die Chancen. Aufgabe der Landespolitik ist es, den nötigen Freiraum für Eigeninitiative und Innovationen zu schaffen. Daran arbeiten wir täglich.

Das Landescluster ProduktionNRW macht in seinem Magazin „Innovationen made in NRW“ vielversprechende Lösungsansätze rund um das Thema „Leichtbau“ sichtbar. Damit zeigt es die Innovationskompetenz und Leistungsfähigkeit des Leichtbaus auf und gibt wichtige Impulse für neue Anwendungen und Konzepte – über die Branche hinaus.

Ihr
Prof. Dr. Andreas Pinkwart

Netzwerken: die dynamische kritische Masse



Wolf D. Meier-Scheuven
Clustersprecher
ProduktionNRW

Sehr geehrte Damen und Herren,

Cluster bringen Akteure zusammen: sie vernetzen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik und sorgen als Kommunikationsplattform für einen Wissens- und Informationsaustausch. So auch das Cluster ProduktionNRW, das mit seinem Magazin „Innovationen made in NRW“, regelmäßig Themen aufgreift, die die Branche in NRW bewegen.

Die zweite Ausgabe steht im Zeichen des Leichtbaus. Ein Thema, an dem kein Weg vorbeiführt, wenn man die Aufgaben der Zukunft lösen will. Der Leichtbau beschäftigt die Branche zwar schon länger – neu ist aber, dass er durch die Weiterentwicklung von Technologien eine frische Dynamik erfährt. Vieles ist nun möglich, was vor einiger Zeit noch undenkbar oder nicht umsetzbar erschien.

Der hohe Innovationsdruck macht den Maschinenbau zu einer forschungsintensiven Branche. Gerade die kleinen und mittleren Unternehmen, die in Nordrhein-Westfalen das Rückgrat der Maschinenbaubranche bilden, können den Komplexitätsgrad einer weit vernetzten Forschung und Entwicklung nicht komplett aus eigener Kraft leisten. Vernetzung im Sinne von Kooperationen mit Partnerunternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen ist für sie daher eine wichtige Erweiterung der eigenen Möglichkeiten.

Das Magazin „Innovationen made in NRW“ setzt mit seiner Ausgabe zum Thema „Leichtbau“ genau hier an und zeigt ein ganzes Bündel an Erfolgsbeispielen und Projekten, die von Institutionen und Partnern aus der Industrie umgesetzt werden. ProduktionNRW zeigt, wie Unternehmen und Kooperationen, neue Produkte und Prozesse für die Branche entwickeln und innovative Lösungen für die Zukunft anbieten können.

Lassen Sie sich inspirieren von neuen Ideen und Herangehensweisen sowie neuen technischen Möglichkeiten!

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'W. Meier-Scheuven', written in a cursive style.

Ihr
Wolf D. Meier-Scheuven

Leichtbau – ein technologisches Schwergewicht

WALTER BEGEMANN

Leichtbau hat vielfältige Ausprägungen und Anwendungen. Langfristig zielführend ist die Kombination verschiedener Werkstoffe und damit eine branchenübergreifende Zusammenarbeit. Industrie und Forschung in Nordrhein-Westfalen sind für diese Herausforderung gut gerüstet.

Foto: BMW



Hybride Bauweise wird für Fahrzeugkarosserien genutzt. Die Elektromobilität ist ein Treiber für den Leichtbau. Stahl wird zunehmend mit anderen Materialien wie faserverstärkten Kunststoffen verbunden.

Leichtbau ist nicht neu. Bereits die Nomaden waren auf leichte mobile Behausungen angewiesen, und für Otto Lilienthal durfte der Segelapparat zum ersten kontrollierten Gleitflug nur 20 Kilogramm wiegen. Heute haben der Flugzeugbau und die Automobilindustrie eine wesentliche Treiberfunktion für Leichtbaulösungen übernommen. Treibstoffeinsparungen und die Reduktion klimaschädlicher Emissionen sind als Hauptnutzen zu nennen – entsprechende politische Vorgaben verschärfen sich weltweit. Anwendungen finden sich jedoch ebenso im Transportwesen

und Schiffbau, in der Windindustrie, im Bausektor sowie im Maschinen- und Anlagenbau.

Was bedeutet Leichtbau?

Gewichtsreduktionen mit offensichtlichen Vorteilen sind nur eine Facette des Leichtbaus. Er soll eine Funktion durch minimalen Materialeinsatz erfüllen. Mit der Gewichtsminderung muss das Gesamtsystem auch die Anforderungen an Steifigkeit, Festigkeit und dynamische Stabilität über die Produktlebenszeit gewährleisten. Die Qualität einer Leichtbaustruktur erfordert

daher die Abstimmung von Konstruktionsprinzipien, Werkstoffen und Produktion. Ökonomische, ökologische und soziale Randbedingungen beeinflussen die Leichtbaulösungen ebenfalls. Ziel des Leichtbaus ist die Einsparung von Rohstoffen, Energie und Kosten bei Produktion sowie Nutzung des Produkts bis hin zum Recycling.

Trends und Herausforderungen

Bereits in den 1990er Jahren wurde neben Stahl erstmalig Aluminium im Serienkarosseriebau eingesetzt. Die erste Fahrgastzellenproduktion des BMW i3

aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) in Serie hat das Leichtbaupotenzial von Composites in der Automobilfertigung aufgezeigt. Leichtbaulösungen werden künftig allerdings vermehrt auf der Kombination von Composites mit Aluminium, Stahl und anderen Werkstoffen, dem sogenannten hybriden Leichtbau, basieren. Langfristig ist ein intelligenter Materialmix mit hoher Funktionalität erfolgreich, der je nach Anwendung den Produkthanforderungen und dem Kostenrahmen gerecht wird.

Entsprechend benötigen Konstrukteure und Entwickler künftig verstärkt Know-how zu Werkstoffen, Verarbeitungsverfahren sowie Füge- und Verbindungstechniken. Auf dem Weg zur Serienproduktion liegen die Einsparpotenziale neben den Werkstoffen vorwiegend bei den Prozesskosten. Derzeit erfolgt die Systementwicklung hin zu kompletten Produktionsanlagen für Serienanwendungen. Dies erfordert die frühzeitige Kooperation mit Anwenderindustrien und Forschungseinrichtungen. Die Behandlung verschiedener Werkstoffe, eine individualisierte Fertigung und der Anspruch digitalisierter Prozessketten (Industrie 4.0) gehören zu den zentralen Aufgaben.

Der Maschinen- und Anlagenbau bietet geeignete Lösungen für immer ausge-

reiftere Produktionsprozesse und Automatisierung im Leichtbau an. Im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) sind Fachverbände und Arbeitsgemeinschaften entlang der Wertschöpfungskette in der Arbeitsgemeinschaft (AG) Hybride Leichtbau Technologien zusammengeschlossen. Der VDMA-Landesverband NRW sorgt für die intensive regionale Mitgliederanbindung.

Maschinenbau als Technologietreiber

Neben VDMA-Mitgliedern steht Anwendern, Zulieferern und Forschungsinstituten die Mitwirkung in der mehr als 200 Mitglieder umfassenden Arbeitsgemeinschaft offen. Ziel ist es, Produktionsverfahren, Automatisierung und Fügeverfahren werkstoffübergreifend und europaweit weiterzuentwickeln und damit zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen.

Die Mitglieder tauschen sich in Arbeitskreisen zu technologischen Entwicklungen aus. Als ein Arbeitsergebnis wurde kürzlich zum Beispiel der VDMA-Leitfaden zu Technologien im Hybridleichtbau veröffentlicht. Er umfasst 25 Technologiesteckbriefe zu Fertigungs- und Fügeverfahren. Über Tagungen und die ideelle Trägerschaft der Messe Composites Europe unterstützt die Arbeitsgemeinschaft ihre Mitglieder in der Zusammenarbeit unter-

einander und mit interessierten Kundenbranchen. Die Kooperation umfasst darüber hinaus auch den Austausch mit drei Partnerorganisationen in der Wirtschaftsvereinigung Composites Germany.

Mit politischer Unterstützung

Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung findet der Leichtbau als Schlüsseltechnologie besondere Erwähnung. Seine Förderung soll mit dem Ziel einer breiteren industriellen Anwendung konsequent fortgesetzt und ausgebaut werden. Bereits in der vergangenen Legislaturperiode hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die Initiative Leichtbau mit einer Geschäftsstelle für einen industriepolitischen Dialog eingerichtet. Die VDMA AG Hybride Leichtbau Technologien ist im Beirat der Initiative vertreten und wirkt an der Entwicklung einer Leichtbaustrategie mit.

..... ●
Dr. Walter Begemann
Referent
VDMA AG Hybride Leichtbau Technologien
Frankfurt am Main
<https://lightweight.vdma.org>
.....

Fotos: Dlugosch



Mobilität gewinnt an Bedeutung und muss deshalb ressourcenschonend erfolgen. Durch Materialmix entstehen Felgen für Autos in Leichtbauweise.



Automatisiertes Flechten von Carbonfasern ermöglicht leichte Strukturen bei den Bauteilen.

Ein neuer Weg zu Faser-Metall-Laminaten

ALAN A. CAMBERG UND TOMAS HEGGEMANN

Neueste Karosseriekonzepte setzen verstärkt auf einen intelligenten Multi-Materialmix. Getreu dem Motto „der richtige Werkstoff an der richtigen Stelle“ wird dieser Gedanke konsequent weitergedacht und auch auf die Dickenrichtung des Werkstoffes übertragen. Das Ergebnis: ein beanspruchungsgerechter Mehrschichtverbund aus Metall und FKV.



Foto: Thyssenkrupp Steel Europe

InCar-plus-Demonstrator: Innovatives Konzept für Motorhauben mit neuem Werkstoffverbund.

Das ehrgeizige Projektziel benötigt eine vielseitige Expertise, die durch ein interdisziplinäres Konsortium aus sechs Fachgruppen des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen der Universität Paderborn sowie den zehn Industriepartnern D&S Sandstrahltechnik, Benteler Automobiltechnik, Siemens GmbH & Co. KG, Thyssenkrupp Steel AG, Spier GmbH & Co. Fahrzeugwerk KG, Erichsen GmbH & Co. KG, ESM GmbH & Co. KG, WIB GmbH, Maschinen- und Anlagenbau Meyer GmbH & Co. KG und der SI-Coatings GmbH erbracht wird.

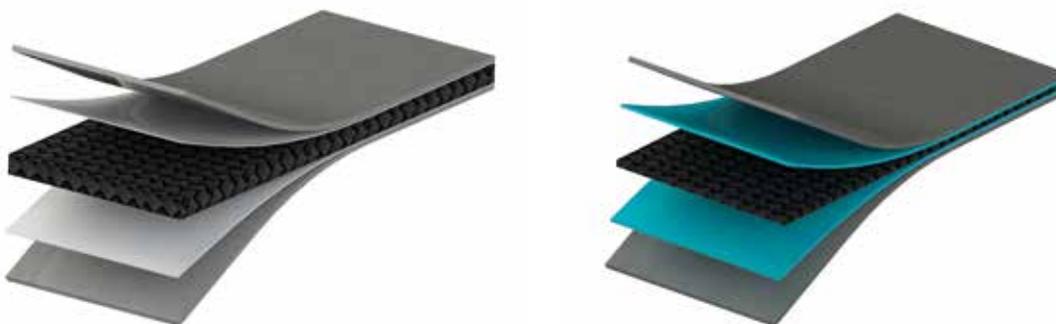
Faserverstärkte Kunststoffe weisen trotz ihrer herausragenden Leichtbaueigenschaften für die Karosserieentwicklung Nachteile auf wie das ungünstige Versagensverhalten oder hohe Produktionskosten. Bei hybriden Metall-FKV-Verbundwerkstoffen wird versucht, die einzelnen solitären Werkstoffe miteinander so zu kombinieren, dass sich deren Nachteile aufheben und ein Optimum bezüglich der mechanischen Eigenschaften zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten erreicht wird. In Abhängigkeit von der Beanspruchung, der Geometrie des Querschnitts

und dem gewählten Lagenaufbau können die gewichtsspezifischen Eigenschaften dieser Werkstoffe jedoch stark variieren.

Der Projektansatz

Um diesen Limitierungen zu begegnen wird ein neuartiger Ansatz entwickelt, der erstmalig eine methodische Vorgehensweise zur beanspruchungsgerechten Entwicklung von geschichteten Werkstoffen ermöglicht. Das Projekt „LHybS – Leichtbau durch neuartige Hybridwerkstoffe“ setzt sich das ehrgeizige und innovative Ziel, eine

Bilder: LUF Paderborn



Die neuen Hybridwerkstoffe bestehen aus mehreren Schichten, die miteinander verbunden werden. Im Zusammenspiel ermöglichen sie die Produktion des optimierten Bauteils.

Werkstoffentwicklung voranzutreiben, der eine Top-Down-Betrachtung zu Grunde liegt. Es wird vom Europäischem Fonds für Regionale Entwicklung der Europäischen Union und dem Land Nordrhein-Westfalen unter Leitung des Projektträgers Jülich gefördert.

Das dickenabhängige Eigenschaftsprofil des zu entwickelnden Werkstoffs leitet sich dabei aus Gesamtfahrzeugsimulationen ab und berücksichtigt neben den rein mechanischen Aspekten alle Anforderungen, die sich aus dem Einsatz des Werkstoffs für ein gewähltes Bauteil ergeben. Projektziel ist es, ein leichtes hybrides Halbzeug herzustellen, das sich ähnlich handhaben lässt wie die aktuell im Karosseriebau zum Einsatz kommenden Werkstoffe. Diese herausfordernde Aufgabe benötigt ein vielseitiges Know-how, das im Rahmen des Projekts durch ein interdisziplinäres Konsortium aus sechs Forschern des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH) sowie zehn Industriepartnern hervorgebracht wird.

Simulation des gesamten Fahrzeugs

Ausgangspunkt der Werkstoffentwicklung ist das InCar-Plus-Modell der Thyssenkrupp Steel Europe. Die Karosserie des InCar-Plus repräsentiert einen stahlintensiven Leichtbauansatz und setzt vorwiegend auf höher- und höchstfeste Stähle und entspricht somit dem

Stand der Technik. Zur Bewertung wird die Referenzstruktur einer Reihe von Crash- und NVH-Simulationen unterzogen. Diese dienen der Bewertung des Ist-Standes sowie der anschließenden Sichtung von Bauteilen, die ein hohes Hybridisierungspotenzial besitzen.

Als Ansatz zur Identifizierung von Karosseriekomponenten wird eine Methode erarbeitet, die den Einfluss einzelner Bauteile auf die globalen Eigenschaften der Karosserie untersucht. Hierzu werden Komponenten hoher anteilmäßiger Formänderungsenergie extrahiert und einer Sensitivitätsanalyse unterzogen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Werkstoffentwicklung an Bauteilen vorgenommen wird, an denen entstehende Mehrkosten durch signifikant verbesserte Karosserieeigenschaften gerechtfertigt sind. Die identifizierten Demonstratoren – der vordere Längsträgerabschnitt als Beispiel eines crashrelevanten Bauteils sowie der hintere Querträger als steifigkeitsgetriebene Komponente – bilden die Basis der optimierungsbasierenden Werkstoffentwicklung.

Nachfolgend werden beide Demonstratoren in mindestens fünf Einzelschichten unterteilt, deren Materialeigenschaften im ersten Optimierungsschritt frei parametrisiert werden. So

bald durch den Algorithmus ein Optimum gefunden ist, erfolgt ein Abgleich der idealisierten Werkstoffkennwerte mit einer realen Materialdatenbank, um konkrete Werkstoffpendants aufzuzeigen.

Abschließend werden die entwickelten Schichtverbunde in Gesamtfahrzeug- und Karosseriesimulationen validiert und mit den Werten der Referenzstruktur verglichen. In beiden Fällen ist durch eine reine Werkstoffneuentwicklung eine Massenreduktion von mindestens 20 Prozent bei gleichbleibenden oder verbesserten Karosserieeigenschaften erzielt werden.

Tiefziehen von FML-Werkstoffen

Die Umformtechnik spielt bei der Herstellung von flächigen Karosseriebauteilen eine essenzielle Rolle. Im Forschungsprojekt LHybS sollen zwei Karosseriebauteile aus FML-Platinen mittels Tiefziehen hergestellt werden. Dabei treten in den Bauteilen während des Umformprozesses komplexe Zugbeziehungsweise Zug-Druckbeanspruchungen auf.

Wird ein ungünstiges Werkzeug- oder Prozessdesign eingesetzt, kann dies schon bei der Umformung von konventionellen Blechplatinen zu Versagensfällen wie Reißern oder Faltenbildung führen. Bei der Umformung von FML-

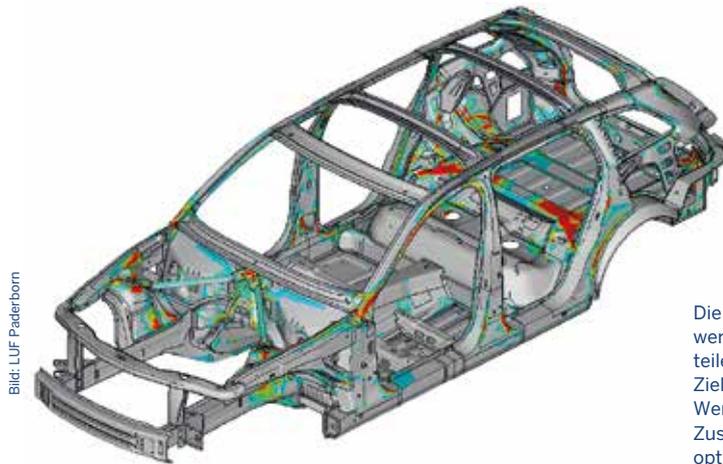


Bild: LUF Paderborn

Die Entwicklung neuartiger Hybridwerkstoffe hat extrem leichte Bauteile für die Automobilindustrie zum Ziel. Im Bauteil, das aus mehreren Werkstoffen besteht, ergibt das Zusammenspiel der Werkstoffe die optimale Komponente.

Platinen besteht weiteres Fehlerpotenzial. So kann es in Bereichen, in denen tangential Druckspannungen vorherrschen, zum Verschieben beziehungsweise Stauchen der Fasern kommen. Dies führt zu unerwünschten Effekten wie Delamination und Ausknicken oder Brechen der Faserstränge. Neben dieser Schädigung der Faser kann die Delamination zum Verlust des Zusammenhalts in der Matrix führen, somit ist eine sinnvolle Nutzung des Bauteils nicht mehr möglich. Ein weiteres Problem kann in Bereichen mit hohen Flächenpressungen auftreten. Es kann zum Fließen des Matrixwerkstoffs aus dem Werkstoffverbund kommen. Diesen unerwünschten Effekten kann jedoch erfolgreich entgegengewirkt werden.

Umformgerechtes Werkstoffdesign

Um ein für die FML-Umformung angepasstes Werkzeug- und Prozessdesign zu entwickeln, wurden in dem Projekt komplementär ergänzend numerische und experimentelle Methoden entwickelt und eingesetzt. Bei den Umformsimulationen bildeten die Daten des InCar-Plus-Modells die Basis für die Modellierung von Werkzeugelementen im Umformprozess. Die Simulationen wurden zunächst für grundlegende Untersuchungen eingesetzt. So wurde die Wirkung und die Wechselwirkung bei Variationen einzelner Design- und

Prozessparameter auf den Umformprozess bestimmt. Ergänzend dazu wurden experimentelle Arbeiten mit Steigerung der Komplexität durchgeführt. Dabei wurden typische Belastungssituationen während der Umformung von Realbauteilen anhand der Fertigung von Ersatzgeometrien (Napf-, Halbkugelgeometrie und U-Profil) untersucht. Diese lieferten wichtige Erkenntnisse zur Entwicklung von Richtlinien zur Prozessauslegung beziehungsweise zum Halbzeugdesign beim Tiefziehen von FML-Bauteilen. Das verbesserte Umformverhalten der angepassten FML-Platinen kann durch den Einsatz von einstellbaren Mehrpunktniederhalter- und Stempelsystemen gesteigert werden, sodass auch komplexe Bauteile herstellbar werden.

Beanspruchungsgerechte Profile

Mithilfe der im Rahmen des Projekts entwickelten Optimierungsmethodik lassen sich beanspruchungsgerechte Werkstoffprofile auslegen, die die Erschließung weiterer Leichtbaupotenziale ermöglichen. Zur Erhöhung der Verbundfestigkeit von FML werden sowohl geeignete Methoden zur Oberflächenstrukturierung wie auch bionikbasierende Haftvermittlersysteme erforscht. Um die Verarbeitung der neuartigen Werkstoffe zu Bauteilen in Tiefziehverfahren zu ermöglichen, werden Anpassungen am Werkstoff selbst

wie auch an den Umformwerkzeugen und der Prozessführung herausgearbeitet.

Die entwickelten Werkstoffverbunde wurden bisher ausschließlich durch numerische Simulationen und Ersatzversuche charakterisiert. Die experimentelle Absicherung der FML-Werkstoffe an realen Bauteilgeometrien steht noch aus und befindet sich derzeit in der Vorbereitungsphase.

Alan A. Camberg
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Lehrstuhl für Leichtbau im Automobil (LiA)

Thomas Heggemann
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Lehrstuhl für Umformende
und Spanende Fertigungstechnik (LUF)
Universität Paderborn
www.mb.uni-paderborn.de/leichtbau

Globale Herausforderungen als Chancen nutzen

Die LeitmarktAgentur.NRW bietet Forschungseinrichtungen und Unternehmen über ihre Leitmarkt Wettbewerbe finanzielle Unterstützung bei innovativen Projekten. Damit will das Land zur Profilierung des Wirtschaftsstandorts NRW beitragen.

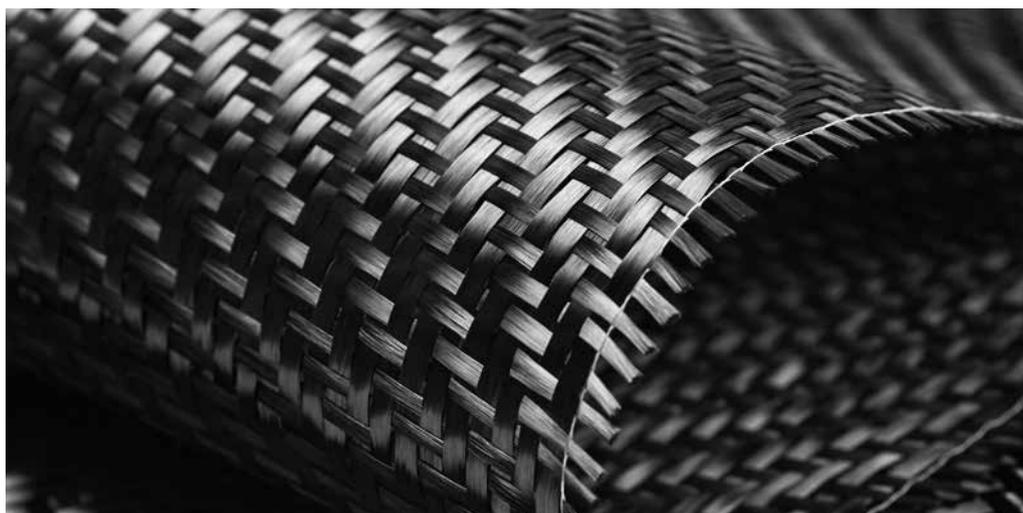


Foto: vitals/Adobe Stock

Neue Werkstoffe können im Verbund mit einer Vielzahl von Materialien eingesetzt werden. Der Materialmix ermöglicht in vielen Anwendungen Bauteile mit optimalen Eigenschaften.

Eine stetig wachsende Weltbevölkerung, zunehmende Urbanisierung, Klima- und Umweltschutz, eine veränderte Mobilität und eine saubere, aber sichere Energieversorgung – die Welt steht vor großen Herausforderungen. Daraus ergeben sich Chancen für diejenigen Unternehmen, die in diesen Schlüssel- und Zukunftsindustrien innovative Lösungen anbieten. Aus diesem Grund hat das Land Nordrhein-Westfalen eine Leitmarktstrategie entwickelt. Damit will die durchführende LeitmarktAgentur.NRW nicht nur finanzielle Unterstützung geben, sondern auch die Vernetzung aller Partner einer Wertschöpfungskette fördern und nicht zuletzt mit der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Standorts NRW auch Arbeitsplätze hierzulande sichern.

Kern der Leitmarktstrategie sind acht Leitmarkt Wettbewerbe: Maschinen- und Anlagenbau, Neue Werkstoffe, Mobilität und Logistik, Informations- und Kommunikationswirtschaft, Energie- und

Umweltwirtschaft, Medien und Kreativwirtschaft, Gesundheit und Life Science. In jedem dieser Bereiche können Projekte zur Förderung eingereicht werden. Finanziert werden die Projekte aus den Leitmarkt Wettbewerben mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes NRW. In der aktuellen Förderphase von 2014 bis 2020 stellt Brüssel für jeden Leitmarkt 40 Millionen Euro zur Verfügung. Das Land zahlt noch jeweils 20 Millionen Euro dazu. Der Gesamtpot für die aktuelle Finanzierungsphase beläuft sich somit auf knapp eine halbe Milliarde Euro.

Verbundvorhaben stehen im Vordergrund

„Seit 2014 haben wir schon weit über 1.000 Einzelbewilligungen erteilt“, sagt Dr. Sebastian Dziallach von der LeitmarktAgentur.NRW. Die Agentur ist eine Kooperation der beiden Projektträger PtJ (Projektträger Jülich) und ETN (Energie, Technologie, Nachhal-

tigkeit) und ist wie diese am Forschungszentrum Jülich angesiedelt.

Der mit Abstand größte Teil der Bewilligungen entfiel auf sogenannte Verbundvorhaben, in denen sich Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen eines Themas gemeinsam annehmen. Jeder Partner in einem solchen Verbund bekommt für seinen Part eine Einzelbewilligung. Projekte von einzelnen Unternehmen sind die große Ausnahme, überwiegend werden Verbundvorhaben bestehend aus Partnern aus der Wirtschaft und Wissenschaft beantragt und umgesetzt. „Wir wollen Verbundenken sowie Wissens- und Technologietransfer ausdrücklich fördern“, sagt Dziallach.

Dr.-Ing. Sebastian Dziallach
 Mitglied des Leitungsteams
 der LeitmarktAgentur
 LeitmarktAgentur.NRW
 Jülich
www.leitmarktagentur.nrw

Leitmarkt Wettbewerb

Auf den Materialmix kommt es an

Neue Werkstoffe werden heute nicht mehr als Konkurrenz zu etablierten Werkstoffen betrachtet. Das beste Material für den richtigen Zweck einzusetzen ist mittlerweile das Ziel. Dieses Ziel wollen auch Forscher der Universität Siegen zusammen mit dem Autozulieferer Mubea Fahrwerksfedern GmbH bei ihrem Projekt InHyb (Intrinsischer Hybridverbund) erreichen.

In dem Projekt geht es darum, glasfaserverstärkte Kunststoff-Bauteile (GFK) mit Stahl zu verbinden. Zum Beispiel untersuchen die Forscher des Lehrstuhls für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau Blattfedern, die eine Radachse mit dem Fahrwerk verbinden. Bauteile also, die nicht starr sind, sondern sich bei Beanspruchung verändern müssen. Diese Blattfedern bestehen heute noch ganz überwiegend aus Stahl. Vereinzelt werden in Autos der Luxusklasse und auch in Nutzfahrzeugen Blattfedern aus GFK eingesetzt. Die sind viel leichter als herkömmliche Stahlfedern, aber auch viel teurer. In der Kombination der Glasfaser mit Stahl erhält man zwar ein etwas schwereres Material, gleichzeitig aber auch ein robusteres Produkt, in das

Fotos: Arne Busch



Mit diesem Aufbau können Eigenspannungen bei unterschiedlichen Temperaturen der Probe analysiert werden.

jeder Werkstoff seine Eigenschaften optimal einbringen kann, so die Überlegung. Wie hoch die Gewichtseinsparung bei diesem Hybridverbund sein wird, wird sich am Ende des Projektes zeigen. Das Potenzial ist jedoch groß. So ist etwa eine Blattfeder aus GFK um 70 Prozent leichter als eine aus Stahl.

Für ihr Projekt InHyb für zyklisch beanspruchte Bauteile fanden die Forscher

mit der Firma Mubea Fahrwerksfedern aus dem sauerländischen Attendorf einen industriellen Partner, der sich als Automobilzulieferer schon lange mit Leichtbau beschäftigt. Gemeinsam meldeten sie das Projekt beim Leitmarkt Wettbewerb NeueWerkstoffe.NRW an. Für das Ende Januar 2019 nach drei Jahren endende Projekt erhielten die Projektpartner aus dem Fördertopf der LeitmarktAgentur.NRW gut 70 Prozent

ihrer kalkulierten Gesamtausgaben von knapp einer Million Euro als Zuschuss. Die Restkosten teilen sich die Projektpartner.

Ergänzter Fertigungsprozess

Bei der Herstellung von Blattfedern aus GFK sind Glasfasern mit dem Kunstharz Epoxid vorimprägniert. Sie werden in Form gelegt und in einer Presse erwärmt. Dadurch wird das Harz flüssig und verbindet sich mit den Fasern. Beim Pressen härtet das Material aus und ist damit ein fertiges Bauteil. „Das ist der Grundprozess, auf dem wir bei InHyb aufsetzen. Wir kombinieren darin mehrere verschiedene Materialien miteinander. Glasfaser und Kunststoff, das ist bereits ein Multi-Material-System. Bei uns kommt noch die Komponente Stahl dazu“, sagt Arne Busch, der das Projekt unter der Leitung von Prof. Dr. Robert Brandt betreut. Bei InHyb wird der übliche Herstellungsprozess im Grunde nicht verändert, sondern nur erweitert: In die Presse wird zusätzlich noch ein Stahlelement gelegt und zusammen mit dem Vormaterial verpresst. Beim Aushärten entsteht so der Hybridverbund aus GFK und Stahl. Da Glasfasern meistens nur unidirektional, also in eine Richtung, verlegt werden und infolgedessen auch nur in eine Richtung eine hohe Festigkeit aufweisen, kann man mit Stahl eine Festigkeit nach allen Seiten erreichen.

Dabei gibt es jedoch noch ein Problem zu beseitigen. Stahl und GFK dehnen sich bei Wärme unterschiedlich stark aus und ziehen sich beim Abkühlen unterschiedlich stark zusammen. Da-

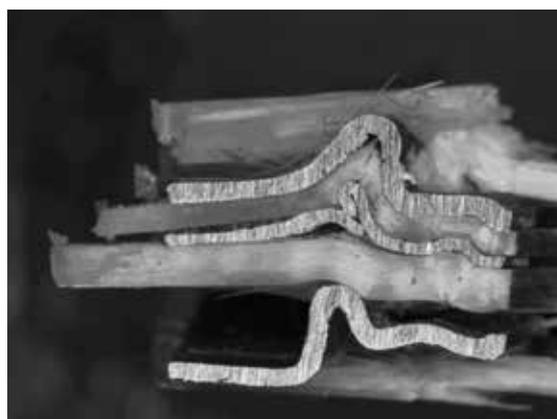
mit herrscht im Hybridverbund eine Eigenspannung. „Die ist an sich unvermeidlich, aber wir arbeiten daran, dass die Eigenspannung so gering wie möglich ist, etwa durch die Suche nach einem optimalen Aufbau des Verbunds“, sagt Busch.

Verbesserte Fügechnik

Dieser Materialmix bietet sich nicht nur bei ganzen Bauteilen an, sondern auch bei der Verbindung unterschiedlicher Materialien, zum Beispiel, wenn man ein flächiges GFK-Bauteil mit einem flächigen Stahlbauteil über eine Bolzenverbindung zusammenbringen will. Beide Bauteile überlappen sich am Ende, es wird ein Loch gebohrt und zuletzt eine Niete gesetzt. „Wenn man nun auf beide Enden eine Zugkraft gäbe, würde das GFK recht schnell versagen, weil es keine Fasern quer zur Beanspruchungsrichtung gibt. Damit kann nur die Kunststoffmatrix Widerstand bieten. Die ist aber sehr schwach und würde schnell zerstört werden“, erklärt Busch. Kunststoff hat bei Kraft-

einwirkung nur eine Festigkeit von 70 Megapascal. Zum Vergleich: GFK in Faserrichtung erreichen eine Festigkeit von 1.000 Megapascal. Mit InHyb soll die Robustheit der Verbindung erhöht werden, indem Stahl als Verstärkung eingebracht wird. „Wenn wir im Bereich der Bohrung zwei Bleche über und unter das GFK-Teil legen, können wir am Ende wieder ziehen und die Matrix versagt deutlich später“, erklärt Busch.

Die Grundlagenuntersuchungen sind bei InHyb inzwischen abgeschlossen. Aktuell arbeiten die Projektpartner an der Prüfung von bauteilähnlichen Proben. Danach wird ein Demonstrator aufgebaut, der zeigen soll, ob alles auch so funktioniert, wie man es sich erhofft hat. „Auch danach gibt es noch viel zu tun. Es ist ja nicht so, dass wir am Abschluss des Projekts ein fertiges Bauteil haben, das sofort in die Serienfertigung gehen kann“, sagt Busch, „mit dem Projekt haben wir eine Entwicklung vorangetrieben, um zu sehen, was überhaupt möglich ist.“



Das will InHyb verhindern: Ein Bolzen verformt Blech und schädigt das GFK.

Leitmarktwettbewerb

Eine Crash-Box aus Holz

Die Automobilindustrie steht vor der Herausforderung, die CO₂-Emissionen drastisch zu senken. Das wird unter anderem durch Leichtbau erreicht, denn leichtere Fahrzeuge verbrauchen weniger Kraftstoff. Das gemeinsame Projekt EHoLA der Universität Paderborn, des Klebstoffspezialisten Jowat SE und der Hanses Sägewerks-technik GmbH & Co. KG setzt auf den Werkstoff Holz als Ersatz für etablierte, schwerere Metallwerkstoffe.

Um Gewicht zu reduzieren, setzen Autobauer schon länger auf Alternativen zum Werkstoff Stahl – auf Aluminium zum Beispiel oder neuerdings ver-

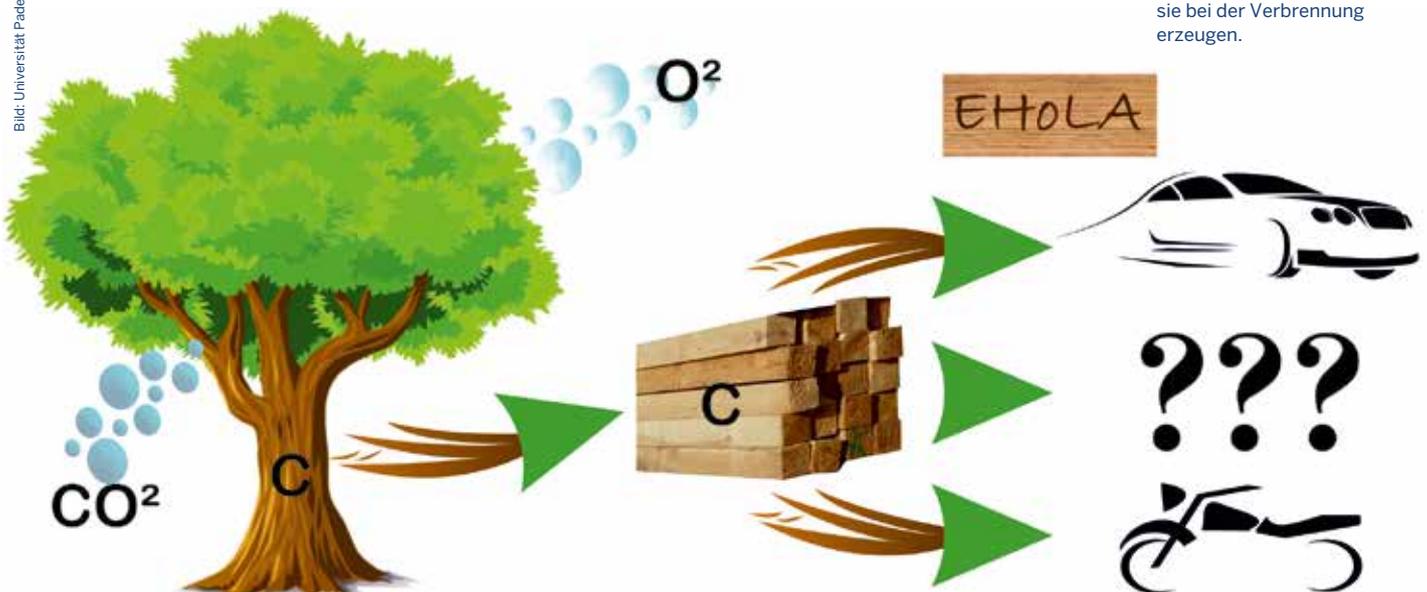
stärkt auf kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK). Diese Materialien sind zwar leichter, aber sie haben auch Nachteile. Für die Herstellung von Aluminium wird viel Energie benötigt. Außerdem erzeugt der Prozess viel CO₂. Auch die CFK-Herstellung ist sehr energieaufwändig und entsprechend teuer. Hinzu kommt, dass das Recycling des Werkstoffes sehr schwierig ist, denn dazu muss man vorher alle unterschiedlichen Komponenten sauber voneinander trennen. Neuerdings tritt mit Holz ein alternativer Werkstoff in den Autobau, der bislang höchstens im Innenraum von Luxuslimousinen zu finden war.

Gute mechanische Eigenschaften

Dass sich Holz auch für Bauteile jenseits hübschen Designs und sogar unter der Motorhaube eignen, will ein Projekt zeigen, in dem sich Wissenschaftler des Paderborner Universitäts-Lehrstuhls Leichtbau im Automobil (LiA) mit Partnern aus der Industrie zusammengeschlossen haben. Sie haben erkannt, dass Holz ähnliche mechanische Eigenschaften hat wie CFK oder auch Stahl und deshalb grundsätzlich auch für den Einsatz im Autobau geeignet ist. Man muss den Werkstoff nur für den Einsatz entsprechend optimieren. Gemeinsam haben sie ihr Projekt EHoLA (Eigenschaftsoptimierte

Der Werkstoff Holz speichert Kohlenstoff langfristig. Holz ist zudem klimaneutral, weil Bäume der Umwelt dieselbe Menge CO₂ entziehen, die sie bei der Verbrennung erzeugen.

Bild: Universität Paderborn



Holzverbundwerkstoffe für den ökologischen Leichtbau von Automobilen) 2016 im Leitmarkt Wettbewerb Neue-Werkstoffe.NRW eingereicht.

Zu Beginn des Projekts wurde geprüft, welche Holzwerkstoffe sich grundsätzlich eignen. Es stellte sich heraus, dass besonders Furnierwerkstoffe geeignet sind. Diese bestehen im Unterschied zu Vollholz und auch zu einfachen Holzwerkstoffen wie etwa Spanplatten aus mehreren geschälten Schichten. Dadurch lassen sich Aufbauten mit unterschiedlichen Eigenschaften realisieren, etwa im Hinblick auf Steifigkeiten und Festigkeiten. Man hat also bei der Zusammensetzung eines Holzwerkstoffs verschiedene Stellschrauben zur Optimierung seiner Funktion.

Hohe Energieabsorption

Im nächsten Schritt suchten sich die Projektpartner zwei konkrete Karosseriebauteile aus, die statt wie bisher aus Stahl oder Aluminium nun aus Holz ausgelegt und gefertigt werden sollten: eine Crash-Box und eine Sitzrückwand. In Crashtests mit der Crash-Box aus einfachen Holzstrukturen stellte sich heraus, dass Holz Energie mindestens genauso gut absorbiert wie Aluminiumprofile. Und das ist erst der Anfang, denn für die Untersuchung wurden Aluprofile verwendet, die speziell für hohe Energieabsorption entwickelt wurden. Der verwandte Holzwerkstoff, in diesem Fall Buche, hat dagegen noch viel Potenzial zur Weiterentwicklung. Welche Holzart als Basis für einen Holzwerkstoff eingesetzt wird, hängt von der jeweiligen Anforderung ab. Buche

punktiert mit großer Festigkeit und Steifigkeit, dafür sind Nadelhölzer in der Regel leichter. Denkbar sind daher auch Sandwichkonstruktionen, in denen weiche Hölzer von härteren umschlossen werden.

Holz ist deutlich leichter als Stahl und sogar als CFK. Zum Vergleich: Stahl hat eine Dichte von 7,8 Gramm pro Kubikmeter, CFK von nur 1,6 Gramm pro Kubikmeter. Holz dagegen weist mit 0,8 Gramm pro Kubikmeter gerade einmal die Hälfte der Dichte auf. Darüber hinaus ist Holz ein nachwachsender Rohstoff, dessen Vorkommen also nicht zur Neige geht. Und am Ende des Lebenszyklus kann es energetisch genutzt, sprich verbrannt werden.

Präzise Aufgabenverteilung

Das LiA der Universität Paderborn arbeitet im EHoLA-Projekt mit zwei Industriepartnern aus Nordrhein-Westfalen zusammen. Die auf Industrieklebstoffe spezialisierte Jowat aus Detmold ist für die in den Holzwerkstoffen eingesetzten Klebstoffe verantwortlich.



Foto: Universität Paderborn

Der Zuschnitt der Holzfurniere erfolgt manuell.

Dritter im Bund ist die Hanes Sägewerkstechnik. Das Unternehmen aus dem sauerländischen Meschede ist Experte auf dem Gebiet der Holzverarbeitung und stellt auch die dazu nötigen Werkzeuge für das Projekt her.

Das Projekt liegt im Zeitplan und wird im Frühjahr 2019 abgeschlossen sein. „Wir sind jetzt dabei, die beiden Bauteile in der letzten Stufe auszulegen. Wir haben die Werkstoffe komplett untersucht und ein Simulationsmodell aufgestellt. Wir wissen schon genau, wie unsere Bauteile aussehen werden. In der letzten Stufe machen wir jetzt den Feinschliff“, sagt Swetlana Schweizer, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut Leichtbau im Automobil der Universität Paderborn. Das bedeutet, jetzt werden die Bauteile gefertigt und getestet. Am Ende steht ein Prototyp, der zeigen soll, dass Holz im Autobau eine echte Werkstoffalternative werden kann.



Leitmarkt Wettbewerb

Berührungslos und automatisiert zum Leichtbauteil

Faserverbundwerkstoffe spielen eine große Rolle im Bemühen, mit leichteren Bauteilen Ressourcen zu schonen. Noch sind diese Materialien aber sehr teuer. Das Projekt CarboLase hat sich zum Ziel gesetzt, die Prozessketten zu vereinfachen und dadurch Kosten zu senken. Neben zwei Forschungsinstituten sind auf Industrie-seite der Laserstrahlerhersteller Amphos GmbH, der Verbindungsspezialist Kohlhage Fasteners GmbH & Co. KG und der Systemintegrator Lunovu Integrated Laser Solutions GmbH am Projekt beteiligt.

Für die hohen Kosten von Bauteilen aus Verbundwerkstoffen mit Glasfasern (GFK) oder Carbonfasern (CFK) gibt es mehrere Gründe. Zum einen sind die Ausgangsmaterialien selbst teuer. Zweitens werden heute noch viele Fertigungsschritte manuell erledigt. Drittens hat man bei der Verarbeitung viel Verschleiß und Verschnitt. Hier setzt das Projekt an, für das sich das Aachener ILT zusammen mit dem Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen und drei Partnern aus der Industrie zusammengeschlossen hat. „Faserverbundwerkstoffe sind sehr abrasiv, das heißt, man hat einen hohen Verschleiß an Bohr- und Fräswerkzeugen, man muss die Werkzeuge daher oft wechseln. Insgesamt ist die traditionelle Fertigungskette sehr defektanfällig. Unser Ansatz war zu sehen, wie man das besser machen kann“, sagt Projektleiter Stefan Janssen vom ILT.

CarboLase ist keine neue Fertigungstechnik, sondern eine Optimierung der Fertigungskette für CFK-Bauteile, die

üblicherweise so aussieht: Matten aus Carbonfasern werden zugeschnitten und zu mehrlagigen Paketen verklebt oder vernäht und anschließend zur gewünschten Endkontur umgeformt. Diese sogenannten Preforms werden dann in der Werkzeugform mit Kunstharz getränkt und zum gewünschten Bauteil ausgehärtet. Danach werden sie weiterbearbeitet. Viele dieser Bauteile müssen mit anderen Elementen zu Baugruppen verbunden werden, beispielsweise durch das Ein- oder Aufbringen von meist metallischen Kräfteinleitungselementen mit Gewinden, denn anders als bei Metallen kann in CFK kein hochbelastbares Gewinde geschnitten werden. Bislang werden dazu Bohrungen im fertig ausgehärteten Bauteil vorgenommen. Das hat aber einen großen Nachteil: Beim Trennen der harten Carbonfasern verschleifen die sehr scharfen Schneidkanten der Werkzeuge. Außerdem besteht die Gefahr, dass Carbonstaub in die Matrix eindringt und das Bauteil dadurch verunreinigt wird.

Laserstrahlen schonen das Textil

CarboLase setzt einen Schritt früher an. Die Löcher für die Gewinde und andere Kräfteinleitungselemente werden schon in die Preform gebohrt, also schon bevor das Harz hinzugefügt wird. Bei einem herkömmlichen Bohrer würden sich die Fasern allerdings wie bei anderen Textilien auch, um den Bohrer wickeln und den textilen Lageraufbau zerstören. Man braucht deshalb ein mechanisch kontaktloses Fertigungsverfahren und nimmt dafür einen Laser. „Wir nutzen neue ultrakurz gepulste Strahlquellen mit Pulslängen zwi-

schen zwei und 20 Pikosekunden und bis zu ein Megajoule Pulsenergie. In dieser kurzen Zeit wird so viel Energie in das Material eingebracht, dass es ohne thermische Schädigungen direkt verdampft“, erklärt Janssen. Der Bohrvorgang verläuft damit reibungslos und reproduzierbar.

Damit ist dieses Verfahren nach Einschätzung von Sebastian Oppitz vom ITA deutlich wirtschaftlicher als das konventionelle Bohren oder andere Bearbeitungsverfahren wie etwa das Fräsen. „Es gibt ein hohes Einsparpotenzial. Die genauen Höhen werden wir wissen, wenn wir im Herbst umfangreiche Versuchsreihen fahren“, ist er überzeugt.

Neben der Einsparung durch geringeren Verschleiß kommt auch ein Zeitersparnis zum Tragen, die aus dem Wegfall der vielen Werkzeugwechsel resultiert. Das kann zu einem erheblichen Faktor werden. In der Luftfahrtindustrie ist beispielsweise aus Sicherheitsgründen vorgeschrieben, Werkzeuge nur bis zu einem sehr kleinen Verschleißgrad einzusetzen. Entsprechend oft müssen sie gewechselt werden. Dort ist es auch Vorschrift, dass ein Bauteil selbst bei der kleinsten Beschädigung repariert werden muss. Mit dem CarboLase-Verfahren lassen sich Bauteildefekte aber vermeiden.

Fünf Partner im Verbund

Bei CarboLase sind die Aufgaben klar verteilt. Das ILT ist neben der Projektleitung für die Lasertechnik zuständig, das ITA für den Aufbau der Prozesskette. Kamphaus aus Herzogenrath

steuert die Laserstrahlquelle und die Strahlführung bei und die Kohlhage Fasteners aus Neuenrade die Verbindungselemente. Die ebenfalls in Herzogenrath ansässige Lunovu Integrated Laser Solutions schließlich wurde als Systemintegrator mit ins Boot geholt. Das Projekt wurde im Leitmarktwettbewerb Produktion.NRW eingereicht und läuft bis Anfang 2020.

Automatisierung wird vorangetrieben

Da die Produktion von CFK-Bauteilen bislang noch stark manuell geprägt ist,

wollen die Forscher im CarboLase-Projekt die Automatisierung vorantreiben. Dazu planen sie eine Roboterzelle, in der einzelne textile Lagen zu Paketen gestapelt, umgeformt und gebohrt werden. „Die Zelle ist auf äußerste Flexibilität angelegt. Wir wollen dort unterschiedliche Bauteile fertigen, seien es flächige oder auch komplexe Teile wie eine B-Säule im Auto“, sagt Oppitz. „Eine derart automatisierte und gleichzeitig flexible Prozesskette ist neu“, erläutert er.

Neu ist auch, dass an vielen Punkten der Prozesskette Sensordaten aufgenommen werden. Sie dienen zu Kontroll- und Korrekturzwecken und helfen zum Beispiel bei der Positionserkennung und ermöglichen dem Roboter, verrutschte Materialien zu erkennen. Das verhindert, dass der Roboter Löcher an der falschen Stelle bohrt. „Wir nehmen hier den Gedanken von Industrie 4.0 auf“, erklärt Projektleiter Janssen.



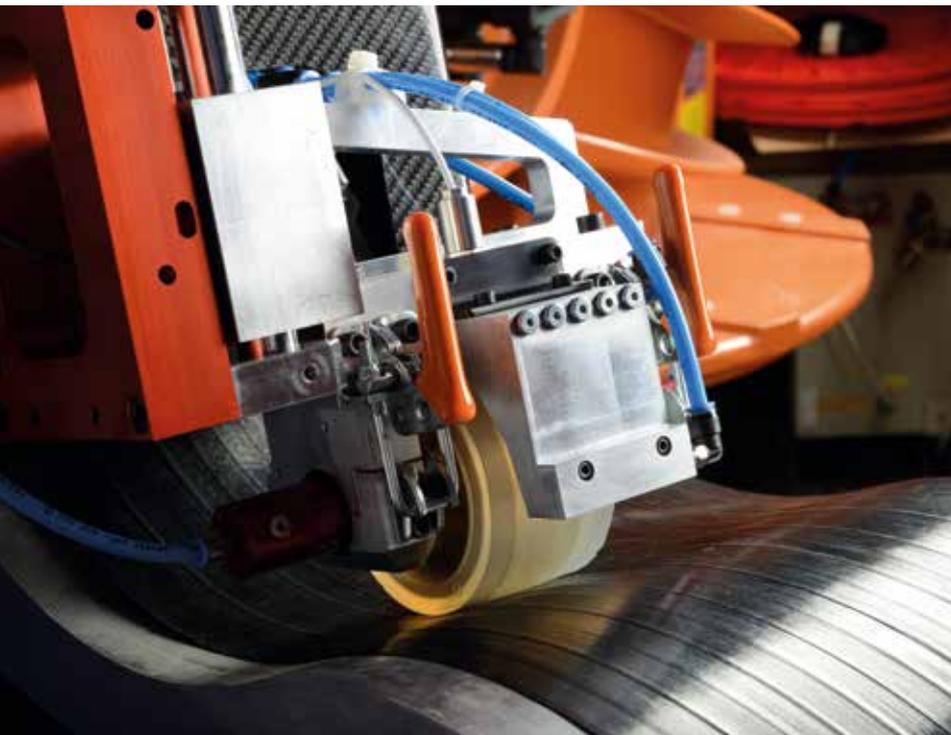
Foto: Fraunhofer ILT



Laserstrahlgebohrter CFK-Preform mit einer Innengewindehülse.

Leitmarktwettbewerb

Leichtbau nach dem Vorbild der Natur



Fotos: Guido Flüchter/Fraunhofer IPT

Durch bionischen Leichtbau werden Faserverbundkunststoffe lastfallgerecht verwendet. Als nächstes soll die Herausforderung gelöst werden, Tapes mit Endlosfasern in Kurvenbahnen abzulegen.

Wenn man die Flügel einer Libelle betrachtet, die trotz filigraner Adern und hauchdünner Membran hocheffizient und widerstandsfähig sind, wird schnell klar: Im Leichtbau können Ingenieure viel von der Natur lernen. Die Herausforderung besteht darin, Gewicht von Bauteilen zu reduzieren, ohne an Stabilität einzubüßen.

Das Gewicht von Bauteilen zu reduzieren, ohne an Stabilität einzubüßen: Seit mehr als einem Vierteljahrhundert arbeiten die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT an dieser Frage. Sie optimie-

ren die Prozesse und Technologien. In Flora und Fauna verlaufen die Formen von stützenden Strukturen nicht gerade, sondern entlang von Kraftflüssen. Durch Material- und Topologieoptimierung entstehen effiziente Strukturen, die leicht und gleichzeitig robust sind.

Das Auslegen von stützenden Strukturen entlang bestehender Kraftflüsse übertragen die Aachener Forscher zusammen mit Industriepartnern aus Nordrhein-Westfalen auf die Faserverbundtechnik. Inspiriert durch die Bionik haben die Partner mit der Projektidee BioStrukt am Leitmarktwett-

bewerb Produktion.NRW des Landes NRW teilgenommen. Die Projektergebnisse sollen die produzierende Industrie in NRW dazu befähigen, durch bionischen Leichtbau Faserverbundkunststoffe (FVK) lastfallgerecht zu verwenden und darüber hinaus Rohstoffe und somit Kosten einzusparen.

Im Geschäftsfeld Leichtbau-Produktionstechnik des Fraunhofer IPT werden FVK mit den eigens entwickelten PrePro-Tapelegeköpfen lastenoptimiert ausgelegt. Dadurch lassen sich extrem stabile Bauteile mit geringem Gewicht fertigen. Mit aktuell verfügbarer Technik lassen sich bionische Strukturen aus Endlosfasern selbst bei hoher Ressourceneffizienz nicht wirtschaftlich fertigen und Potenziale in der Gewichtsreduktion sowie für einen noch effizienteren Materialeinsatz bleiben ungenutzt. Deshalb bleibt die Aufgabe zu lösen, die imprägnierten Gelege (faserverstärkte Tapes) mit Endlosfasern in Kurvenbahnen abzulegen, um der Verteilung der Lasten zu entsprechen.

Dieses Ziel soll im Verbundprojekt BioStrukt (Bionischer Leichtbau durch wirtschaftliche Fertigung strukturoptimierter Leichtbauteile mit gelenkten Fasern) erreicht werden. Es soll ein Fertigungsprozess entstehen, der – wie beim Vorbild aus der Natur – die Fasern nicht geradlinig, sondern kurvenförmig entlang bestehender Kraftflüsse ablegt. In Kombination mit den Technologien Thermoforming und Hinterspritzen werden topologie- und materialoptimierte FVK-Bauteile entstehen.

In dem Forschungsprojekt soll das automatisierte Tapelegen mit Hilfe der PrePro-Tapelegeköpfe so weiterentwickelt werden, dass sich thermoplastische Tapes aus unidirektionalen Endlosfasern in Kurven ablegen lassen. So sollen belastungs- und verschnittoptimierte Organobleche entstehen. Nach dem Umformen werden die Halbzeuge im Spritzgussverfahren hinterspritzt, wodurch den Bauteilen Funktionen wie Befestigungsvorrichtungen zugewiesen werden können.

Das Halbzeug nimmt entlang der Prozesskette unterschiedliche Zustände an – von fest über biegeschlaff und erhitzt bis umgeformt. Zudem wirft die neuartige Anisotropie der Halbzeuge Fragen auf. Gängige Greifertechnologien stoßen an ihre Grenzen. Daher soll im geplanten Projekt die Handhabung der Halbzeuge untersucht werden, um die Technologien zu einer durchgängigen Prozesskette verbinden zu können.

Am Ende der Prozesskette entsteht ein Technologiedemonstrator, der die Vorteile bionischer Leichtbaustrukturen veranschaulicht sowie gleichzeitig ein vollständiges Produkt und nicht nur ein Halbzeug darstellt.

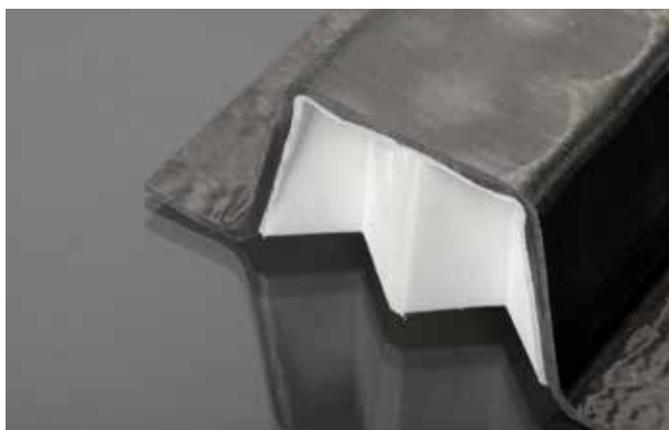
Digitaler Schatten

Außerdem sollen im Forschungsprojekt Daten aufgenommen werden, um einen digitalen Schatten des bionischen FVK-Produkts entstehen zu lassen. Die einzelnen Prozesse werden dafür virtuell zu einer Prozesskette vernetzt. Integrierte Messverfahren ermöglichen eine kontinuierliche Qualitätsüberwachung, wodurch beim Tapelegen entstandene Defekte erfasst und identifiziert werden können. Durch eine echtzeitfähige Rückmeldung soll der Prozess kontinuierlich optimiert und die Prozesssicherheit erhöht werden.

Um den Fertigungsprozess zu entwickeln, sollen die Erkenntnisse genutzt

werden, die im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt LightFlex gewonnen wurden. Darin wurde eine Prozesskette für eine kosteneffiziente Produktion individueller Hybridbauteile aus FVK und 3D-gedruckten Elementen entwickelt: Durch das Umformverfahren für Faserverbundkunststoffe lässt sich die Stabilität des Bauteils gewährleisten, und durch den 3D-Druck können die Formen und Funktionen extrem flexibel gefertigt werden.

Eine automatisierte photonische Prozesskette ist entwickelt worden, mit der sich flexibel, schnell, und kostengünstig individuelle Produkte aus FVK mit integrierten Funktionselementen herstellen lassen. Mit dieser können FVK-Prototypen wie individualisierte Sitzschalen für Fahrzeuge oder Prothesen hergestellt werden, die mit individuell angepassten Montagevorrichtungen versehen sind.



Kombination: Faserverbundkunststoffe entwickeln zusammen mit additiv hergestellten Elementen besondere Eigenschaften.



Tapes mit Endlosfasern: Die lastenoptimierte Auslegung der Bauteile hilft bei der Reduzierung des Gewichts.

Fachwerkstrukturen für optimalen Leichtbau

ANSGAR POLLEY

Durch die additive Fertigung und die damit gewonnenen Freiheiten erfährt die Topologieoptimierung ein Revival. Ausgehend vom verfügbaren Bauraum wird das Material an exakt jenen Stellen entfernt, an denen es den geringsten Beitrag zur Funktionalität des Bauteils leistet. Mit Hilfe von Simulationsanwendungen der Cadfem GmbH lassen sich Produkte virtuell optimieren, bevor sie produziert werden.



Foto: oemal/Stock

Vorbild für die Fachwerkstrukturen ist die Evolution – hier die variable Mikrostruktur in einem Knochen.

Durch Topologieoptimierung entstehen Bauteilstrukturen, die an organisch gewachsene Formen erinnern. Baumgäst oder Knochenstrukturen entwickeln sich aufgrund der Belastungen zu einem effizienten Design. Diese Evolution kann – in beschleunigter Form – mit Konstruktionsalgorithmen in die Produktentwicklung übertragen werden.

Topologieoptimierung: Neben dem Bauraum und den Lasten sind das Optimierungsziel und Nebenbedingungen definierbar. Als Optimierungsziele können Nachgiebigkeiten oder Steifigkeiten, Eigenfrequenzen, Volumen und Masse minimiert oder maximiert werden, wobei Nebenbedingungen zu erfüllen sind. So lässt sich beispielsweise eine Topologieoptimierung für minimale Nach-

giebigkeit bei einer Reduktion des Bauraums um 80 Prozent festlegen, oder für eine minimale Masse bei einer vorgegebenen Nachgiebigkeit von 0,05 Millimetern. Als Nebenbedingungen können unter anderem Symmetrie, minimale oder maximale Strukturgrößen und Entformungsrichtungen für Gussbauteile angegeben werden.

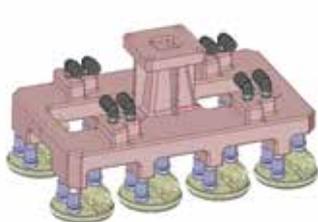
Optimierte Bauteilentwürfe prädestiniert für den 3D-Druck

Während der Analyse, die auf für den CAD-Einsatz üblichen Rechnern stattfindet, wird das Material schrittweise eliminiert, wobei der Fortschritt der Topologieoptimierung direkt verfolgt werden kann. Als Ergebnis erhält der Konstrukteur einen Designvorschlag, der die gegebenen Anforderungen

optimal erfüllt. Dieser steht nicht nur als dreidimensionale Darstellung zur Verfügung, sondern kann direkt als CAD-Modell weiterverwendet werden. Zusätzliche Funktionen zum Glätten der Geometrie und zum Verschmelzen mit Anschlussbauteilen sind ebenfalls verfügbar. Die optimierten Bauteilentwürfe lassen sich mit konventionellen Verfahren herstellen, sind aufgrund der organischen Bauteilformen allerdings prädestiniert für additive Fertigung.

Lattice-Optimierung: Durch den Aufbau in Schichten während der additiven Fertigung können die oft komplexen Geometrien ohne zusätzlichen Aufwand realisiert, und kann das Bauteil nahe am lastgerechten Optimum

Bilder/Foto: Cadfem



Traditionelles und topologieoptimiertes Design (von links) sowie der mit Hilfe von additiver Fertigung gedruckte Greifer.

kostengünstig gefertigt werden. Dieser Fertigungsvorteil bietet die Möglichkeit, einen weiteren Freiheitsgrad innerhalb der Bauteilgeometrie systematisch zu nutzen: Ähnlich wie in der Knochenstruktur die Dichte aufgrund der Lastpfade durch eine variable Innenstruktur angepasst ist, lässt sich auch in technischen Produkten mit hohem Anspruch an das Leichtbaupotenzial die Innenstruktur variabel gestalten.

Strukturen entsprechen den Lastpfaden

Die Feinstruktur besteht aus einem Fachwerk (Lattice), das in seiner Dimensionierung (Dichte der Knotenpunkte, Stärke der Fachwerkelemente) durch die Lastpfade definiert wird. Auf diese Weise lässt sich die äußere Form von der steifigkeitgebenden Innenstruktur entkoppeln und nach unterschiedlichen Kriterien gestalten. So kann beispielsweise für Fahrwerkkomponenten im Motorsport die Lattice-Struktur im Inneren nach Steifigkeitsgesichtspunkten dem Lastpfad folgen, während die äußere Form nach Strömungsaspekten gestaltet wird. Analog können zum Beispiel in der Lebensmittelverarbeitenden Industrie gut zu reinigende Außenformen mit lastgerechten Innenstrukturen kombiniert werden.

Durch das Umhüllen der steifigkeitgebenden Struktur steigen die Akzeptanz der oft ungewohnt anmutenden Topologien und auch der Fälschungsschutz innovativ entwickelter Bauteile.

Prozesssimulation: Simulationswerkzeuge führen nicht nur zu optimalen Bauteilgeometrien, sondern sichern auch die Qualität von anspruchsvollen Herstellprozessen. Speziell die additive Fertigung – die im Prinzip ein Bauteil fertigt, das in seiner Gesamtheit einer einzigen Schweißnaht entspricht – stellt neue Anforderungen an Wissen und Erfahrung, die durch Simulationen ideal ergänzt werden können. Durch das Aufschmelzen von Material, das Abkühlen und Schrumpfen, durch den Aufbau in Schichten sowie durch den mechanischen wie auch thermischen Einfluss von Stützgeometrien kommt eine Vielzahl von Einflussfaktoren zusammen, die auf die Qualität starken Einfluss haben. Dadurch ergeben sich Unsicherheiten bezüglich der erzielbaren Maßhaltigkeit, der sich einstellenden Mikrostruktur (wie Dichte und Gefüge) sowie der zu wählenden Prozessparameter.

Viele Faktoren bestimmen den Prozess

Simulationen können helfen, diese Unsicherheiten zu eliminieren und geeignete Prozessparameter zu identifizieren. Neben den Druckparametern ist die Wahl einer geeigneten Stützgeometrie ein wichtiger Einflussfaktor. Sie stützt nicht nur überhängende Bauteilbereiche, sondern sorgt auch für eine lokale Wärmeabfuhr und hat eine thermomechanische Wirkung.

Solche Stützgeometrien lassen sich automatisiert erzeugen, beispielsweise

mit variablem Abstand oder variabler Wandstärke. Darüber hinaus lässt sich der berechnete, unvermeidliche Verzug am Bauteil anhand von Geometrieänderungen so kompensieren, dass trotzdem eine hohe Maßhaltigkeit mit diesem Herstellungsprozess erzielbar ist. Durch die Prozesssimulation lassen sich Fehldrucke vermeiden. Die Qualität der additiv gefertigten Bauteile steigt.

Alle drei Komponenten – die Topologieoptimierung zur äußeren Formfindung, die Lattice-Strukturen für die innere Feingestalt und die Prozesssimulation der additiven Fertigung – integriert zu betrachten und aufeinander abzustimmen, führt zu einem Design für Additive Manufacturing (DfAM). Um diese Methodik im Entwurfs- und Produktentstehungsprozess einsetzen zu können, werden die einzelnen Arbeitsschritte eng verzahnt und in einen logischen Workflow integriert. Auf diese Weise wachsen Ingenieurwissen, Simulationstechnologie und Fertigungs-Know-how zusammen und stellen den Leichtbau auf eine neue Stufe.

.....
 Dr.-Ing. Ansgar Polley
 Geschäftsstellenleiter
 Cadfem GmbH
 Dortmund
 www.cadfem.net

Hohlprofile statt Blech

BORIS KOCH UND LUKAS SCHRÖER

Die Kunststoff-Metall-Hybridtechnik ist eine im strukturellen Leichtbau etablierte Konstruktionsmethode. Sie kombiniert gezielt die Stärken von Metallblechen und Kunststoff. Die Ausweitung der Hybridtechnik auf den Einsatz von metallischen Hohlprofilen mit runden und eckigen Querschnitten steigert ihr Leistungsvermögen beträchtlich.

Fotos: Lanxess



In Hybridtechnik ausgeführter Pedallagerbock: Dünnwandige Blechprofile werden im Spritzgießwerkzeug gezielt mit Polyamid-Verstärkungen versehen.

Die Kunststoff-Metall-Hybridtechnik wurde von der Lanxess AG für den Leichtbau entwickelt und zur Serienreife gebracht. Mit ihr werden hochbelastete Bauteile für Automobile gefertigt – vor allem zum Beispiel Frontends. Weitere Anwendungen sind Pedallagerböcke, Bremspedale und Dachrahmenstrukturen. Als Spritzgießkomponente

findet dabei in der Regel glasfaserverstärktes Polyamid 6, als Metallkomponente Stahlblech Verwendung.

Eine Konstruktion in Hybridtechnik hat in vielen Fällen deutliche Vorteile gegenüber reinen Metalllösungen, etwa auf Basis mehrerer vorgeformter und verschweißter Stahlbleche. So sind ein-

fache Metallprofile einsetzbar. Teure Metallbearbeitungsschritte entfallen. Entsprechende Formwerkzeuge sind nicht nötig.

Die Bauteile können mit dem thermoplastischen Polyamid 6 in komplexen Geometrien gestaltet werden. Sie zeigen im Vergleich zu reinen, offenen Metallstrukturen eine überlegene mechanische Leistungsfähigkeit in puncto Torsionssteifigkeit und Festigkeit. Im Vergleich zu reinen Stahllösungen sind sie nicht nur um bis zu 40 Prozent leichter, sondern können auch um bis zu 50 Prozent kostengünstiger gefertigt werden. Die Verwendung von Aluminiumblech ist ebenfalls möglich und führt zu weiteren Gewichtsersparnissen.

Für strukturelle Bauteile

Die Hybridtechnik hat jetzt eine weitere Entwicklungsstufe erreicht. Sie ist auf den Einsatz von metallischen Hohlprofilen mit runden und eckigen Querschnitten ausgeweitet worden. Die Arbeiten dazu erfolgten im Zentrum für Produkt- und Anwendungsentwicklung des Geschäftsbereichs High Performance Materials von Lanxess in Dormagen.

Im Vergleich zu offenen Blechprofilen sind Hohlprofile deutlich formstabiler und weisen höhere Torsionssteifigkeiten sowie -festigkeiten auf. Es ist daher davon auszugehen, dass mit dieser



Der Demonstrator in Hohlprofil-Hybridtechnik ist im Vergleich zu einem Hybridbauteil auf Basis von Stahlblech deutlich formstabiler und weist eine höhere Torsionssteifigkeit und -festigkeit auf.

neuen, als Hohlprofil-Hybridtechnik bezeichneten Technologie künftig auch Bauteile wie Instrumententafelträger gefertigt werden können, die in klassischer Hybridbauweise bisher noch nicht ausreichend steif und genügend belastbar waren.

Einfacher Fertigungsprozess

Für die Hohlprofil-Hybridtechnik hat Lanxess einen wirtschaftlichen und einstufigen Prozess entwickelt. Dafür waren mehrere Aufgaben zu lösen: Zum Beispiel muss es möglich sein, die Metalleinleger problemlos in das Spritzgießwerkzeug einzubringen. Produktionsbedingt weisen sie Toleranzen auf, was zu Schäden am Werkzeug und, bei zu kleinen Einlegern, zu Undichtigkeiten im Werkzeug führen kann. Weiterhin muss der Einleger abgestützt werden, damit er den hohen Schmelzdrücken während des Spritzgießens standhält und nicht zusammengedrückt wird. Zudem muss sich ein in alle Richtungen nachhaltig fester Verbund zwischen Kunststoff und Metall ergeben.

Das Resultat der Entwicklungsarbeit ist ein großserientauglicher Prozess, der nur geringe Anlageninvestitionen erfordert und ähnlich einfach ist wie die klassische Hybridtechnik mit Blechen. Ein entscheidender Vorteil ist, dass die bekanntermaßen kurzen Prozesszeiten des Spritzgießens nicht durch zusätzliche Verfahrensschritte

verlängert werden. Der Verarbeiter kann daher in kurzen Zykluszeiten, wie sie beim Spritzgießen für die Großserie charakteristisch sind, produzieren.

Versuchsteil und Werkzeug gebaut

Um die neue Technologie praktisch zu erproben, wurde ein Versuchsteil entworfen und dazu ein Werkzeug gebaut. Das Versuchsteil ermöglicht die Untersuchung sowohl von stoff- als auch von formschlüssigen Verbunden. Es ist so gestaltet, dass es zu Demonstrationszwecken und Bauteilversuchen genutzt werden kann und zudem Interessierten die Möglichkeit gibt, die große Stabilität des Verbundes selbst zu testen. Die Fertigung der Versuchsteile bewies, dass der Prozess so funktioniert, wie in der Konzeption vorgesehen.

Breiter Einsatz im Maschinenbau

Große Einsatzchancen hat die Hohlprofil-Hybridtechnik neben Instrumententafelträgern auch bei anderen Strukturbauteilen mit hohen Anforderungen an die mechanische Belastbarkeit. Denkbare Anwendungen, zum Beispiel im Fahrzeugleichtbau, sind Sitzstrukturen, Frontends, Heckklappen- und Lkw-Spiegelträger. Auch in der Fertigung von Möbeln, Leitern und Kinderwagen bestehen gute Einsatzchancen.

Für die Hohlprofil-Hybridtechnik bietet Lanxess als Spritzgießmaterialien maßgeschneiderte Polyamid-Compounds

an, wie sie unter anderem am Standort Krefeld-Uerdingen produziert werden. Darunter sind zum Beispiel besonders leichtfließende Materialvarianten für komplexe Rippenstrukturen und Geometrien sowie hochgefüllte Polyamid-6-Typen mit Glasfasergehalten von bis zu 60 Prozent, die mit ihrer hohen Festigkeit und Steifigkeit die mechanische Performance von Hybridbauteilen zusätzlich steigern.

Druckguss- und Strangpresseinleger

Derzeit wird daran geforscht, die Hybridtechnik auch auf einfache, kostengünstige Druckguss- oder Strangpresseinleger auszuweiten. Auch Hohlprofileinleger aus Faserverbundwerkstoff sind in der neuen Hybridtechnik einsetzbar. Damit könnten in der Serienfertigung von Strukturbauteilen weitere Gewichtseinsparungen erzielt werden.

..... ●
Boris Koch
Lukas Schröer
Anwendungsentwickler
Geschäftsbereich High Performance
Materials
Lanxess AG
Dormagen
www.lanxess.com
.....

Leichtbau mit Laserlicht meistern

Laser machen viele Füge- und Schneidprozesse erst möglich. Dank neuer Technologien lassen sich beispielsweise Bauteile aus Metall mit Hohlraumstrukturen fertigen, die deutlich leichter, aber genauso stabil wie massive Bauteile sind.



Fotos: Fraunhofer ILT

Bearbeitungsverfahren mit Licht: Der Laser-Kombikopf dient zum Schneiden und Schweißen von Stählen sowie zur additiven Fertigung. Die hybride Laserstrahlquelle besteht aus einem Diodenlaser für die Wärmebehandlung und einem Faserlaser für das Schneiden.

Leichtbaumaterialien sind beliebt. Aluminium wird in Karosserien von Autos verbaut. Neue Flugzeugrümpfe bestehen bereits zur Hälfte aus leichten Bauteilen, die aus Kohlefaserverbundwerkstoffen gefertigt sind. Durch neue Herstellungs- oder Verarbeitungsverfahren werden Fertigungsprozesse schneller und die Materialien leichter sowie stabiler. Dazu tragen Lasertechnologien in besonderer Weise bei. Das Fraunhofer ILT entwickelt metallische Bauteile und fertigt passende Prototypen, die durch eine besondere Innenstruktur gewichtsoptimiert sind. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen untersucht Entwicklungen vom Automobilbau bis zu Flugzeug- oder Medizintechnik mit Hilfe der Lasertechnik.

Die Spezialität der am Fraunhofer ILT tätigen Forscher ist die Herstellung von Metallbauteilen mit vergleichbaren Leichtbaustrukturen. Dafür kommt das weiterentwickelte Verfahren Selective Laser Melting (SLM) zum Einsatz, das in seinen Grundzügen dem 3D-Druck ähnelt. Pulver wird mit einem Laserstrahl gemäß CAD-Daten punktgenau aufgeschmolzen und zu Mikrometer dünnen Schichten ausgehärtet.

Leicht und stabil

Schicht für Schicht wächst das Bauteil in die Höhe. So haben die Forscher per SLM-Verfahren unter anderem einen sehr leichten und stabilen Querlenkerträger für einen Sportwagen entwickelt, an dem die Räder einzeln aufge-

hängt sind. Auch dieser Querlenkerträger birgt im Inneren eine Hohlstruktur. Damit ist er zugleich leichter und stabiler als gegossene oder spanend bearbeitete Bauteile. Ohne SLM-Verfahren ließe sich die komplexe Hohlstruktur nicht realisieren.

Kleben ohne Kleber

Bauteile oder Fahrzeuge immer leichter zu machen, ist eine Herausforderung auch im Hinblick auf die Funktionalität. Denn die Gewichtsersparnis darf nicht zu Lasten der Stabilität gehen. Im Leichtbau werden deshalb oftmals verschiedene Werkstoffe miteinander kombiniert, die für verschiedene Anwendungszwecke jeweils am besten geeignet sind – Aluminium oder

faser-verstärkte Kunststoffe (FVK). Da die Stabilität von FVK leidet, wenn man sie mit anderen Bauteilen verschraubt, werden die verschiedenen Werkstoffe heute meist miteinander verklebt.

Doch mit dem Klebstoff kommt der dritte Werkstoff in das Verfahren. Der Nachteil des Klebstoffs ist, dass er einem Alterungsprozess unterliegen und brüchig werden kann.

Wegen dieser Nachteile setzen die ILT-Wissenschaftler auf laserbasierende Bearbeitungsverfahren beim Fügen von FVK und Metall. In diesem Fall einer Hybridverbindung brennen sie in die Oberfläche des Metallbauteils mit dem Laser ein 100 Mikrometer feines Muster mit kleinen Vertiefungen und Hinterschneidungen. „Beim Zusammenfügen von Metall und FVK fließt der noch heiße und flüssige Kunststoff in die

Vertiefungen hinein“, erklärt ILT-Laserexperte Dr. Alexander Olowinsky, „damit sich der Kunststoff in die Metalloberfläche verkrallt, wenn er aushärtet.“

Stahlsorten in Kombination

Nicht nur FVK und Metall werden mehr und mehr miteinander kombiniert. Auch verschiedene Stahlsorten müssen je nach Anwendung auf besondere Weise miteinander verbunden werden. Um Gewicht zu reduzieren, setzen Autohersteller unter anderem pressgehärtete, hochfeste Stähle ein. Diese Stähle sind besonders stabil, sodass dünnere Bleche verwendet werden können.

Damit wird zwar eine Gewichtseinsparung erzielt, allerdings sind diese Stähle teuer, und ihr Einsatz muss deshalb auf die notwendigen Stellen beschränkt bleiben. In einem Auto werden deshalb herkömmliche Stähle und

pressgehärtete, hochfeste Stähle nebeneinander eingesetzt und miteinander verschweißt.

Die üblichen Verfahren wie das Punktschweißen führen dazu, dass die Stabilität der hochfesten Stähle an der Schweißstelle nachlässt. In einem Kooperationsprojekt des Fraunhofer ILT mit mehreren Industrieunternehmen wurde deshalb ein alternatives Schweißverfahren entwickelt, um herkömmliche und hochfeste Stähle miteinander zu fügen. Das innovative Verfahren beeinträchtigt die Crashstabilität der hochfesten Stähle nicht und erleichtert den Einsatz beider Stahlsorten.



Laserschneiden mit nachgeführtem Wärmebehandlungslaser. Eine lokale Wärmebehandlung kann durch Einprägen weicher Zonen die Crasheigenschaften der Bauteile verbessern.



Lkw-Sitz in Leichtbauweise mit einer Gewichtseinsparung von 20 Kilogramm in der Spitze. Dazu trägt der am Fraunhofer ILT entwickelte Sitzträger aus glasfaser-verstärktem Kunststoff bei.

Serienfertigung von Teilen aus faserverstärktem Kunststoff

KAI FISCHER

Leichter und funktionaler, so lauten die Anforderungen, die an Kunststoffbauteile gestellt werden. Nicht nur in der Automobilindustrie, sondern in nahezu allen Anwendungen und allen Branchen ist ein geringes Bauteilgewicht von Vorteil. Materialersparnis ist gleichbedeutend mit Kostenreduktion und Ressourcenschonung. Leichtbauteile lassen sich mit unterschiedlichen Verfahren und vielfältigen Kombinationen aus Kunststoffen, Fasern und Halbzeugen wie auch Metallen realisieren.



Fotos: IKV, AZL

Mit einer sich selbst regelnden Produktionsanlage ist es möglich, definierte Eigenschaften von Composite-Bauteilen einzuhalten.

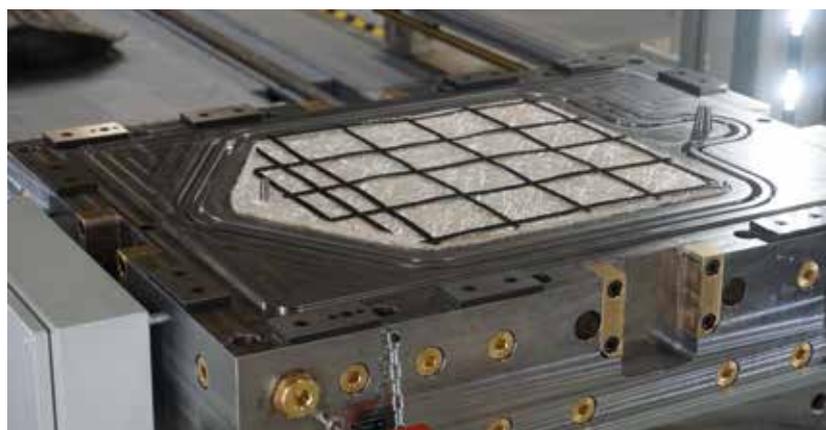
Mit der wirtschaftlichen Großserienfertigung von Bauteilen aus faserverstärktem Kunststoff durch gesteigerte Ressourceneffizienz beschäftigt sich das Verbundprojekt iComposite 4.0. Partner in diesem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekt sind neben dem Pressenhersteller Schuler AG, das Aachener Zentrum für integrativen Leichtbau der RWTH Aachen, Apodius GmbH, Broetje Automation Composites GmbH, Frimo Sontra GmbH, ID-Systec GmbH, das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk (IKV) an der RWTH Aachen, Siemens AG und Toho Tenax Europe

GmbH. Apodius hat das optische Messsystem zur Erkennung der Faserorientierung entwickelt. Die Teijin Carbon Europe GmbH in Wuppertal erstellt die Korrekturmethode zum Ausgleich der Schwankungen im Faserverbundmaterial und Herstellungsprozess.

FVK sind aufgrund ihrer sehr guten gewichtsspezifischen mechanischen Eigenschaften von hohem Interesse für den Einsatz in Leichtbauanwendungen der Automobilindustrie sowie der Luftfahrt. Jedoch dominieren die Bauteilherstellung bisher komplexe und kostenintensive Fertigungsverfahren, die von einem geringen Automatisierungs-

grad, ineffizienten Materialeinsatz durch Verschnitt und hohen Ausschussraten und somit hohen Bauteilkosten geprägt sind. Dies wiederum bedeutet ein hohes Potenzial für Produktivitätssteigerungen, die mit der Digitalisierung der Produktion und der Vernetzung von Produktionsmaschinen zu erreichen sind. Das ist das Ziel von iComposite 4.0. Das Projekt verfolgt den Ansatz, ein intelligentes und selbstregulierendes Produktionssystem für die wirtschaftliche Großserienfertigung von FVK-Bauteilen aufzubauen. Neben der Produktivitätssteigerung soll eine Kosteneinsparung von 50 Prozent erreicht werden.

Basis für dieses ressourceneffiziente Produktionssystem bildet der am IKV entwickelte 3D-Faserspritzprozess. Hierbei werden Endlosfasern (Faser-rovings) automatisch und mit hohem Masse-durchsatz auf die gewünschte Länge geschnitten und orientiert auf ein komplexes Ablagewerkzeug appliziert. Damit bietet das Verfahren die Möglichkeit, hochproduktiv eine Preform (Vorformling) ohne Verschnitt teurer Faserhalbzeuge und aufwendiger Dra-piervorgänge endkonturnah und unter Einbeziehung der Lastpfade des Bau-teils herzustellen.



Ziel des Forschungsprojekts iComposite 4.0 ist die wirtschaftliche Serienfertigung von Bau-teilen aus faserverstärktem Kunststoff durch gesteigerte Ressourceneffizienz.

Gezielter Ausgleich der Faserverteilung

Damit das 3D-Faserspritzverfahren trotz möglicher Schwankungen in Bezug auf Faserorientierung und Flächengewicht effektiv für die Serienproduktion eingesetzt werden kann, wird es in ein sich selbst regelndes Produktionssystem integriert. Durch Inline-Überwachung in Bezug auf Faserorientierung und Faserverteilung in jeder Preform erfolgt ein gezielter Ausgleich der Schwankungen mit Endlosfasereinlegern. Somit entsteht trotz individueller Halb-zeugeigenschaften nach der für die jeweilige Preform maßgeschneiderten Imprägnierung ein qualitätsgesichertes Bauteil mit konstanten mechanischen Eigenschaften.

Den Ausgangspunkt des vernetzten Produktionssystems bildet das 3D-Faserspritzen, mit dem die Grundstruktur des Bauteils erzeugt wird. Anschließend werden sehr präzise Faserstränge belastungsgerecht aufgebracht, um die Spitzenlasten im Bauteil aufzunehmen und gleichzeitig Schwankungen der Bauteileigenschaften durch das Faserspritzen auszugleichen. Bei der anschließenden Harzinjektion und Formgebung in der Presse wird das Werkzeug dann gezielt in seiner Durchbiegung beeinflusst, um die gewünschten Bauteilwanddicken zu erhalten. Die Fertigungshistorie speichert ein RFID-Chip, der in das Bauteil integriert ist.

Andere Forschungsprojekte am IKV zum Thema Leichtbau beschäftigen sich mit der Beschreibung und gezielter Ausnutzung des Werkstoffverhaltens, einer gewichts- und eigenschaftsoptimierten Simulation und Bauteil-auslegung, dem Einsatz der richtigen Produktionstechnologie sowie der Reparatur und dem Recycling von Leichtbaukomponenten.

Von Werkstoffprüfung bis Schaumherstellung

Die mechanischen Eigenschaften von faserverstärkten Kunststoffen, ihr Ermüdungsverhalten sowie das Kriech- und Relaxationsverhalten spielen für die jeweilige Anwendung eine wichtige Rolle. Um diese abschätzen zu können, untersucht das IKV Eigenschaftsprofile kurz- und langfaserverstärkter Kunststoffe und optimiert die Messverfahren stetig.

Eine neue Möglichkeit, das Ermüdungsverhalten zu charakterisieren, stellen Versuche an seriennahen Probekörpern dar. Diese sind kostengünstiger als die herkömmlich durchgeführten Ermüdungsversuche an realen Bauteilen und liefern bauteilunabhängige Kenndaten eines Werkstoffs. Insbesondere für die Abschätzung des Langzeitverhaltens von langfaserverstärkten Bauteilen bietet sich ein integratives Berechnungsverfahren an. Die Methodik besteht zum einen in einer Schnitt-

stelle zur Kopplung einer strömungsmechanischen Füllsimulation mit der strukturmechanischen Simulation und zum anderen in einem eigens entwickelten Materialmodell.

Für den Leichtbau kommen auch Schäume zum Einsatz. Sie werden in unterschiedlichen Verfahren mit verschiedenen Materialien hergestellt. Ein Ansatz ist das physikalische Schäumen von Polyurethanen (PUR). Der Kunststoff findet in Polsterungen, Schuhsohlen und Sandwichkernen Verwendung. Hier eignet sich das kosten- und materialeffiziente Verfahren zum physikalischen Schäumen mit Kohlendioxid. Ein anderer Ansatz ist das chemische Schäumen von Duroplasten im Spritzgießverfahren, das Gegenstand eines im vergangenen Jahr begonnenen Forschungsprojekts ist. Duroplastische Leichtbauteile bieten aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit enorme Potenziale in automobilen Anwendungen. Die ersten Ergebnisse belegen, dass eine Bauteilherstellung möglich ist und sich Gewichtsreduktionen bis zu 20 Prozent erzielen lassen.

Dr.-Ing. Kai Fischer
 Wissenschaftlicher Direktor
 Faserverstärkte Thermoplaste
 Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)
 in Industrie und Handwerk
 an der RWTH Aachen
www.ikv-aachen.de

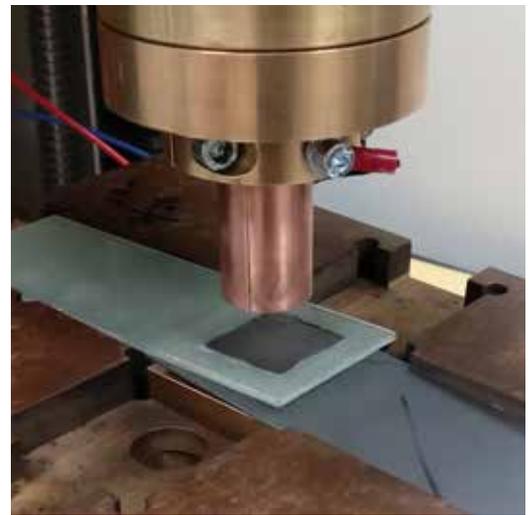
Hybride Bauteile lassen sich schweißen

UWE REISGEN UND JENS LOTTE

Die Nachfrage nach Hybridbauteilen nimmt deutlich zu, weil die Kombination der Eigenschaften von Kunststoff und Metall besonders für den Einsatz von Leichtbau-Strategien geeignet ist. Ein innovatives Verfahren soll das Schweißen von Metallen und faserverstärkten Kunststoffen ermöglichen. Anwendungsbeispiele sind Strukturbauteile für die Luftfahrtindustrie (Seitenleitwerke, Triebwerksverkleidungen) sowie Verkleidungselemente von Automobilen (Seitenteile, Heckspoiler) und Nutzfahrzeugen (Fronthauben, Hochdächer).



Fotos: ISF



An einer Anlage zum Kondensator-entladungsschweißen wird ein eingelegerter Hybridprobekörper geschweißt.

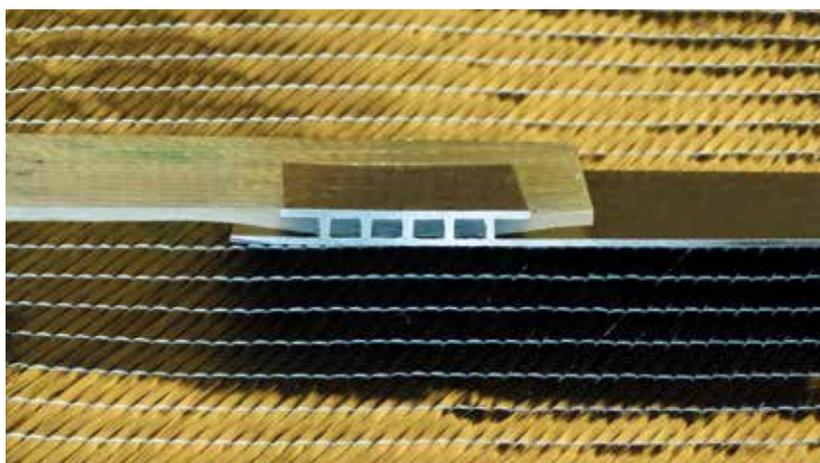
Mit einer Probenhalterung aus Hartpapier können an einer geeigneten Schweißanlage Hybridprobekörper aus faserverstärktem Kunststoff und Stahl geschweißt werden.

Beim Fügen von faserverstärkten Kunststoffen (FVK) bestehen prozesstechnische Herausforderungen. Sehr häufig werden Verbunde aus duroplastischen FVK und Stahl geklebt. Klebprozesse erfordern aufwändige Maßnahmen zur Oberflächenvorbehandlung und Fixierkonzepte. Die zusätzlichen Prozessschritte verlängern die Prozessdauer. Problematisch sind zudem die langen Aushärtezeiten vieler Klebstoffe.

Solche Verbunde werden andererseits auch mithilfe von mechanischer Füge-technik hergestellt. Die mechanischen Fügeverfahren wie Schrauben oder Halbhohlstanznieten führen zu einer signifikanten Beschädigung der Verstärkungsfasern. Darunter leidet die Bauteilfestigkeit. Als Folge müssen Bauteile aus FVK in der Fügestelle überdimensioniert werden. Vor dem Hintergrund des Leichtbauanliegens ist die-

ses Vorgehen nicht passend. Obgleich unterschiedliche Ansätze für die Herstellung von Kunststoff-/Metallhybriden verfolgt werden, besteht nach wie vor Bedarf an einem Fügeverfahren, welches den technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen der Verbindung von Metall und FVK genügt.

Ein innovativer Fügeansatz, der im Institut für Schweißtechnik und Füge-technik



Ein fertig verschweißter Hybridprobekörper ist im Querschliff zu sehen.

nik der RWTH Aachen untersucht wird, basiert auf der Integration metallischer Inserts, die während der taktzeitunkritischen Halbzeugfertigungsprozesse in den FVK integriert werden. Dadurch kann das Bauteil lokal mittels konventioneller Schweißverfahren verarbeitet werden. Dieser Fügeprozess besteht aus vier Schritten. Zunächst werden Pins auf einer Trägerplatte aufgebracht. Ein mögliches Verfahren dafür ist Cold Metal Transfer (CMT) Pin der Fronius International GmbH. Das Verfahren eignet sich im Labormaßstab aufgrund seiner großen Flexibilität hinsichtlich der Geometrie und Anordnung der Pins sowie der guten Skalierbarkeit bezüglich der Anzahl.

Festigkeit der Bauteile im Test

Das CMT-Pinschweißen ist ein Lichtbogenschweißverfahren. Pins werden mit Hilfe von gesteuerten Stromimpulsen auf eine Trägerplatte geschweißt. Diese Trägerplatte wird während der FVK-Produktion in das Halbzeug integriert, sodass eine metallische Kontaktierung möglich ist. Nach dem Aushärten des Harzes kann das Bauteil mit Hilfe konventioneller Widerstandsschweißverfahren an ein metallisches Anschlussbauteil angeschweißt werden.

Um die Festigkeit solcher Bauteile nachzuweisen, werden Scherzugprobekörper hergestellt und geprüft. Die Trägerplatte wird nach dem Anschweißen von

21 Pins in den FVK-Fertigungsprozess integriert, sodass ein beidseitig elektrisch kontaktierbares FVK-Bauteil entsteht. Auf der metallischen Seite werden die Stähle 1.0330 und 1.4301 als Trägerplatten und Anschlussbleche verwendet, die Pins bestehen aus den Stählen 1.5125 und 1.4306. Die FVK-Bauteile werden am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen hergestellt. Als Widerstandsschweißverfahren wird das Kondensatorentladungsschweißen (KES) ausgewählt, das aufgrund der kurzen Prozesszeit eine sehr geringe Erwärmung des Metallinserts und damit des Kunststoffes hervorruft. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, um den Kunststoff während des Schweißens thermisch nicht zu beschädigen.

Die Versuchsreihen mit der Stahlkombination 1.0330 als Träger- und Anschlussplatte erreichen Scherzugfestigkeiten von zehn Kilonewton mit dem unidirektionalen Gelege und 9,7 Kilonewton mit dem Atlasgewebe. Die anderen Kombinationen mit Stahl 1.4301 als Träger und haben eine zehn bis 20 Prozent geringere Festigkeit.

Viel Gestaltungsfreiheit

Insgesamt bestätigen die Versuche das große Potenzial des neuen Verfahrens im Bereich des Multimaterialfügens von Metallen und FVK. Das Projekt wird

über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Das Fügeverfahren bietet viele Möglichkeiten bei der Gestaltungsfreiheit der Fügezone, da die Pinstrukturen hinsichtlich ihrer Anordnung, Anzahl und Geometrie flexibel angepasst werden können, sodass unterschiedliche Anforderungen erfüllt werden. Mithilfe des Verfahrens wird eine zeitliche und prozesstechnische Trennung zwischen der Herstellung der Halbzeuge und dem Fügeprozess ermöglicht. Es können konventionelle Schweißprozesse verwendet werden. Neben dem Kondensatorentladungsschweißen kann auch das Mittelfrequenz-Gleichstromschweißen genutzt werden. Die Versuche zeigen bereits hohe statische Verbundfestigkeiten, die durch abgestimmte Schweißparameter und Bauteilgeometrien gesteigert werden können.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisinger
 Leiter des Instituts
 Jens Lotte
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 Institut für Schweißtechnik
 und Fügetechnik (ISF)
 an der RWTH Aachen
 Aachen
www.isf.rwth-aachen.de

Kohlenstoff-Verbundwerkstofftechnologie hilft bei der Gewichtsreduzierung

MICHAEL METZLER

Ein neuer Ansatz bei der Herstellung von Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen kann den Einstieg des Materials in die Serienfertigung für den Automobilbereich bedeuten. Da Fahrzeuge immer schwerer und komplexer werden, war die Nachfrage nach Leichtbaumaterialien zur Verbesserung der CO₂-Emissionen noch nie so groß wie heute, aber die Herstellung von Verbundwerkstoffen galt mit Ausnahme der speziellsten Nischenanwendungen bisher als unbezahlbar.



Fotos: ZSK Stickmaschinen

Leichtbaumaterialien sind im Automobilbau gefragt. Lege- und Stickmaschinen ermöglichen die passgenaue und materialeffiziente Anordnung der Fasern.

Ein Problem ist das Rohmaterial. Die meisten Verbundwerkstoffe beginnen als eine Gewebbahn, die in Vorformlinge geschnitten, in eine Form gelegt und mit Harz imprägniert wird. Dadurch werden die Fasern zur Anordnung in zwei Richtungen, nämlich bei Null und 90 Grad, gezwungen und müssen die Form eines Rechtecks annehmen. Bei vielen Anwendungen entsteht dadurch eine enorme Verschwendung und durch das Zuschneiden sind die verbleibenden Fasern oft nicht optimal angeordnet, um die vorhandenen Lasten zu tragen. Als Folge dessen müssen weitere Schichten hinzugefügt

werden, bei denen die Fasern in der bevorzugten Richtung liegen, wodurch das fertige Teil schwerer wird. Die Fertigung ist weniger effizient, und es fällt mehr Abfall an, wodurch auch die Kosten erhöht werden.

TFP: ein neuer Ansatz

Die Lösung dieser Probleme ist von der Stickmaschinenindustrie entwickelt worden. Es ist ein neuer Ansatz zur Herstellung von Verbundwerkstoffen, der Tailored Fiber Placement (TFP) genannt wird. Anstatt alle Fasern in einer senkrechten Anordnung zu verweben und dann auf die erforderliche Form

zuzuschneiden, werden die Funktionsfasern in Bündeln genau dort angeordnet, wo sie für die strukturelle Leistung am meisten benötigt werden, und auf einer kompatiblen Textil- oder Polymergrundsicht in Position gesteppt. Die Fertigung ist durch zusätzliche Mehrkopf-Lege- und Stickmaschinen vollständig skalierbar.

Ein wesentlicher Vorteil von TFP besteht darin, dass es durch selektives Steppen absolute Positionierfreiheit bietet und dafür sorgt, dass sich die Fasern während der Verarbeitung nicht verschieben und der Vorformling trotz-

dem bei Bedarf gefaltet werden kann. Damit kann erstmals eine komplexe 3D-Komponente aus Kohlenstoff-Verbundwerkstoff wirtschaftlich und konsistent mit geringen Zykluszeiten produziert werden. Die lokale Variationsfähigkeit der Steppeigenschaften führt dazu, dass der Vorformling ohne Faltenbildung gestreckt, gebogen oder gefaltet werden kann. Darüber hinaus beträgt der Faserabfall insgesamt nur ein bis zwei Prozent der Gesamtmenge.

Julius Sobizack von der ZSK Stickmaschinen GmbH – ein in Deutschland ansässiger Hersteller von TFP-Lege- und Stickmaschinen – zufolge, ist TFP der Schlüssel für mehr Flexibilität bei der Konstruktion mit Kohlenstoff-Verbundwerkstoff im Automobilsektor. Mit Tailored Fibre Placement können komplexe 3D-Formen aus einem 2D-Vorformling auf schnelle und konsistente Weise mit einer niedrigeren Kostenstruktur erstellt werden. Dadurch entsteht ein signifikantes Designpotenzial.

Das Äquivalent in der Blechbearbeitung wäre das Hydroforming von Tailored Steel Blanks mit Variationen im Schnitt, wo Verstärkung benötigt wird. Die Fertigung einer 3D-Form aus dem 2D-Tailored-Blank erfolgt analog zum Formen des Verbundwerkstoff-

Vorformlings für die Herstellung des fertigen Teils.

Die Vorteile, die durch das Verlegen der Fasern in Belastungsrichtung entstehen, ohne dass Fasern einer vorgefertigten Bahn durchgeschnitten werden müssen, wurden in Tests an Bauteilen mit Löchern deutlich demonstriert. Mit TFP können die Fasern um das Loch herumgelegt werden. Bei Zugversuchen bricht das Teil nicht wie üblich am Loch, sondern als ob kein Loch vorhanden wäre, und hält einer bis zu 50 Prozent höheren Belastung stand.

Kostengünstige Fertigung

Die Verbesserung von Produktionsleistung und Konsistenz ist ebenso deutlich, was dazu beiträgt, dass die Verbundwerkstoffherstellung wirksamer mit der Blechindustrie konkurrieren kann. CNC-gesteuerte TFP-Maschinen sind mit mehreren Köpfen erhältlich, sodass beispielsweise mit einer Achtkopf-Maschine acht Vorformlinge in derselben Zeit hergestellt werden können, die für die Fertigung eines einzelnen Vorformlings benötigt wird. Zudem können große Mehrkopf-TFP-Maschinen oft kostengünstiger als eine typische Umformmaschine für die Automobilfertigung installiert werden. Ein ZSK-Kopf kann ein bis drei Kilogramm

Vorformlinge pro Stunde legen und zwei Rovings mit jeweils bis zu 60.000 Fasern verarbeiten.

Dank der durch Mehrkopfmachines gegebenen Skalierbarkeit und der Tatsache, dass keine komplexen Schneidetischtechnologie erforderlich ist, ist TFP ein kostengünstiges Verfahren auf dem Markt für Verbundwerkstoffe. Die Automatisierung hilft nicht nur bei der Wirtschaftlichkeit der Fertigung, sondern auch bei der Effizienz und Qualität des Konstruktionsprozesses. Der zunehmende Einsatz von Biomimetik in der Automobilindustrie zur Herstellung optimierter Strukturen durch Nachahmen der Natur erfordert, dass die tragenden Fasern in genau den richtigen Orientierungen verteilt sind, um den Hauptbelastungen standzuhalten. Hochentwickelte Softwarepakete ermöglichen die Umwandlung der bevorzugten Komponententopologie, die mit einem FE-(Finite-Element-)Solver erstellt wurde, in ein Steppmuster, das eine optimale Faserplatzierung mit guter Herstellbarkeit verbindet.

Verbessertes Recycling

Die Verwendung von thermoplastischem Polymer zur Erzeugung der Matrix in einem TFP-Verbundwerkstoff überwindet die Recyclingschwierigkeiten herkömmlicher Verbundstoffe, die duroplastische Harze verwenden. Während die Duroplastmaterialien nicht ausgeschmolzen werden können, können die thermoplastischen Stoffe bei etwa 200 bis 300 Grad Celsius von der Schmelze getrennt werden. Aufgrund der endkonturnahen Produktion wird weniger Abfallmaterial produziert, wodurch die Notwendigkeit des Recyclings in der Produktionsphase reduziert wird.



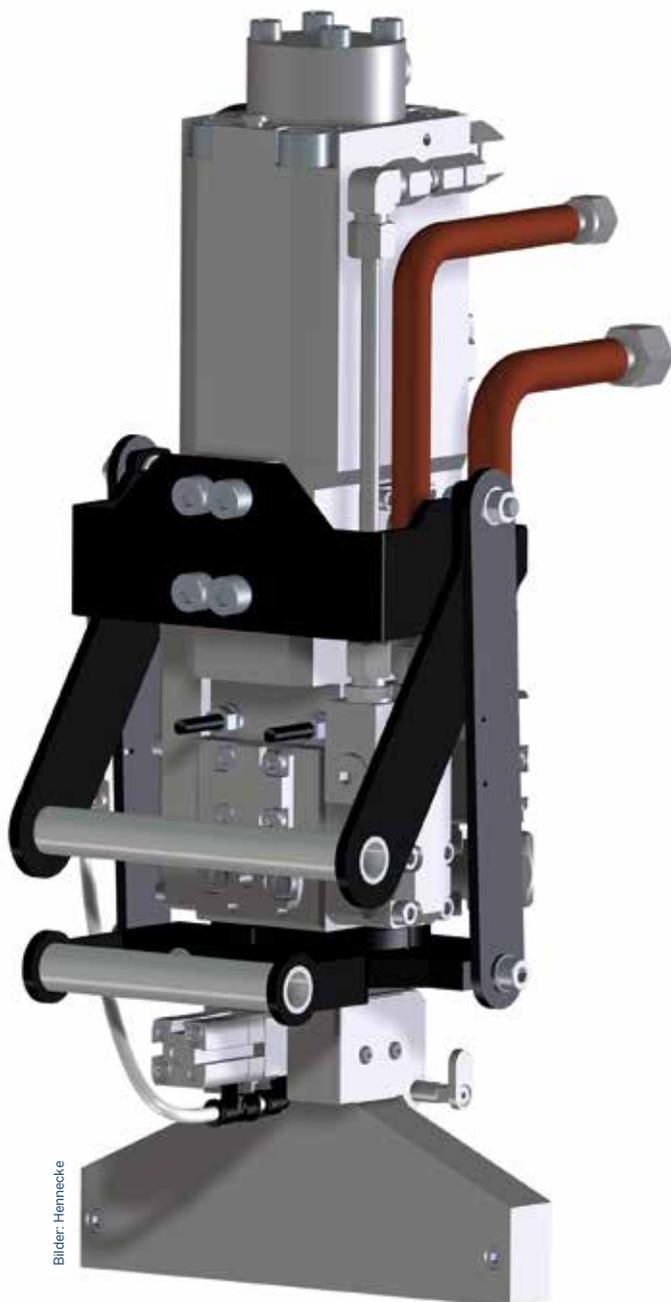
Technische Stickmaschinen erlauben die radiale und axiale Ablage der Fasern gemäß der im Bauteil ermittelten Krafftflussverläufe.

Michael Metzler
 Vertriebsleiter Technische Stickssysteme
 ZSK Stickmaschinen GmbH
 Krefeld
www.zsk.de

Leichtbau in Großserie mit dem Nasspressverfahren

JENS WINIARZ

Der Leichtbau für die Automobilindustrie hat Einzug in die Klein- wie auch die Großserie gehalten. Im Fokus stehen innovative Bauteile aus Kunststoff. In kaum einer anderen Produktkategorie sind in so kurzer Zeit derart viele neue Prozesse entstanden. Die Leichtbau-Spezialisten der Hennecke GmbH haben für diese Aufgaben die Technologie des Nasspressverfahrens verbessert.



Bilder: Hennecke

Breitschlitzdüse für das Nasspressverfahren: Die Produktionsmethodik ist für die Serienproduktion von faserverstärkten Strukturbauteilen geeignet. Das Reaktivgemisch wird als Fluidfilm auf das Fasergelege aufgetragen. Dies kann robotergeführt aufgetragen oder direkt im Werkzeug geschehen.

Durch das Ausnutzen des Eigenschaftsspektrums verschiedener Kunststoffe entstehen völlig neue Verarbeitungsprozesse zur Fertigung von Automobilbauteilen. Anwender sind gefordert, sich mit dem Leichtbau im Automobil intensiv auseinanderzusetzen. Hennecke unterstützt durch die Wet-Compression-Moulding-Technologie (WCM, Nasspressverfahren) die Volumenproduktion von faserverstärkten Strukturbauteilen.

Die Nasspress-Technologie wurde auf Grund vielfältiger Anforderungen entscheidend verbessert. Die WCM-Technologie stellt eine effiziente Produktionsmethodik für die Volumenproduktion von faserverstärkten Strukturbauteilen dar. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass das Reaktivgemisch berührungslos als Fluidfilm auf das Fasergelege aufgetragen wird. Dies geschieht entweder in einer separaten Arbeitsstation, in der das Fluid robotergeführt aufgetragen wird, oder direkt im Werkzeug.



Dosiermaschinen bieten ein maßgeschneidertes Verarbeitungssystem für alle gängigen Matrixsysteme von Faserverbundbauteilen. Der modulare Aufbau passt sich an die Bedürfnisse der Produktion an und integriert sich auch in automatisierte Fertigungslinien.

In der separaten Arbeitsstation wird das Fasergelege durch einen oder mehrere Roboter unter die WCM-Düse des Mischkopfs geführt. Dabei wird das Reaktivgemisch auf das Fasergelege aufgetragen. Im Anschluss legt der Roboter das getränkte Gelege passgenau im Werkzeug ab. Die Presse samt Werkzeug schließt und sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Reaktivkunststoffs. Nach der Aushärtung kann das Bauteil zum Beschnitt entnommen werden.

Wenn es um komplexe Geometrien oder großflächige Bauteile geht, kann der Materialauftrag bei der WCM-Technologie auch direkt im Unterwerkzeug erfolgen. Dabei ist typischerweise das Unterwerkzeug aus der Presse ausgefahren, um eine optimale Erreichbarkeit zu gewährleisten. Nach erfolgtem Auftrag fährt das Werkzeug in die Presse, schließt und die Aushärtezeit beginnt.

Hennecke hat die WCM-Düse mit Breitschlitzgeometrie entwickelt. Bei der Entwicklung dieser Düse standen die schnelle und einfache Wartung im Fokus. So kann die Düse von einem einzigen Bediener sekundenschnell positioniert oder im Wartungsfall getauscht werden. Die Positionierung des Breitschlitzes erfolgt in Winkelschritten, um auch dort die sichere Reproduzier-

barkeit zu gewährleisten. Diese sogenannte Ein-Bediener-Wartungsfreundlichkeit hat auch bei der Entwicklung eines neuen Mischkopfs für schnelle Farbwechsel im Bereich der Oberflächenveredelung von Bauteilen Pate gestanden. Die Leichtbau-Verarbeitungsmethodik hat durch die Düse neuen Schub erhalten. Von bisherigen Düsen unterscheidet sie sich durch eine verbesserte Breitschlitzgeometrie. Sie enthält zudem zusätzliche Sicherheitsfunktionen.

Ein Vorteil der Düse liegt im Retrofit: Sie ist an allen im Markt befindlichen HP-RTM-Mischköpfen neuester Bauform nachrüstbar. So können die Laboranlagen um die WCM-Funktionalität mit der neuesten Technologie erweitert werden. Das WCM-Verfahren stellt hinsichtlich der Komplexität des Formwerkzeugs deutlich weniger Ansprüche an das Produktionsverfahren als beispielsweise das HP-RTM-Verfahren. Das HP-RTM-Verfahren arbeitet mit Hochdruck-Maschinen (High Pressure) und ist mit RTM-Mischköpfen ausgestattet.

Kombination der Verfahren

Produktionsanlagen lassen sich auch für Nasspress- und HP-RTM-Anwendungen kombinieren. Die Kombination beider Verfahren ermöglicht die schnelle Herstellung großflächiger Leichtbauteile in Serie, die beispielsweise für die

Elektromobilität zum Einsatz kommen. Ein Anlagenverbund lässt sich beispielsweise mit zwei Mischköpfen ausstatten. Der erste Mischkopf wird als HP-RTM-Mischkopf verwendet und fest an einem Werkzeug innerhalb der Presse angebracht, um den Reaktivrohstoff direkt in das Werkzeug zu injizieren und das Fasergelege zu infiltrieren. Der zweite Mischkopf ist mit dem Breitschlitzverteiler ausgestattet. Er wird von einem Roboter gesteuert, um den automatisierten Auftrag von Harz außerhalb der Presse auf ein Fasergelege zu ermöglichen. Durch die beiden Mischköpfe kann mit kurzer Umrüstzeit zwischen beiden Technologien gewechselt werden. Dadurch können unterschiedliche Bauteile aus Faserverbundstoffen in der gleichen Anlage produziert werden. Das HP-RTM-Verfahren ist in erster Linie für die Herstellung von komplexen 3D-Bauteilen geeignet. Das Nasspressverfahren wird für die effiziente Herstellung von großflächigen und weniger komplexen Faserverbundbauteilen genutzt.

Jens Winiarz
Head of Sales
Composites & Advanced Applications
Hennecke GmbH
St. Augustin
www.hennecke.com

Impressum

Herausgeber

ProduktionNRW
Cluster Maschinenbau/Produktionstechnik
c/o VDMA NRW
Grafenberger Allee 125
40237 Düsseldorf
Telefon + 49 211 687748-0
Fax + 49 211 687748-50
info@produktion.nrw.de
www.produktion.nrw.de

Verlag

VDMA Verlag GmbH
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt

Verantwortlich für den Inhalt

Hans-Jürgen Alt

Redaktion

Ina Grothof
Georg Dlugosch

Layout und Design

VDMA Verlag GmbH

Produktion

designtes, Frankfurt

Titelseite

Foto Exentia/Adobe Stock

Copyright 2018

Veröffentlichungen in jeder Form, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung von ProduktionNRW und unter
ausführlicher Quellenangabe.

ProduktionNRW
Cluster Maschinenbau/Produktionstechnik
c/o VDMA NRW
Grafenberger Allee 125
40237 Düsseldorf
www.produktion.nrw.de

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen**
Berger Allee 25
40213 Düsseldorf
www.wirtschaft.nrw.de

ProduktionNRW ist das Cluster des Maschinenbaus und der Produktionstechnik in Nordrhein-Westfalen und wird vom VDMA NRW durchgeführt. ProduktionNRW versteht sich als Plattform, um Unternehmen, Institutionen und Netzwerke untereinander und entlang der Wertschöpfungskette zu vernetzen, zu informieren und zu vermarkten. Wesentliche Teile der Leistungen, die ProduktionNRW erbringt, werden aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung