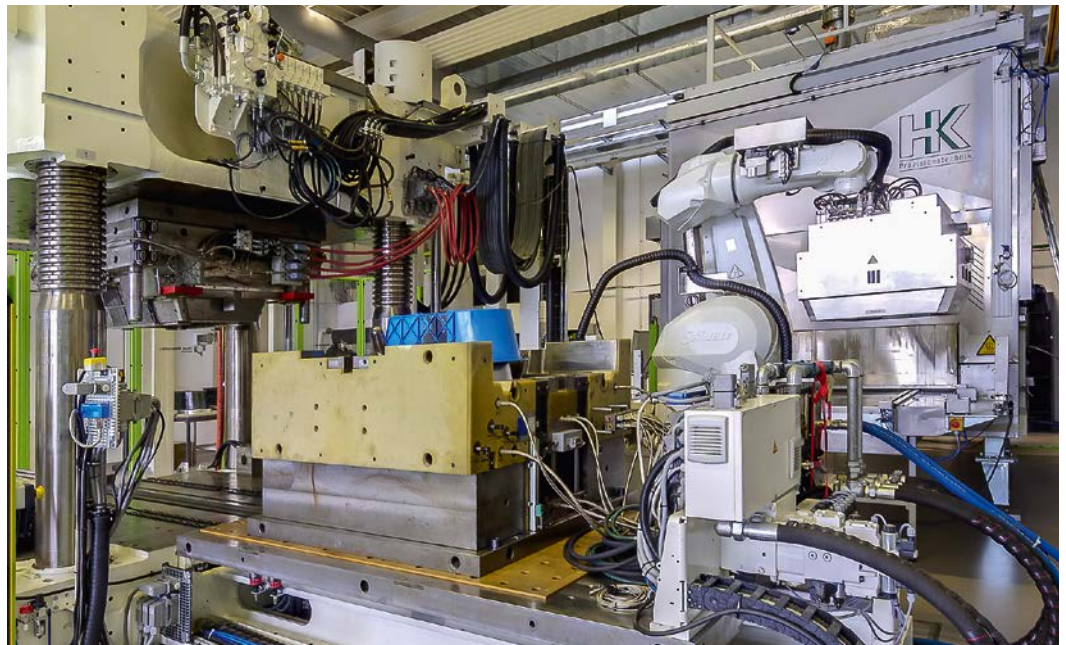


# Faserverbundbauteile im Minutentakt

## Großserientaugliche Prozesskette vom UD-Tape zum thermoplastischen Composite-Produkt aus einer Hand

Eine wirtschaftliche und damit großserientaugliche Herstellung von thermoplastischen Faserverbundkunststoffen erfordert eine Prozesskette mit kurzen Zykluszeiten und minimalem Verschnitt. UD-Tapes bieten die Möglichkeit, nicht nur den Verschnitt zu verringern, sondern auch lastgerecht ausgelegte Bauteile zu produzieren. Die Fertigungslinie der Neue Materialien Bayreuth GmbH erlaubt nun den Nachweis der Großserientauglichkeit dieses Materialansatzes im Industriemaßstab mit Taktzeiten unter 90 s.

Die automatische Fertigungszelle besteht aus einem Paternoster-Umluftofen, einem Handlingroboter und einer 25000 kN-Spritzpresse mit verfahrbarem Schiebetisch (© NMB)



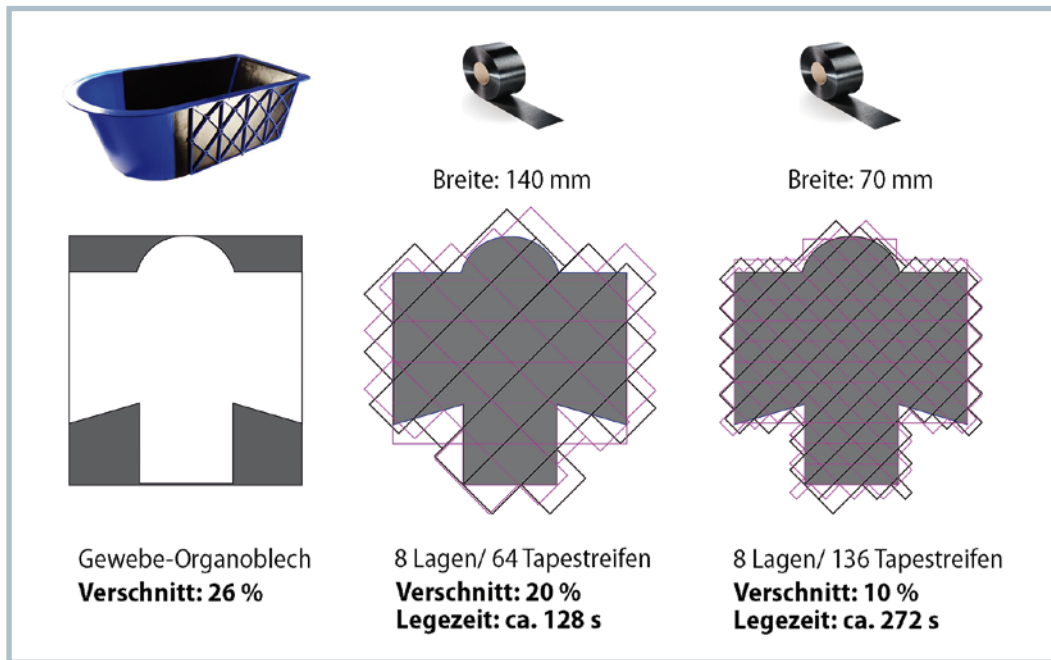
**B**auteilen aus kohlenstoff- oder glasfaserverstärkten Kunststoffen ist aufgrund der hohen spezifischen Festigkeit und Steifigkeit ein enormes Leichtbaupotenzial zu eigen. Anwendungen liegen vor allem im Automobil- und Flugzeugbau. Gegenüber Bauteilen auf duromerer Basis zeichnen sich thermoplastische Faserverbundbauteile durch eine gute Recyclingfähigkeit und Produktionszykluszeiten unter zwei Minuten aus. Das macht die Technologie attraktiv für eine Serienproduktion mit Stückzahlen über 50 000 pro Jahr.

### UD-Tapes als Materialansatz

In der Regel werden auf Geweben basierende Organobleche für die Herstellung von endlosfaserverstärkten thermoplastischen Automobilbauteilen verwendet, die nach einem vorgeschalteten Konturbeschnitt zunächst erwärmt und anschließend umgeformt und hinterspritzt werden [1]. Erste Anwendungen hierfür sind Sitz-

schalen, Infotainmenthalter sowie Türmodulträger. Dieser Fertigungsansatz führt in Abhängigkeit der Komplexität der Preform typischerweise zu Verschnittsraten zwischen 25 und 30% (Bild 1). Angesichts der hohen Materialkosten für Organobleche (zwischen 5 und 25 EUR/kg) kommt der Prozess schnell an seine wirtschaftlichen Grenzen. Auf Geweben basierende Organobleche besitzen zudem in Bezug auf die Richtungsabhängigkeit vorgegebene orthotrope mechanische Eigenschaften, sodass Bauteile nicht lastgerecht ausgelegt und somit in der Praxis überdimensioniert werden und das Leichtbaupotenzial folglich nicht ausgeschöpft wird.

Unidirektional faserverstärkte Tapes, sogenannte UD-Tapes, stellen eine vielversprechende Alternative zu gewebeverstärkten Organoblechen dar [2]. UD-Tapes ermöglichen durch eine gezielte Faserausrichtung den Aufbau lastpfadgerechter Composite-Bauteile mit einem minimalen Verschnitt. Auf Basis dieses Materialansatzes und mit einer maßgeschneiderten Anlagentechnik erforscht die Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB)



**Bild 1.** Durch Einsatz von UD-Tapes lässt sich der Verschnitt minimieren. Als Benchmark dient eine Preform für einen Technologiedemonstrator auf Basis eines Gewebe-Organoblechs (© NMB)

seit Jahren, wie eine großserientaugliche Prozesskette für Faser-verbundkunststoffbauteile realisiert werden kann.

### Legetechnik für minimale Aufbauzeiten

Eine neuartige Multiaxial-Tapelegeanlage (Hersteller: M.A.i GmbH & Co. KG, Kronach/Neuses) ermöglicht es, auf UD-Tapes basierende Gelege schichtweise so aufzubauen, dass deren Potenzial zur variablen Faserorientierung und Reduzierung des Verschnitts ausgeschöpft wird (Bild 2). Zentrales Merkmal dieser Prototypenanlage ist die Synchronisierung der Prozessschritte Schneiden, Legen und Punktschweißen. Dadurch lässt sich die Legezeit pro Tapeestreifen, unabhängig von dessen Länge, auf nur 2 s verkürzen. Ermöglicht wird dies durch ein neuentwickeltes Verfahren, das mit zwei Vakuum-Legetischen arbeitet.

Während auf dem ersten Legetisch mithilfe von Vakuumstreifenumsetzern die Einzellagen individuell in einer Schicht-

ebene abgelegt werden, werden auf einem zweiten Tisch, der rotierend gelagert ist, die bereits gelegten Tapeschichten gestapelt. Durch Drehen des zweiten Tisches lässt sich die Orientierung jeder Lage auf dem Gelegestapel einstellen. Die Einzellagen werden mittels Ultraschall auf Tisch 2 punktuell verschweißt, während auf Tisch 1 parallel dazu die nächsten UD-Tapes platziert werden.

Die Einzellagen werden zwischen den beiden Vakuumlegetischen transportiert durch einen ebenfalls mit Vakuum beaufschlagten Lagenumsetzer. Positionierhilfen ermöglichen zudem das passgenaue Einlegen von Organoblech-Halbzeugen auf Legetisch 2. Die Organobleche können so nachfolgend im automatischen Betrieb mit belastungsorientierten UD-Tape-Gelegaufbauten lokal verstärkt werden.

Durch Ausrüstung der Anlage mit zwei Materialzuführungen und Vorbereitung für zwei weitere können maximal vier Tapes mit vier verschiedenen Breiten (zwischen 50 und 165 mm) »

## Anlagentechnik für Faserverbundbauteile

Die Fertigungslinie der NMB besteht aus zwei wesentlichen Elementen:

- einer Preforming-Station mit Multiaxial-Tapelegeanlage und Doppelbandpresse zur Vorkonsolidierung der Gelege sowie
- einer automatisierten Fertigungszelle, die sich aus Pater-noster-Umluftofen, Handlingroboter und einer 25 000 kN-Spritzpresse zusammensetzt.

Ein Video der kompletten Prozesskette finden Sie unter

➤ [www.kunststoffe.de/1359253](http://www.kunststoffe.de/1359253)

## Die Autoren

**Michael Kropka, M. Sc.**, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Team „Faserverbundwerkstoffe“ der Neue Materialien Bayreuth GmbH.

**Dipl.-Ing. Mathias Mühlbacher** ist Teamleiter „Faserverbundwerkstoffe“ und stellvertretender Leiter des Geschäftsbereichs Kunststoffe der NMB.

**Dr.-Ing. Thomas Neumeyer** ist Leiter des Geschäftsbereichs Kunststoffe der NMB.

**Prof. Dr.-Ing. Volker Altstädt** ist Geschäftsführer der Neue Materialien Bayreuth GmbH und Inhaber des Lehrstuhls für Polymere Werkstoffe an der Universität Bayreuth.

## Im Profil

Die **Neue Materialien Bayreuth GmbH** ist eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung auf dem Gebiet anwendungsnaher Leichtbaulösungen für Kunststoffe, Verbundwerkstoffe und Metalle. Besonderes Merkmal ist eine Anlagentechnik im Industriemaßstab, die Entwicklungen direkt für die industrielle Praxis ermöglicht.

➤ [www.nmbgmbh.de](http://www.nmbgmbh.de)

## Service

### Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/1676959](http://www.kunststoffe.de/1676959)



**Bild 2.** Das Konzept der Multiaxial-Tapelegeanlage sieht zwei Vakuum-Legetische und bis zu vier Materialzuführungen für einen prozessstabilen flexiblen UD-Tape-Gelegeaufbau vor (© NMB)



**Bild 3.** Die Doppelbandpresse mit PTFE-Bändern dient zur Vorkonsolidierung der UD-Tape-Gelegeaufbauten (© NMB)

zugeführt werden. Auf diese Weise lassen sich die Verschnittanteile der teuren Halbzeuge signifikant reduzieren. Dabei gilt es, bauteilabhängig stets ein Optimum aus minimalem Verschnitt und tolerierbarer Legezeit zu identifizieren. Zudem ist die Kombination von UD-Tapes mit verschiedenen Verstärkungsfasern, wie Glas- und Kohlenstofffasern, in einem Gelegeaufbau möglich. Die Gelegefläche der Prototypanlage beträgt maximal 1500 x 1500 mm.

Mit dem automatisierten Hochgeschwindigkeits-Tapelegen wird eine elementare Hürde zum Großserieneinsatz thermoplastischer Faserverbundwerkstoffe im Automobilbau genommen, weil Verschnitt sowie Zykluszeit und somit hohe Material- und Fertigungskosten eingespart werden.

### Vorkonsolidierung durch Doppelbandpresse und Beschnitt

Um Lufteinschlüssen im Gelege vorzubeugen, werden die Lagenaufbauten mithilfe einer Doppelbandpresse (Hersteller: Maschinenfabrik Herbert Meyer GmbH, RötZ) mit PTFE-Transportbändern vorkonsolidiert (**Bild 3**). Dabei wird das Gelege in einer Heizstrecke, bestehend aus neun separat ansteuerbaren Zonen, zunächst über die Schmelztemperatur des Matrixpolymers erwärmt und anschließend durch zwei Kalandervalzen gepresst.

Die Geschwindigkeit des Transportbands lässt sich variabel zwischen 0,2 und 10 m/min einstellen.

Da die Maximaltemperatur der Heizzonen bei 250°C (Toleranz:  $\pm 5^\circ\text{C}$ ) liegt, können alle gängigen thermoplastischen Automobilwerkstoffe (PE, PP, PA6 sowie PC und PMMA) verarbeitet werden. Die maximale Arbeitsbreite von 160 cm ermöglicht die Vorkonsolidierung großflächiger Preforms. Nach der Vorkonsolidierung kann ein Konturbeschnitt z.B. in einer Wasserstrahlschneidanlage erfolgen.

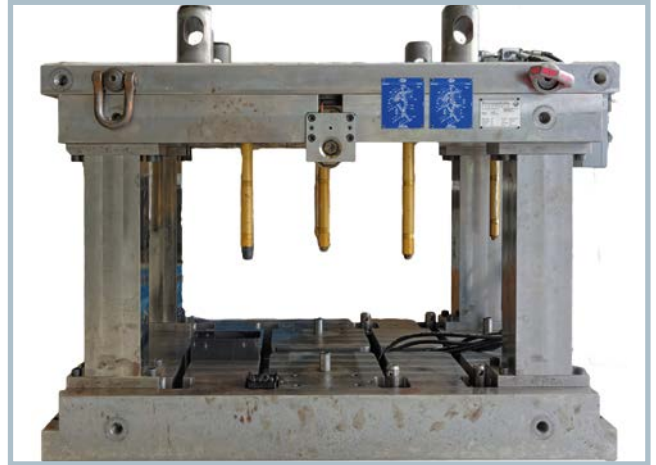
### **Schaum-Spritzpressen mit 25 000 kN Schließkraft**

Eine voll automatisierte Fertigungszelle, deren Zentrum eine Spritzpresse mit 25 000 kN Schließkraft (Hersteller: Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich) bildet (**Titelbild**), erwärmt die vorkonsolidierten Preforms zunächst in einem Paternoster-Umluftofen (Hersteller: HK Präzisionstechnik GmbH, Oberndorf) homogen über die Schmelztemperatur des Matrixpolymers. Der Ofen weist eine maximale Aufheiztemperatur von 290°C mit einer Toleranz von  $\pm 2^\circ\text{C}$  auf. Abhängig von der Geometrie lassen sich bis zu 32 Preforms gleichzeitig erwärmen und der nachgeschalteten Prozesskette zuführen. Im nächsten Schritt transportiert ein Roboterarm mit Greifereinheit die Preform zur unteren Werkzeughälfte der Spritzpresse, die sich auf einem verfahrbaren Schiebetisch befindet. Nach dem Einfahren des Schiebetisches wird das Werkzeug geschlossen und das vorgewärmte Halbzeug umgeformt und konsolidiert.

Zur Verarbeitung von Hochtemperaturmaterialien steht zusätzlich in Kürze ein Infrarot-Strahlerheizfeld mit einer Heizfläche von 1500 x 1500 mm (Hersteller: Krelus AG, Oberentfelden/Schweiz) zur Verfügung. Es besteht aus 36 Einzelfeldern (250 x 250 mm), die flexibel angeordnet werden können und in vier einzelne Heizmodule unterteilt sind. Jedes Heizmodul ist jeweils mit einem Pyrometer versehen und separat ansteuerbar, sodass individuelle Temperaturprofile eingestellt und Randeffekte minimiert werden können. Das Infrarot-Strahlerheizfeld ist fest neben der Presse installiert. Mithilfe einer Lineareinheit kann eine in einem Spannrahmen am Rand fixierte Preform nach dem Aufheizen automatisch in die Pressposition fahren – dadurch werden kurze Handlingzei-

ten erzielt. Aufgrund des modularen Aufbaus ist eine Teilung des Strahlerheizfeldes und somit ein beidseitiges Erwärmen der Preforms möglich.

Durch zwei Spritzgießeinheiten mit 90 bzw. 105 mm (alternativ 70 mm) Schneckendurchmesser kann kurz- und langfaserverstärktes Material zur Integration wichtiger Bauteilfunktionen angespritzt werden. So ist der Anwender in der Lage, beispielsweise versteifende Rippenstrukturen oder Schraubdome zur Verbindung des Bauteils mit metallischen Komponenten innerhalb eines Presszyklus herzustellen. Eine der beiden Spritzeinheiten ist zudem mit einer MuCell-Einheit (Anbieter: Trexel) ausgestattet, die es erlaubt, der Schmelze ein physikalisches Treibmittel ( $\text{CO}_2$  oder  $\text{N}_2$ ) beizumengen und so das Thermoplast-Schaumspritzgießen mit der Presstechnik zu verbinden. »



**Bild 4.** Das Stammwerkzeug mit 8-fach-Heißkanalverteiler ermöglicht mit individuellen Formeinsätzen die kostengünstige Herstellung von Prototypenbauteilen (© NMB)

### *Kostenreduzierung durch Stammwerkzeug*

Zur Herstellung von Prototypen mit variierenden Ausprägungen steht für die Spritzpresse ein Stammwerkzeug bereit (**Bild 4**). Dieses besteht aus zwei Grundplatten mit komplettem 8-fach-Heißkanalverteiler sowie einer variablen Auswerferhydraulik in der Grundplatte. Durch einen kundenspezifischen Formeinsatz kann das Stammwerkzeug zu einem vollwertigen Prototypenwerkzeug ergänzt werden. Mit den insgesamt acht Anspritzpunkten des Heißkanals mit hydraulischen Nadelverschlussdüsen können großflächige Bauteile hergestellt werden. Die maximale Größe des Werkzeugeinsatzes beläuft sich auf 2000 x 1400 mm. Der Heißkanal in der oberen Werkzeughälfte lässt sich auf bis zu 450°C aufheizen, sodass auch Hochtemperatur-Thermoplaste wie PESU, PEI oder PEEK verarbeitet werden können. Der Einsatz des Stammwerkzeugs senkt die Kosten für ein Prototypenwerkzeug um bis zu 60%.

### *Ausblick*

Vor dem Hintergrund der von der EU geforderten Reduktion der CO<sub>2</sub>-Flottenemissionen ist es erklärtes Ziel der Automobilhersteller, das Fahrzeuggewicht insbesondere bei ihren Volumenmodellen zu senken. Die hier beschriebene Prozesskette zeigt eine anwendungsnahe, wirtschaftliche Lösung für eine Großserienfertigung von Tape-basierenden thermoplastischen Faserverbundbauteilen auf. Die maßgeschneiderte Anlagen- und Prozesstechnik verarbeitet UD-Tapes schnell sowie verschnittarm und verfolgt durch eine variable Faserorientierung und die Möglichkeit eines Aufbaus von Multimaterial-Gelegen einen effizienten Leichtbauansatz [3].

Im Rahmen weiterführender Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wird NMB die Tapelegetechnik kontinuierlich verbessern und für den Großserieneinsatz optimieren. So soll die Multi-axial-Tapeleganlage mit zwei weiteren Materialzuführungen versehen werden, um die Flexibilität in Bezug auf die eingesetzten Tapebreiten und Materialien zu erhöhen. Zudem wird die Anlage mit Schneideinheiten versehen, die auch ein schräges Abschneiden der Tapes ermöglichen und somit zu einer weiteren Reduktion des Verschnitts beitragen. ■