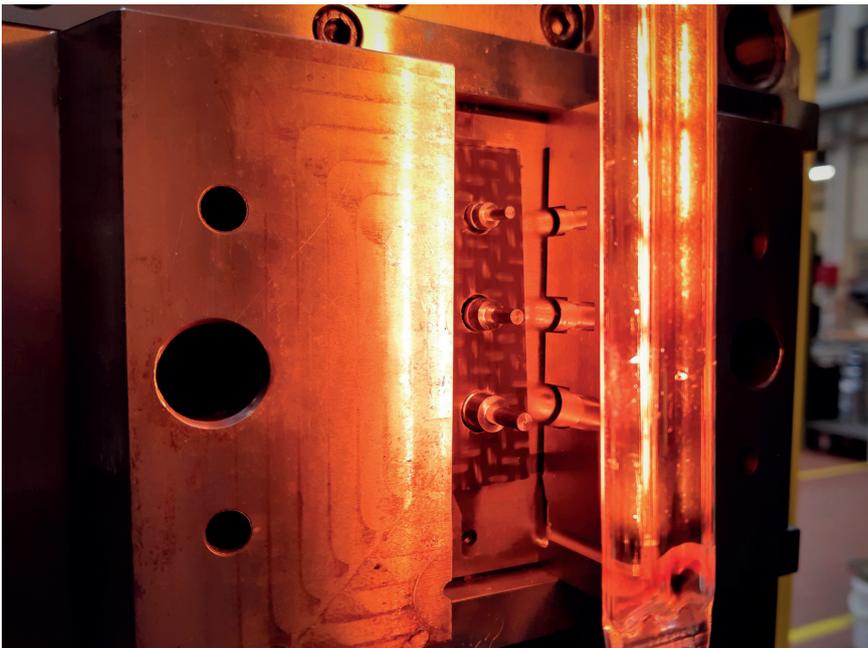


Fügeelement angespritzt

Einfluss auf die Verbundfestigkeit zwischen Organoblech und Schraubblindniet untersucht

Organobleche mit thermoplastischer Matrix werden heute im Spritzgießverfahren häufig mit Rippen und Funktionselementen versehen. Entsprechend können auch Fügeelemente angespritzt werden. Mit dem Schraubblindnieten steht ein solches Fügeelement mit hinreichender einseitiger Zugänglichkeit, hohen Festigkeiten und guter Wirtschaftlichkeit zur Verfügung. Dabei stellt sich die Frage, wovon die Verbundfestigkeit zwischen Halbzeug und angespritztem Schraubblindniet abhängt.



Infraroterwärmung des präparierten Organoblechs im Spritzgießwerkzeug ©KTP

Die Mobilität stellt schon immer ein wichtiges Bedürfnis der Menschen dar. Dies birgt angesichts des Klimawandels und der zunehmenden Weltbevölkerung große Herausforderungen. Um die Klimaziele zu erreichen, sind in Zukunft energieeffiziente Mobilitätskonzepte auf Basis erneuerbarer Energien notwendig. Ein wichtiger Faktor bei der Energieeffizienz bewegter Systeme ist die Reduktion der Masse. So können die notwendige Beschleunigungsenergie und die reibungsinduzierten Widerstände verringert werden.

Multimaterialbauweisen ermöglichen einen kosteneffektiven Leichtbau. Zur Kombination der Werkstoffe bedarf es jedoch geeigneter Fügeverfahren. Kunststoffe zeichnen sich durch eine geringe

Dichte, große geometrische Freiheiten und die stetig zunehmende Materialvielfalt mit verbesserten Eigenschaften aus. Für das mechanische Fügen von Kunststoffen hat sich als wirtschaftliche Methode die Kunststoffdirektverschraubung mit hohen Auszugskräften etabliert. Darüber hinaus existiert das Blindnieten mit einseitiger Zugänglichkeit und dichtender Funktion [1–4].

Das an der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) entwickelte Schraubblindnieten kombiniert die beiden Fügeverfahren. Durch die Kombination ergeben sich vielfältige Synergieeffekte. So ermöglicht das Schraubblindnieten eine mit der Direktverschraubung vergleichbar hohe Festigkeit und Wirtschaftlichkeit bei einseitiger Fügbarkeit und dichtender Funk-

tion. Der Schraubblindniet kann als separates Fügeelement verwendet oder beim Spritzgießen direkt an ein Kunststoffbauteil angespritzt werden. Er besteht aus einem Einschraubtubus und einem Schaft, der den Tubus mit der Grundplatte (oder dem Bauteil) verbindet. Im dünnwandigen Schaft befindet sich eine Kerbe, die das Ausknicken des Schafts während des Fügeprozesses initiiert [5].

Dabei wird zunächst der (an einem Bauteil sitzende) Schraubblindniet in die Bohrung des Fügepartners gesteckt. Anschließend wird eine Schraube bis zur Auflage des Schraubenkopfes in den Schraubdom geschraubt. Bei weiterem Anziehen der Schraube knickt der Schaft an der Kerbe zwischen Grundplatte und Einschraubtubus aus (**Bild 1**). Durch die unterhalb der Oberfläche des Fügepartners liegende Kerbe legt sich die entstehende Wulst an den Fügepartner und stellt auf diese Weise eine spielfreie Verbindung sicher [5].

Drei an das vorgewärmte Halbzeug angespritzte Schraubblindnieten

Hinsichtlich ihres Leichtbaupotenzials ragen unter den Kunststoffen vor allem faserverstärkte Kunststoffe, insbesondere thermoplastische Composites, heraus. Hier bedarf es neuer oder angepasster Fügeverfahren. Diese können bei Erwärmung umgeformt oder mit Rippen hinterspritzt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, einen Schraubblindniet als Fügeelement anzuspitzen. Dies schafft vielfältige Vorteile. Die offenen Faserenden werden mit neuem Matrixmaterial umspritzt und fixiert, und die Schraubdome am Organoblech ermög-

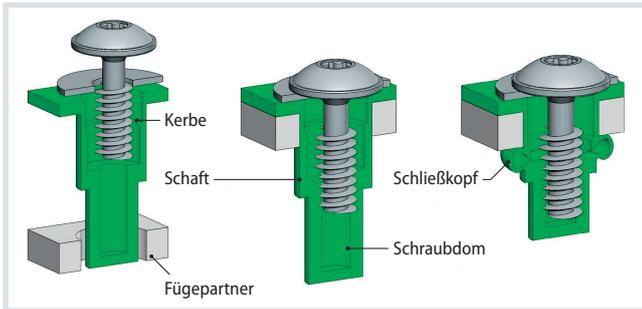


Bild 1. Die drei Schritte des Fügevorgangs einer Schraubblindnietverbindung Quelle: KTP

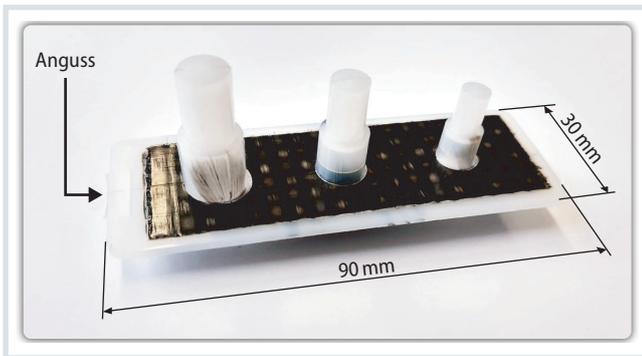


Bild 2. Durch drei Bohrungen im Organoblech mit unterschiedlichem Durchmesser werden die Schraubblindnieten angespritzt Quelle: KTP

lichen ein sicheres Positionieren bei der Montage.

In Untersuchungen am KTP wurden Schraubblindniete an Organobleche angespritzt. Hierbei wurden die Probenpräparation des Organoblechs, der Erwärmvorgang per Infrarotstrahler und die Spritzgießparameter variiert (mit Fokus auf letzteren). Bewertet wird die Verbundfestigkeit zwischen Schraubblindniet und Organoblech anhand von Auszugsprüfungen. Die Proben wurden auf einer Spritzgießmaschine des Typs Allrounder 420 C (Hersteller: Arburg) gefertigt, wobei in das Werkzeug drei Schraubblindnieten verschiedener Durchmesser auf einer Grundplatte integriert waren.

Die Organobleche (Typ: Tepex Dynalite; Hersteller: Bond-Laminates) mit Polypropylenmatrix sind aus drei Lagen Glasfasern in 0°/90°-Orientierung aufgebaut und in einer Dicke von 1,5 mm und 1 mm verfügbar. Sie werden in die (2 mm dicke) Aussparung für die Grundplatte eingelegt. Der resultierende Spalt ersetzt einen spezifischen Anguss und ermöglicht in diesem Aufbau die Zuführung der Schmelze zum Schraubdom (Bild 2). Für das Anspritzen der Dome an die Grundplatte müssen die Organobleche zum Werkzeug passend zugeschnitten werden (84 x 24 mm). An den späteren Positionen der Schraubblindnieten werden Bohrungen (Durchmesser $D_{S1} = 8$ mm, $D_{S2} = 10$ mm, $D_{S3} = 12$ mm) gesetzt. Die

präparierten Organobleche werden in das Spritzgießwerkzeug eingehängt und über einen Infrarotstrahler erwärmt. Nach dem Spritzgießprozess mit einem Polypropylen (Typ: Moplen HP 400R von Lyondellbasell) kann das Organoblech mit drei angespritzten Schraubblindnieten entnommen werden (Bild 2).

Welche Rolle spielt die Geometrie des Organoblechs?

Die Schraubblindniete werden für die Zugprüfung (Prüfgeschwindigkeit: 50 mm/min) mit einer Schraube für Kunststoffe (Delta PT von Ejot) und einer Stahlscheibe als Fügepartner verschraubt. Die Scheibe besitzt einen Hinterschnitt zur Einspan-

nung. Die mit Organoblech verstärkte Grundplatte des Schraubblindnietes liegt dabei auf einer Probekörperaufnahme (Stahlplatte mit 30 mm Durchgangsloch) auf (Bild 3).

Der Versuchsplan war stufenweise aufgebaut – jeder Schritt wurde mit den geeignetsten Parametern des vorherigen durchgeführt (Bild 4). Als Referenzwert dienen Schraubblindniete ohne Organoblech (VP 0). Zuerst wird die Außenkante des Organoblechs variiert: einmal ohne Fase, einmal mit Fase auf der Nietseite, einmal mit Fase auf der dem Niet abgewandten Seite (VP 1). Durch die Fase und die Bohrungen wird die Fixierung des Organoblechs überflüssig. Die Fase steuert zudem, auf welcher Seite des Organoblechs die Schmelze zum Niet fließt.

Der an das Organoblech mit senkrechter Kante angespritzte Schraubblindniet weist leicht geringere Festigkeiten auf als der ohne Organoblech. Allerdings zeigt sich eine sehr deutliche Zunahme der Steifigkeit durch das Organoblech. Die Fase auf der dem Niet zugewandten Seite des Organoblechs erreicht die besten mechanischen Festigkeiten und wird darum weiterverfolgt (VP 1.3).

Weiterhin werden die Dicke des Organoblechs (VP 2.1) und die Kante der Bohrung (VP 2.2) variiert. Ein dünneres Organoblech erweist sich als ungeeignet, da der Weg des Verbunds aus Organoblech und Niet deutlich abnimmt. Eine Fase an der Bohrung weist bei vergleichbaren Festigkeiten eine höhere Steifigkeit auf.

Final wurde der Durchmesser d_B der Bohrungen zum Durchtauchen der Werkzeugkerne von ursprünglich 10 mm auf 9 mm (VP 3.1) und 12 mm (VP 3.2) geändert (begrenzt durch Werkzeug und »




Ob Fördern, Separieren, Stapeln oder Verteilen – in SCHUMA finden Sie den richtigen Partner.

SCHUMA Maschinenbau GmbH | Fon +49 (0) 73 33/96 09-0 | www.schuma.com

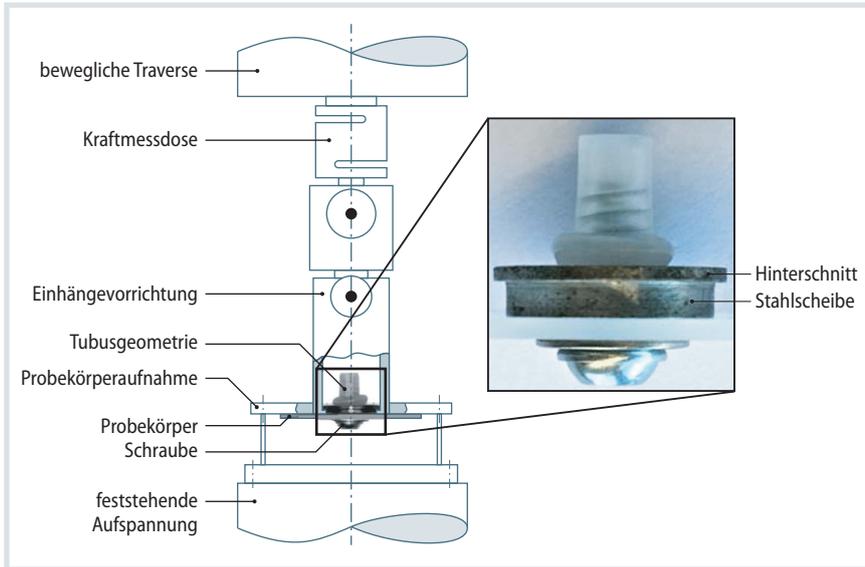


Bild 3. Prüfaufbau mit gefügtem Schraubblindniet Quelle: KTP; Grafik: © Hanser

Bauteilgeometrie). Bei der Reduzierung auf 9 mm verbessert sich die Festigkeit leicht.

Wie wirken sich verschiedene Prozessparameter aus?

Für die Untersuchung der Prozessparameter, durchgeführt mit den optimierten Geometrieparametern (VP 3.1), wurden die Einspritzgeschwindigkeit, die Zylindertemperatur, die Vorwärmzeit des Or-

ganoblechs, der Nachdruck und die Werkzeugtemperatur variiert (**Bild 5**). Die Einstellung der Spritzgießmaschine erfolgte auf Grundlage der empfohlenen Verarbeitungsparameter des Materialherstellers [6].

Die Einspritzgeschwindigkeit hat einen direkten Einfluss auf die Ausrichtung der Molekülketten und die in Orientierungsrichtung höhere Festigkeit. Die hochgesetzte Zylindertemperatur bringt eine höhere Temperatur in der Kontakt-

fläche zwischen Schmelze und Organoblech mit sich. Zugleich sinkt die Viskosität der Schmelze [7].

Die Kontaktfläche zwischen Schmelze und Einleger stellt die Schwachstelle dar. Durch Vorwärmen des Organoblechs wird die Matrix an der Oberfläche plastifiziert [8]. Dabei kommt ein IR-Strahler (200 W) von Heraeus in 25 mm Abstand zum Organoblech zur Anwendung.

Das Fasergelege im Organoblech behindert die Schwindung im Bauteil, folglich entstehen Eigenspannungen. Um Einfallstellen und Delamination zu vermeiden, muss nach dem Einspritzen ein Nachdruck aufrechterhalten werden. Dieser beeinflusst die resultierenden Eigenspannungen [8].

Eine höhere Werkzeugtemperatur reduziert die Temperaturdifferenz zwischen Kunststoffschmelze und Werkzeugwand, sodass die Abkühlung der Schmelze verlangsamt wird. Dies erhöht die Temperatur in der Kontaktfläche zum Organoblech und verbessert die Festigkeit der Bindenähte [7].

Die Untersuchungen (**Bild 5**) zeigen, dass die Erhöhung der Einspritzgeschwindigkeit (VP 4.1b) sowie der Masstemperatur (VP 4.2b) einen positiven Einfluss auf den Verbund aus Organoblech und Schraubblindniet haben. Die Infrarot-Vorwärmung (VP 4.3) sollte jedoch begrenzt

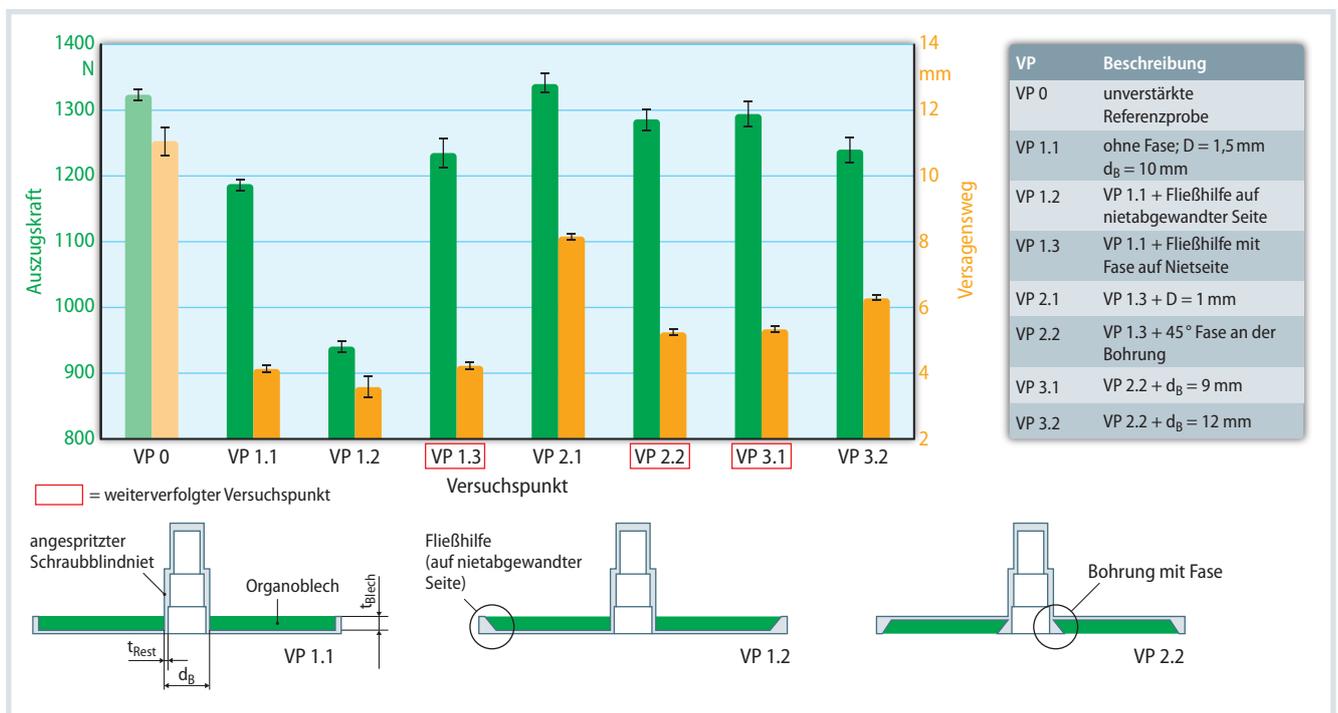


Bild 4. Ergebnisse der Geometrievariation: In dem Versuchsplan (VP) setzt jede neue Stufe auf den geeignetsten Parametern der vorherigen auf.

D: Dicke des Organoblechs; d_B : Durchmesser der Bohrung Quelle: KTP; Grafik: © Hanser

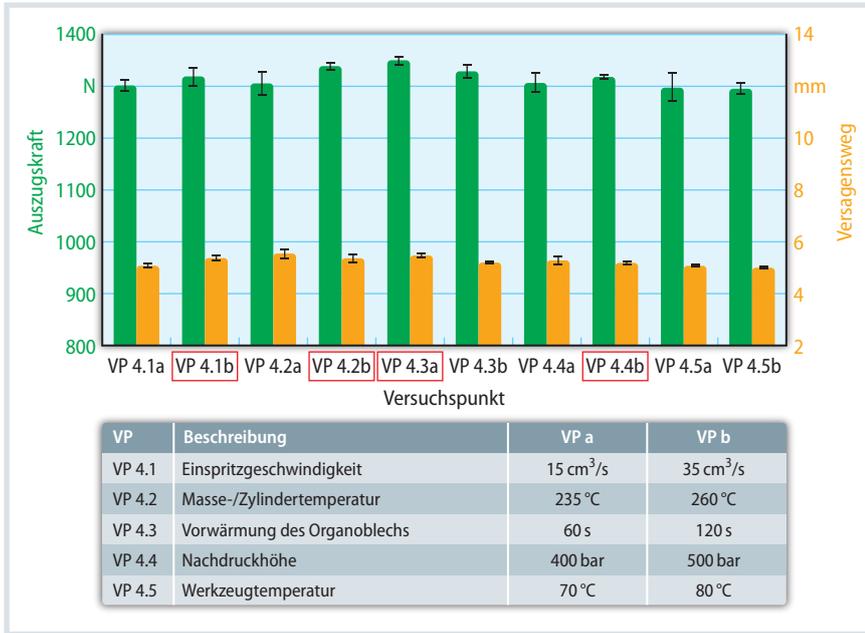


Bild 5. Variation der Spritzgießparameter: Aus den Ergebnissen lässt sich der Einfluss auf den Verbund aus Organoblech und Schraubblindniet ablesen Quelle: KTP; Grafik: © Hanser

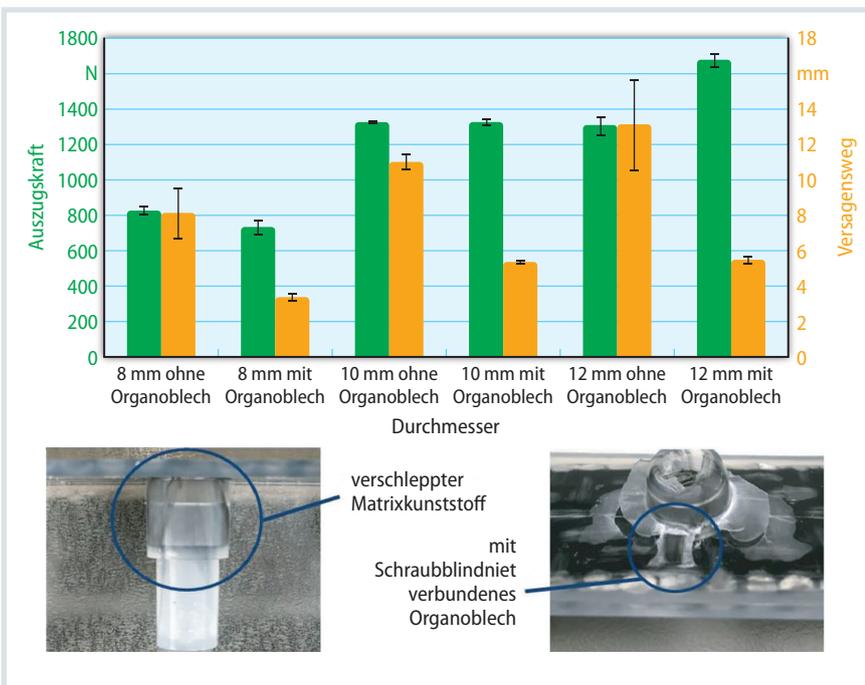


Bild 6. Ergebnisse der Variation des Bohrungsdurchmessers (oben) und Versagensbild (unten); links: Schraubblindniet mit plastifiziertem Matrixkunststoff; rechts: Schraubblindniet nach Versagen Quelle: KTP; Grafik: © Hanser

werden. Eine kurze Erwärmungsdauer ergibt bessere Zugfestigkeiten. Ein höherer Nachdruck (VP 4.4b) verbessert die Festigkeit geringfügig. Bei der Werkzeugtemperatur ließ sich im untersuchten Bereich kein Einfluss feststellen. Das Erhöhen von Massetemperatur und Einspritzgeschwindigkeit führt zu höheren Temperaturen der Schmelzfront (milchig/transparent) bei Erreichen

des Organoblechs. Deshalb kommt es zur Plastifizierung der thermoplastischen Matrix (schwarz) des Organoblechs, die sich sichtbar mit dem eingespritzten Polypropylen verbindet. Weiterhin wird eine bessere Verbindung im Bruchbild (**Bild 6**) sichtbar. Abschließend wurden die besten Parameter auf die Niete mit 8 mm und 12 mm Nietdurchmesser übertragen. Der

Vergleich zwischen Organoblech-verstärkten und unverstärkten Schraubblindnieten belegt, dass ähnliche Zugfestigkeiten erreicht werden (**Bild 6**). Folglich ist die Verbundhaftung zwischen Organoblech und Schraubblindniet gelungen. Gleichzeitig konnte die Steifigkeit des Verbunds deutlich erhöht werden.

Bei den Schraubblindnieten mit 12 mm Durchmesser fällt eine gesteigerte Zugfestigkeit auf. Dieser Befund ist dadurch begründet, dass die unverstärkte Grundplatte in der Zugprüfung vor dem Niet versagt.

Ausblick

Wie die Untersuchungen zeigen, lassen sich Schraubblindnieten ohne Festigkeitsverlust an Organobleche anspritzen. Mit dem verwendeten Prüfaufbau konnte zudem eine deutliche Versteifungswirkung nachgewiesen werden. Die Bohrung im Organoblech könnte bei zukünftigen Untersuchungen durch einen kreuzförmigen Schnitt in Faserrichtung ersetzt werden. Damit können die Fasern des vorgewärmten Organoblechs in den Fuß des Doms eingezogen werden. Hier ist eine deutliche Verstärkungswirkung unter Scherzugbelastung zu erwarten. ■

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer ist Leiter der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) an der Universität Paderborn und hat die Professur Kunststofftechnologie inne. **M. Sc. Johannes Hillemeier** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der KTP und beschäftigt sich mit der Kunststofftechnik; johannes.hillemeier@ktp.upb.de **M. Sc. René Lotzin** studierte von 2013 bis 2020 Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Kunststofftechnik an der Universität Paderborn.

Service

Literatur & Digitalversion

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

English Version

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