

# Drum prüfe, wer sich bindet

## Kunststoff-Direktverschraubung von Bauteilen aus dem 3D-Druck

Neben Klipsen, Schweißen und Kleben ist das Einbringen technischer Verschraubungen in der Baugruppenmontage eines der wichtigsten Fügeverfahren. Der Compoundhersteller Luvocom untersuchte gemeinsam mit Schraubenhersteller Ejot die Verschraubbarkeit von 3D-gedruckten Bauteilen. Dazu traten insgesamt drei Werkstoffe im Praxistest an.

**O**ber Kunststoff-Kleinserienteile oder Prototypen für die Baugruppenprüfung und Absicherung: Auch bei 3D-gedruckten Formteilen wird eine zuverlässige Schraubverbindung – vergleichbar zu spritzgegossenen Artikeln – gefordert.

Die hier vorgestellte Untersuchung hatte das Ziel, den hohen Qualitätsstandard zur Verfügung stehender Druckwerkstoffe, die Reproduzierbarkeit im Druckprozess, sowie die grundsätzlichen Eigenschaften der Schraubverbindungen in gedruckten Teilen darzustellen. Die Lehmann&Voss&Co. geht davon aus, dass alle auf Spritzgießmaterialien angewandten Fügeverfahren sich auch auf ihre 3D-Druckwerkstoffe für FFF (Fused Filament Fabrication) anwenden lassen. Diese Werkstoffe namens Luvocom 3F sind speziell für das FFF-Verfahren optimiert. Und müssen nach Herstellerangaben den Vergleich der mechanischen Eigenschaften zu in klassischen Verfahren hergestellten Bauteilen nicht scheuen.

Um die Verschraubbarkeit dieser Materialien zu prüfen, wurden in Kooperation mit der Ejot GmbH & Co. KG Schraubversuche an 3D-gedruckten Schraubdomen durchgeführt. Für die Schraubver-

suche wurde die kürzlich im Markt eingeführte Ejot Evo PT-Schraube ausgewählt. Bei diesem Schraubentyp ist, neben einem optimierten Ansetzverhalten, das Eindrehmoment nahezu unabhängig von der Einschraubtiefe. Für eine vergleichende Schraubuntersuchung wurden in dem vorhandenen Ejot Schraubdomenwerkzeug Standarddome aus Vergleichswerkstoffen gespritzt. Analoge Luvocom 3F-Materialien wurden im 3D-Drucklabor bei Lehmann&Voss&Co. gedruckt.

Da beim Drucken von Bohrungen verfahrensbedingt stets eine gewisse Dimensionsunschärfe auftritt, wurde die Schraubbohrung (Vorloch) jeweils nachkalibriert, um einem belastbaren Versuchsstandard zu folgen. Alle Prüfdome wurden im FFF-Verfahren hergestellt.

### Unverstärktes Polypropylen (PP) erreicht im Test die üblichen Werte

Unverstärktes PP ist ein nicht einfach zu druckender Werkstoff. Auch beim Spritzgießen ist das Material teilweise herausfordernd, insbesondere bei dickwandigen Schraubdomen. Gelegentlich tritt eine träge Kristallisation, mit der Folge starker Lunkerbildung auf. Dies war bei Luvo-

com 3F PP 9929 NT, das hier auch verspritzt wurde, nicht zu beobachten. Hieraus resultierend, konnten alle gespritzten Dome mit sehr guten, reproduzierbaren Kennwerten verschraubt werden. Über die Kalibrierung der Schraubbohrung am gedruckten Dom zeigte sich, dass bei einer technisch sinnvoll ausgewählten Vorlochgeometrie Verschraubungswerte erreicht werden, die fast auf dem Niveau des gespritzten Doms liegen. Dies betraf alle charakteristischen Kennwerte, wie Einschraubmoment (Me), Anziehdrehmoment (Ma) sowie Überdrehmoment (Mü). Hierbei lag für alle drei Werte die Schwankungsbreite in üblichen technischen Größenordnungen.

### Bessere Noten fürs Polypropylen mit Kohlenstoffaserverstärkung (PP-CF)

Bei diesen Versuchen war zu erkennen, dass für ein PP/CF (Luvocom 3F PP CF 9928 BK) Verschraubungswerte erreicht werden konnten, die rund 60 % über denen des unverstärkten PP lagen. Bei einer Variation des Vorlochdurchmessers von 3,2 mm bis 3,4 mm sind bezüglich der Drehmoment-Messwerte keine signifikanten Unterschiede erkennbar. Vielmehr

Links der im Versuch verwendete gespritzte Schraubdom, in der Mitte der gedruckte. Rechts im Bild die Ejot Evo PT Schraube © Lehvoss/Ejot



bleiben diese auf fast gleichem Niveau. Bei 3,3 mm Vorlochdurchmesser liegt ein Optimum mit scharf abgegrenztem Überdrehmoment (geringe Messwertstreuung) vor. Die vergleichsweise geringere Dehnung des Materials wirkt sich hier deutlich positiv aus.

### Prozesssichere Verbindung bei PA-CF

Bei Luvocom 1/CF15/HS (PA66 CF/15) handelt es sich um ein sehr leistungsfähiges Produkt für das Spritzgießen. Bei den spritzgegossenen Schraubdomen aus diesem Material sind hohe Anziehungsmomente möglich. Sowohl das Einschraubmoment (0,6 Nm) als auch das Überdrehmoment (3,8 Nm) liegen stabil, mit einem großen Sicherheitsabstand zum Anziehdrehmoment. Me und Mü sind überdies mit geringer Wertebandbreite und geringer Standardabweichung sehr klar definiert. Insbesondere der große Abstand des Überdrehmoments zum Anziehdrehmoment charakterisiert einen prozesssicheren und somit jederzeit beherrschbaren Schraubvorgang.

Zum Vergleich wurde Luvocom 3F PAHT CF 9742 BK verarbeitet. Hier handelt es sich um einen hochentwickelten Werkstoff für FFF. Die Rezeptur ist abweichend zum geprüften Spritzgießmaterial, beinhaltet aber ebenfalls 15% CF. Die mechanischen Kennwerte, wie z.B. Bruchspannung und Bruchdehnung, liegen beim Spritzgießmaterial auf höherem Niveau. Dies zeigt sich beim gedruckten Dom in den etwas geringeren Schraubwerten. Dabei wurden dennoch reproduzierbar gute Werte erreicht (Me=0,55 Nm; Ma=1,6 Nm; Mü=2,8 Nm). Auch hier liegen die Einschraubwerte jeweils in ausreichend großen Sicherheitsabständen zueinander. Das Material Luvocom 3F PAHT CF 9742 BK ermöglicht eine prozesssichere Direktverschraubung mit der Ejot EVO PT.

Mit der hier beschriebenen durchgängigen Versuchsreihe konnte nachgewiesen werden, dass eine prozesssichere



Blick ins 3D-Druck-Technikum von Lehvoss. Untersucht wurden Werkstoffe für das FFF-Verfahren (Fused Filament Fabrication) © Lehvoss

Direktverschraubung in gedruckten Teilen mit der Ejot Evo PT Schraube realisierbar ist. 3D-gedruckte Bauteile erreichen Festigkeiten, die vergleichbar sind mit spritzgegossenen Bauteilen. Anwendungen in Serienanwendungen sind damit möglich.

Bei den Versuchen fiel positiv auf, dass keine Schraubdome durch Radialspannungsversagen (Aufplatzen) ausfielen. Auch trat kein Schichtabheben in der Z-Ebene auf. Dies ist im 3D-Druck die Aufbauachse, die mit der Schraubachse zusammenfällt. Das ist von besonderer Bedeutung, da die Z-Ebene beim 3D-Druck mit der Bindaht beim Spritzgießen vergleichbar ist. Bei gedruckten Teilen ist dies meist eine Schwächezone. Dies belegt, dass Luvocom 3F-Werkstoffe über alle Beanspruchungsachsen als hochfeste Materialien angesehen werden können. Es werden hiermit auch im 3D-Druck Festigkeitswerte erreicht, die unmittelbar mit Spritzgussteilen vergleichbar sind. Die in dieser Voruntersuchung ermittelten Messwerte, ermittelt an gedruckten Teilen, lagen uneingeschränkt in Größenordnungen, die für Spritzgussteile üblich sind.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass reproduzierbare und absicherungsfähige Verschraubungen mit der Ejot Evo PT in 3D-gedruckten Teilen sicher umsetzbar sind. Kennzeichnend ist, wie bei allen Kunststoff-Direktverschraubungen, stets die passende Dimensionierung des

Schraubdoms und insbesondere des Vorlochdurchmessers. Weitergehende Parameter, wie z.B. die Schraubenoberfläche oder die Schrauberddrehzahl, wirken sich auf das Gesamtergebnis aus, wurden hier jedoch nicht variiert, um den Prüfaufwand in Grenzen zu halten.

Der Ansatz, eine Vordimensionierung von Schraubverbindungen in gedruckten Teilen mit dem Prognoseprogramm Ejot Evo Calc berechenbar zu machen, wird derzeit diskutiert und ist für die Zukunft geplant. ■

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. Eric Folz** ist Market Development Manager im Geschäftsbereich Customized Polymer Materials bei der Lehmann&Voss&Co. KG.

**Volker Dieckmann** ist Produktmanager für Kunststoffverschraubung bei der Ejot GmbH & Co. KG.

## Service

### Digitalversion

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

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

Taktiler Messen ist effizient und bietet höchste Genauigkeit – für Prototypen, Erstbemusterungen, Serienmessungen, Wareneingangsprüfungen und vieles mehr.

SIMULATION

ENGINEERING

INDUSTRIELLE MESSTECHNIK

[www.units.at](http://www.units.at)

**units**<sup>®</sup>  
DIE EINHEIT FÜR ERFOLG