

Kunststoff-Direktverschraubung von Bauteilen aus dem 3D-Druck

Schraubverbindungen in hochbelastbaren LUVOCOM® 3F-Werkstoffen mit der EJOT EVO PT® Schraube.

Neben Klipsen, Schweißen und Kleben, ist das Einbringen technischer Verschraubungen in der Baugruppenmontage, eines der wichtigsten Fügeverfahren für verschiedenste Industriezweige. Ob gedruckte Kunststoff-Kleinserienteile oder Prototypen für die Baugruppenerprobung und Absicherung, es sollte in jedem Fall eine zuverlässige Schraubverbindung in 3D-gedruckten Formteilen, vergleichbar zu spritzgegossenen Artikeln, vorausgesetzt werden.

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.

Der Compoundhersteller Lehmann&Voss&Co. geht davon aus, dass alle auf Spritzgießmaterialien angewandte Fügeverfahren, auch auf seine 3D-Druckwerkstoffe für FFF (Fused Filament Fabrication) anwendbar sind. Diese Werkstoffe, mit dem Handelsnamen LUVOCOM® 3F, sind speziell auf die FFF-Technologie optimiert. Damit lassen sich Bauteile über den 3D-Druck herstellen, die den Vergleich der mechanischen Eigenschaften, zu in klassischen Verfahren hergestellten Bauteilen, nicht scheuen müssen.

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

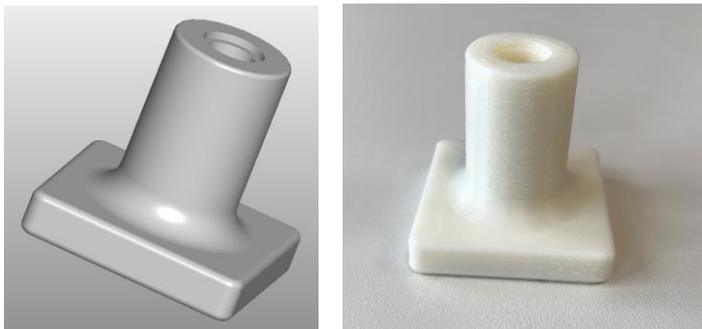


Abb. 1: Dom als Druckvorlage: links: CAD-3D-Abbildung; rechts: gedruckter Dom

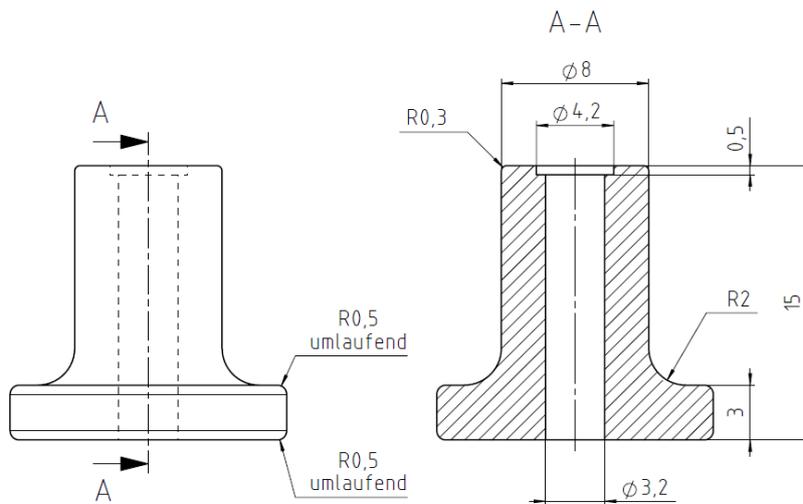


Abb. 2: Zeichnung Schraubdom

Für die Schraubversuche 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.



Abb. 3: EJOT EVO PT[®] Schraube

Für eine vergleichende Schraubuntersuchung wurden in dem vorhandenen EJOT Schraubdomwerkzeug Standarddome aus Vergleichswerkstoffen gespritzt. Analoge LUVOCOM[®] 3F-Materialien wurden im 3D-Drucklabor bei Lehmann&Voss&Co. gedruckt.



Abb. 4: links: Schraubdom gespritzt; rechts: Schraubdom gedruckt



Abb. 5: Technikum 3D-Druck (Bereich FFF), Lehmann&Voss&Co.

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

Material	Lehmann&Voss&Co. Materialbezeichnung	Materialbeschreibung, mögliches Verarbeitungsverfahren
PP	LUVOCOM® 3F PP 9929 NT	PP unverstärkt Spritzguss, Direkt- und Filamentdruck
PP	LUVOCOM® 3F PP CF 9928 BK	PP-CF Direkt- und Filamentdruck
PA66	LUVOCOM® 1/CF/15/HS	PA66-CF15 Spritzguss
PA-HT	LUVOCOM 3F PAHT® CF 9742 BK	Analog zu PA66-CF15 Direkt- und Filamentdruck

Tab. 1: Verwendete Werkstoffe innerhalb der Versuchsreihe

Polypropylen (PP) unverstärkt

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 LUVOCOM® 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.

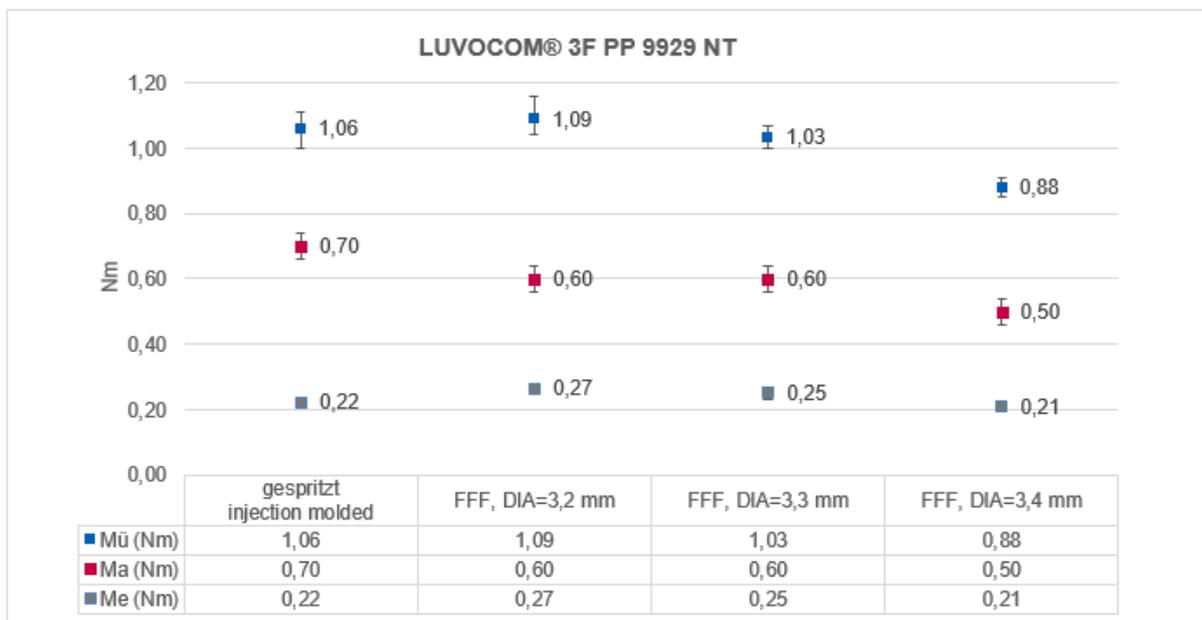


Abb. 6: Schraubkennwerte PP

Polypropylen mit Kohlenstofffaserverstärkung (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 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.

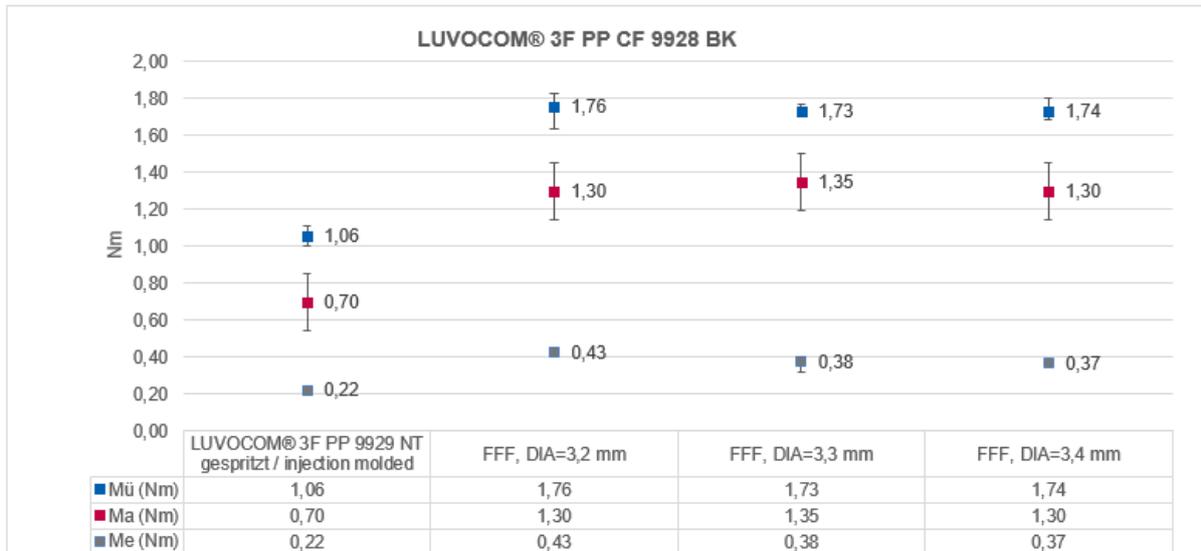


Abb. 7: Schraubkennwerte PP/CF

Polyamid mit Kohlenstofffaserverstärkung (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 Anziehmomente 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 PA^{HT}® 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 Spitzgießmaterial auf höherem Niveau. Dies zeigt sich beim gedruckten Dom in den etwas geringeren Schraubwerten. Dabei wurden dennoch reproduzierbar gute Drehmomentwerte 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 PA^{HT}® CF 9742 BK ermöglicht eine prozesssichere Direktverschraubung mit der EJOT EVO PT®.

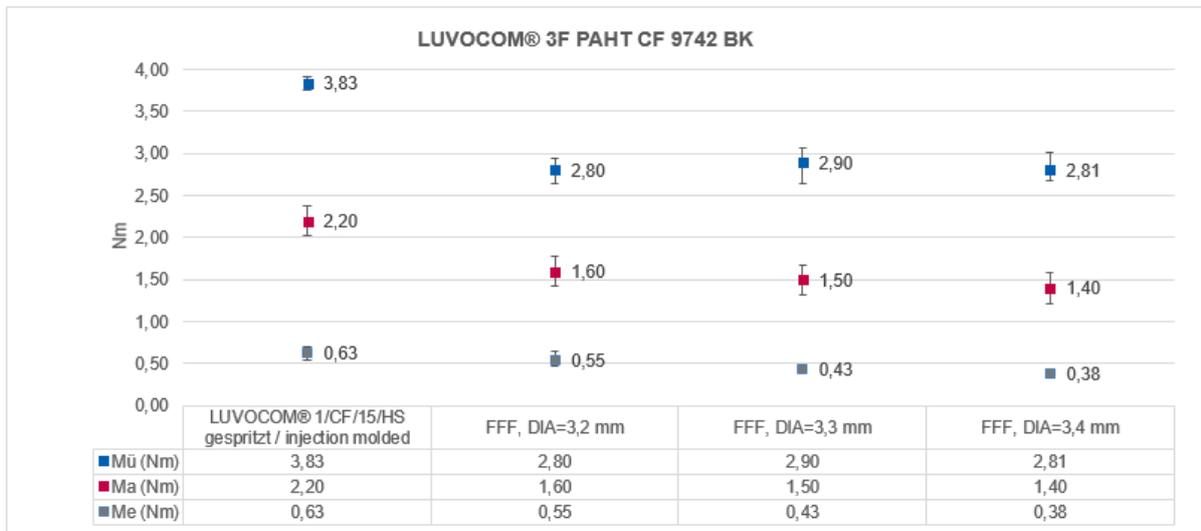


Abb. 8: Schraubkennwerte PA/CF

Fazit und Ausblick:

Mit der hier beschriebenen durchgängigen Versuchsreihe konnte nachgewiesen werden, dass eine prozesssichere 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 Bindenaht beim Spritzgießen vergleichbar ist. Bei gedruckten Teilen ist dies meist eine Schwächezone. Dies zeigt einmal mehr, 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. Jeweils einhergehend mit geringen Standardabweichungen bei den gemessenen Einschraubparametern. Weitere Versuche mit LUVOCOM® 3F-Werkstoffen auf Basis von PA^{HT} CF, PPS, PEEK und PEI sind geplant.

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 optimale Dimensionierung des Schraubdoms und insbesondere des Vorlochdurchmessers. Weitergehende Parameter, wie zum Beispiel die Schraubenoberfläche oder die Schraubendrehzahl, wirken sich auf das Gesamtergebnis aus, wurden hier jedoch nicht variiert, um den Prüfaufwand in Grenzen zu halten. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, ist eine enge Zusammenarbeit mit Kunststoff- und Schraubenhersteller in jedem Falle zu empfehlen.

Der Ansatz, eine Vordimensionierung von Schraubverbindungen in gedruckten Teilen mit dem Prognoseprogramm EJOT EVO CALC® berechenbar zu machen, wird diskutiert und ist für die Zukunft geplant.

Autoren:

Dipl.Ing. Eric Folz, Market Development Manager im Geschäftsbereich Customized Polymer Materials bei Lehmann&Voss&Co.

Nach vielen Jahren in der Bauteil und Baugruppenentwicklung, Anwendungsentwicklung in der Kunststoffindustrie und Aufbau einer neuen Produktlinie bei einem global agierenden Kunststoffrohstoffhersteller, heute im Bereich Business Development als Market Development Manager bei Lehman&Voss&Co. in Hamburg und dort verantwortlich für die Erschließung neuer Märkte und Anwendungen.

Volker Dieckmann, Produktmanager für Kunststoffverschraubung bei der Firma EJOT GmbH & Co. KG in Bad Berleburg.

Zunächst im Anwendungstechnischen Labor der Firma EJOT Verbindungstechnik zuständig für die Entwicklung der Prüfeinrichtungen sowie für die Versuche mit Kundenbauteilen und Grundsatzuntersuchungen für diverse Rohstoffhersteller. Die Entwicklung von Schrauben für Thermo- und Duroplaste wurde zum Aufgabengebiet, woraus dann das Produktmanagement für Kunststoff Direktverschraubung mit weltweiter Zuständigkeit resultierte.

Firmenprofile:

Die LEHVOSS Gruppe unter der Führung von Lehmann&Voss&Co. ist eine Unternehmensgruppe der Chemie, welche chemische und mineralische Spezialitäten für diverse Abnehmerindustrien entwickelt, produziert und vermarktet. Lehmann&Voss&Co., Hamburg, wurde 1894 als Handelshaus gegründet. In seiner rund 125-jährigen Erfolgsgeschichte hat sich das inhabergeführte Unternehmen zu einer leistungsstarken globalen Organisation entwickelt - mit langjährigen Verbindungen zu namhaften Lieferanten und mit eigenen Produktionsstandorten in Europa, den USA und Asien. Weitere Informationen unter www.lehvoss.de [lehvoss.de]

Mit den Produktlinien LUVOSINT® und LUVOCOM® 3F bietet die LEHVOSS Group innovative und maßgeschneiderte Kunststoffe für den 3D-Druck. Diese sind auf die gängigsten Fertigungsverfahren, wie Powder Bed Fusion, Fused Filament Fabrication (FFF) und Fused Granulate Fabrication (FGF), abgestimmt. Die Materialien zeichnen sich durch eine gute Verarbeitbarkeit und exzellente Materialeigenschaften aus.

<https://www.luvocom.de/de/produkte/3d-druck-materialien/> [luvocom.de]

EJOT ist eine mittelständische Unternehmensgruppe und ein Spezialist der Verbindungs- und Umformtechnik. Die Kundenstruktur setzt sich in erster Linie aus der Automobil- und Zulieferindustrie, der Telekommunikations- und Unterhaltungselektronik sowie dem Baugewerbe zusammen.

EJOT bietet in der Industrial Division ein breites Spektrum innovativer Verbindungselemente, insbesondere gewindefurchende Schrauben für Metalle und Kunststoffe, multifunktionale Kaltformteile, individuelle Metall-Kunststoff-Baugruppen, technische Kunststoffteile sowie verbindungstechnische Komplettlösungen an. Wir erarbeiten in partnerschaftlicher Entwicklung mit den Kunden individuelle Lösungen für deren fügetechnischen Anwendungen. Ziel ist es dabei, durch die Verwendung „intelligenter“ Produkte, eine herausragende Qualität der Verbindung sicherzustellen.

EJOT – das sind mehr als 90 Jahre Firmengeschichte und über 3.500 Mitarbeiter in 31 Landesgesellschaften, die weltweit die schnelle Verfügbarkeit der Produkte und einen persönlichen Kontakt zu den Kunden sicherstellen.

www.ejot.de

Any recommendations made for use of Seller's materials are made to the best of Seller's knowledge and are based upon prior tests and experience of the Seller believed to be reliable; however, Seller does not guarantee the results to be obtained and all such recommendations are non-binding – also with regard to the protection of third party's rights –, do not constitute any representation and do not affect in any way Buyer's obligation to examine and/or test the Seller's goods with regard to their suitability for Buyer's purposes. No information given by the Seller is to be construed in any way as a guarantee regarding characteristics or duration of use, unless such information has been explicitly given as a guarantee. This email and any attached files are confidential and intended for the use of the individual to whom they are addressed.