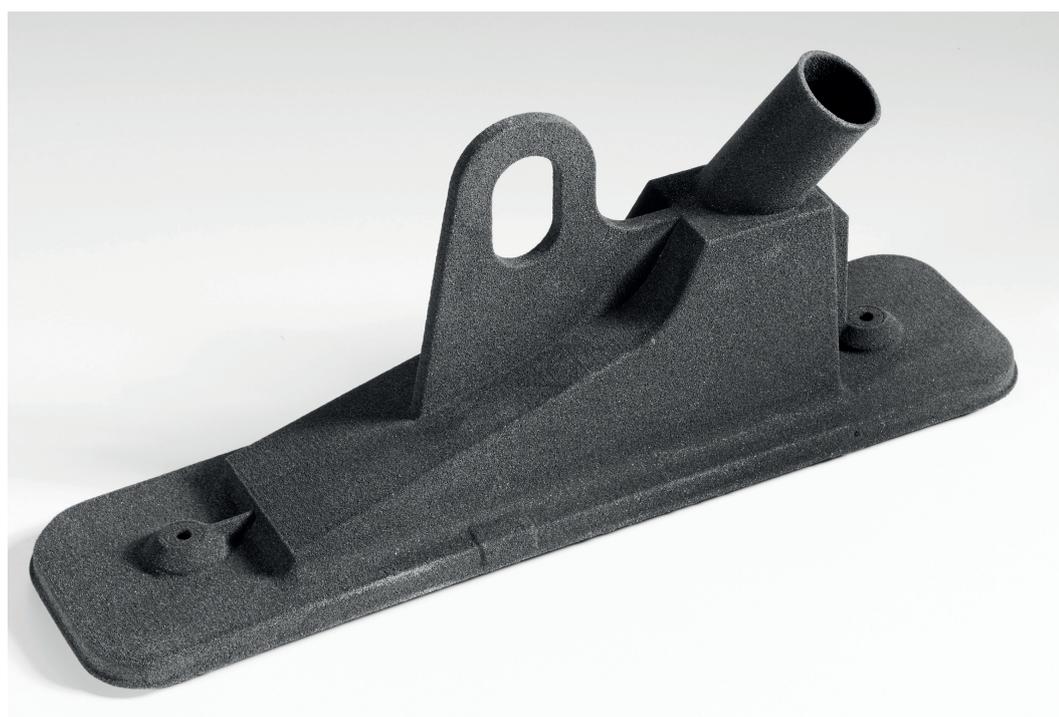


# Vom Spritzgießen in den 3D-Druck

## Lasersintern mit PA 66 und PBT

Die Umsetzung von Serienanwendungen im Lasersintern wird gegenwärtig noch durch eine unzureichende Materialvielfalt gehemmt. Viele wichtige Konstruktionswerkstoffe aus der traditionellen Kunststoffverarbeitung waren für das Verfahren bisher nur eingeschränkt verfügbar. PA 66 und PBT erweitern das Einsatzgebiet des Lasersinterns erheblich und zeigen in vielen Fällen bessere Eigenschaften als klassische PA-11- und PA-12-Materialien.



Als temperaturbeständiger und flammwidriger Werkstoff mit hohen mechanischen Kennwerten eröffnet PA 66 neue Applikationsmöglichkeiten für das Lasersintern, wie beispielsweise die Anwendung als Sensorhalterung © Airbus

Die additive Fertigung mit Kunststoffen und insbesondere das Lasersintern hat sich in den letzten Jahren zu einem Serienfertigungsverfahren weiterentwickelt. Die millionenfache Herstellung von Mascara-Bürsten [1] und die zehntausendfache Herstellung von Brillengestellen [2] sind Beispiele dafür und zeigen, dass selbst große Stückzahlen wirtschaftlich und in hoher Qualität gefertigt werden können. Großer Vorteil des Lasersinterns ist dabei, dass Standardthermoplaste zu Bauteilen mit hoher Güte und mit spritzgießnahen Eigenschaften verarbeitet werden können. Obwohl sich das Verfahren etabliert hat, ist die

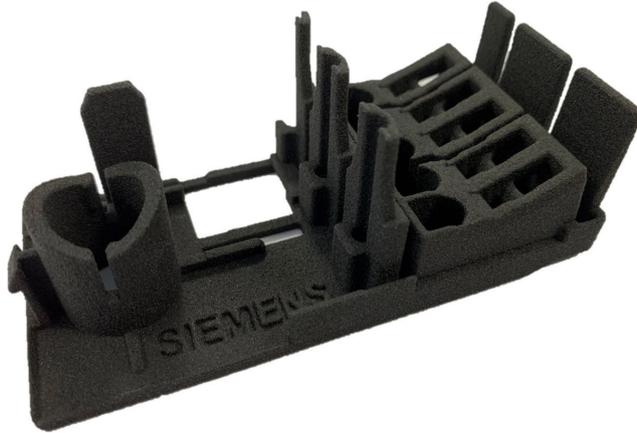
Materialauswahl immer noch klein. Zwar werden in der Zwischenzeit verschiedene insbesondere teilkristalline Materialien angeboten, diese sind jedoch meist noch immer Nischenprodukte.

Der Markt wird gegenwärtig noch durch Polyamid 11 (PA 11) und PA 12 dominiert. Mit diesen Polymeren hat das Verfahren eine gute technische Reife erlangt. Beide sind jedoch in der traditionellen Kunststoffverarbeitung keine dominierenden Materialien. Kunststoffe wie Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC) und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) haben deutlich größere Marktanteile. Selbst bei den Polyamiden

dominieren PA 6 und PA 66 gegenüber PA 11 und PA 12, womit diese in klassischen Anwendungen Nischenmaterialien darstellen.

Deshalb bleibt bei vielen klassischen Anwendungsgebieten der Schritt in die additive Fertigung mangels geeigneter Materialien verschlossen, obwohl z.B. in den Bereichen Automobilbau, Luftfahrt, Elektronik und Elektro und Maschinenbau viele interessante Anwendungsfelder vorhanden wären. Viele Unternehmen scheuen jedoch den Wechsel von Herstellungsverfahren und Material in einem Schritt. Der Aufwand für die Einführung der additiven Fertigung wird vielfach »

**Bild 1.** Im Lasersintern gefertigter Funktionsdemonstrator eines Elektronikbauteils aus PA 66: Der Werkstoff bietet sich in vielen Gebieten als Alternative zu PA 11 und PA 12 an © Siemens



als zu hoch eingeschätzt, als dass eine zweite Variable in Form eines bislang nicht verwendeten Materials in Frage kommt. Somit bleiben viele potenzielle Serienapplikationen verschlossen, obwohl Stückzahlen und Anwendungsbereich prinzipiell geeignet wären.

### Alternativen zu PA 11 und PA 12 gesucht

In der Industrie hat deshalb in den letzten Jahren ein Umdenken stattgefunden. Entwicklungen unter Nutzung der additiven Fertigung werden geplant und angestoßen, die eine klare Abkehr vom breit verfügbaren PA 11 und PA 12 fordern. Fokus dieses Trends ist die additive Fertigung mit dem Werkstoff, der bisher bereits für die Anwendung verwendet wird. Die Forderungen nach zusätzlichen Materialien für additive Verfahren werden deshalb lauter.

Die Entwicklung von Materialien für das Lasersintern oder das pulverbettbasierte Schmelzen ist jedoch meist recht aufwendig. Die Anforderungen an die Werkstoffe und die hergestellten Bauteile ergeben sich aus den Referenzmaterialien

für das Spritzgießen. Beide Prozesse unterscheiden sich jedoch grundsätzlich hinsichtlich der erforderlichen Materialeigenschaften. Oft sind die Anforderungen sogar konträr zueinander (vertieft dazu [3,4]). Während beim Spritzgießen eine schnelle Erstarrung und kurze Kristallisationszeiten gewünscht sind, erschweren diese die Verarbeitung im Lasersintern. Hinzu kommt noch das Erfordernis eines breiten Verarbeitungsfensters zwischen Schmelzen und Kristallisieren, welches nur wenige teilkristalline Materialien standardmäßig aufweisen.

Weitere Erschwernisse ergeben sich aus dem Fehlen des Prozessdrucks zur Unterstützung der Formgebung sowie der Schwierigkeit gut fließfähige Pulver mit geeigneter Partikelgrößenverteilung herzustellen. Die Kombination dieser Anforderungen hat in der Vergangenheit und auch gegenwärtig noch zu vielen Materialien mit schlechten Verarbeitungs- oder Bauteileigenschaften geführt. Durch schlechte Erfahrungen mit diesen stoßen alternative Pulvermaterialien zu PA 11 und PA 12 oft auf Ablehnung bei den Verarbeitern, wodurch die notwendige Verbreitung gehemmt wird.

**Bild 2.** Im Lasersintern gefertigte Bauteile aus PBT verfügen bereits nach dem Druck über sehr glatte Oberflächen (links). Durch Vapor Smoothing lässt sich die Oberflächengüte noch weiter verbessern (rechts)



© AM Technologies

Das Unternehmen AM Polymers hat sich insbesondere dieser Problematik angenommen und entwickelt aus dem Spritzgießen bekannte Standardthermoplaste und technische Kunststoffe für das Lasersintern mit dem Fokus auf Plug-and-Play-Lösungen. Dadurch entstanden in den letzten Jahren verschiedene Pulvermaterialien auf Basis von thermoplastischem Polyurethan (TPU), PE, PP, PBT und PA 6, die unter der Marke Rolaserit vertrieben werden. Sie zeichnen sich durch mit dem Spritzgießen vergleichbare Bauteileigenschaften und ein gutes Verarbeitungsverhalten mit guten Bruchdehnungen und einer hohen Chargenreproduzierbarkeit aus. Besonderen Fokus legt das Unternehmen auf kurze Einfahrzeiten von wenigen Tagen durch Unterstützung mit umfangreichem Verarbeitungs-Know-how, damit die Kunden schnell in die Teileproduktion gehen können.

### PA 66 für das Lasersintern

Mit Rolaserit PA66-01 kündigt AM Polymers nun erstmals ein PA-66-Pulvermaterial für den Lasersinterprozess an. PA 66 zeichnet sich gegenüber anderen Polymeren insbesondere durch eine hohe Wärmeform- und Alterungsbeständigkeit aus. Gleichzeitig weist das Material eine hohe Härte und Steifigkeit sowie eine gute Abriebfestigkeit auf. Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich das Material insbesondere für mechanisch und thermisch beanspruchte Formteile in der Elektrotechnik sowie im Maschinen-, Fahrzeug- und Gerätebau. Typische Bauteile aus PA 66 können Spulenkörper, Gleitlager, Zahnräder und Kupplungsteile, aber auch Verkleidungen und Gehäuseteile sein [5,6].

Das Material wurde im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) über den Projektträger Jülich geförderten Verbundvorhabens Flatisa entwickelt. Das geschah im Rahmen der Ausschreibung Promat\_3D (Förderkennzeichen 03XP0099F) in Kooperation mit Airbus und Siemens. Bei letztgenannten Unternehmen wurde es bereits erfolgreich zur Herstellung von Demonstratoren für die Luftfahrt- und Elektronikindustrie getestet (**Titelbild und Bild 1**).

Das Material weist für PA 66 typische Bauteileigenschaften mit einem Elastizitätsmodul von 3100 MPa, einer Festigkeit von 75 MPa sowie Bruchdehnungen von

bis zu 15 % im trockenen Zustand auf. Zusätzlich erfüllt das Material die Brand-schutzordnung gemäß UL94 V2. In einem ersten Kommerzialisierungsschritt wird der Werkstoff dem Anwendermarkt als Bauteilfertigung auf Anlagen von AM Polymers verfügbar gemacht. Das Material zeigt auf einer Lasersinteranlage (Typ: ST252P, Hersteller: Farsoon Europe) eine sehr gute Verarbeitbarkeit und ermöglicht aufgrund der guten Duktilität ebenfalls feine Details. Aufgrund der hohen Schmelztemperatur sind für die Verarbeitung geeignete Anlagen mit ausreichend hohen Verarbeitungstemperaturen erforderlich. Solche Anlagen sind bisher allerdings noch nicht sehr verbreitet. Das Angebot an entsprechend geeigneten Anlagen bei verschiedenen Anlagenherstellern wächst jedoch stetig. Zukünftig ist deshalb davon auszugehen, dass PA 66 wie bereits andere Werkstoffe für das Lasersintern breit am Markt verfügbar sein wird.

### Auf verschiedenen Standardanlagen verarbeitbares PBT

Als weitere Neuentwicklung entstanden in Zusammenarbeit zwischen AM Polymers und Mitsubishi Chemical verschiedene PBT-Typen für den Einsatz im Lasersintern. PBT zeichnet sich als Polymer insbesondere durch gute Gleit- und Verschleißeigenschaften, gute elektrische, von der Feuchteaufnahme unabhängige Isolationseigenschaften sowie eine hohe Maßhaltigkeit aus. Typische Anwendungen sind beispielsweise Gleitlager, Ventilformteile, Laufrollen, Pumpengehäuse, Laufräder, Kupplungen und insbesondere Applikationen in der Elektroindustrie wie Spulenkörper, Klemmen- und Steckerleisten [5,6].

Die typische Schmelztemperatur von PBT liegt bei 223 °C und erfordert somit beim Lasersintern im Normalfall Pulverbetttemperaturen über 200 °C. Das unter dem Produktnamen Rolaserit PBT01 vertriebene Material kann hingegen auf allen gängigen Typen an Lasersinteranlagen verarbeitet werden. Beispielsweise wurde das Material bereits erfolgreich auf Anlagen des Typs ST252P von Farsoon Europe, Vanguard HS von 3D-Systems und EOS P360 von EOS verarbeitet. Einer breiten Anwendung stehen somit keine Einschränkungen hinsichtlich der Anlagentechnik entgegen.

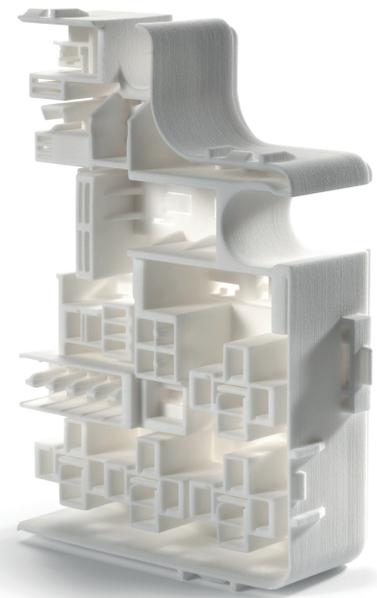
Gegenüber PA 12 zeichnet sich das Material insbesondere durch eine höhere Steifigkeit von 2650 MPa bei einer Festigkeit von 48 MPa aus, sowie durch eine geringere Feuchteaufnahme und damit feuchteunabhängige Materialeigenschaften. Beim Lasersintern werden damit Bruchdehnungen von bis zu 15 % erreicht, was etwa dem Niveau von PA 12 entspricht. Dabei verfügt das Material schon ohne Nachbehandlung über eine hochwertige sehr glatte Oberfläche. Durch chemisches Post-Processing durch Vapor Smoothing kann diese noch weiter verbessert werden (Bild 2). Das Material besitzt außerdem sehr gute elektrische Isolationseigenschaften. Der Oberflächenwiderstand liegt bei  $5 \cdot 10^{16} \Omega\text{m}$  und der Volumenwiderstand bei  $3 \cdot 10^{15} \Omega$  und somit eine Potenz höher als bei klassischen Spritzgießmaterialien aus PBT. Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich das Material sehr gut für elektrische und elektronische Komponenten, wie die Anwendung für einen Spezialsteckverbinder verdeutlicht (Bild 3). Wegen der hohen Bauteilduktilität konnten dabei auch feine Details und Schnappverbinder in geeigneter Qualität gefertigt werden. Das bestätigten Anwendungs- und Funktionstests.

### Gefüllte PBT-Varianten

Auf Basis dieser Grundtype wurden weitere gefüllte Varianten entwickelt, die das Anwendungsspektrum von PBT für das Lasersintern nochmals deutlich erweitern. In einem ersten Schritt wurden glasfaser- und kohlefasergefüllte Typen betrachtet. Dabei konnten erstmals fasergefüllte Materialien auf PBT-Basis für das Lasersintern entwickelt werden. Durch die Füllung mit Fasern verbessern sich die Materialeigenschaften noch einmal deutlich. Die Steifigkeit konnte auf 5500-6000 MPa und die Festigkeit auf bis zu 60 MPa gesteigert und die Temperaturbeständigkeit auf 180 °C erhöht werden. Durch geeignete Aufbereitung der Materialien konnte trotz dem Einsatz von Fasern eine Verschlechterung des Verarbeitungsverhaltens verhindert werden. Somit ist trotz Füllung eine guter Materialauftrag gegeben.

### Fazit und Ausblick

Die additive Fertigung und insbesondere Pulverbettverfahren wie das Lasersintern



**Bild 3.** Lasergesinterter Spezialsteckverbinder mit Clipsen und dünnen Verbinder-elementen aus PBT: Aufgrund ihrer elektrischen Isolationseigenschaften eignet sich die verwendete PBT-Type sehr gut für solche Bauteile

© AM Polymers

gewinnen immer mehr Bedeutung als Serienfertigungsverfahren. Der Einsatz in der Serie erfordert jedoch in vielen Fällen die passenden Materialien, welche in den jeweiligen Applikationen gegenwärtig schon im Spritzgießen verwendet werden. Diese sind allerdings oftmals nur eingeschränkt für die additive Fertigung verfügbar. AM Polymers setzt an diesem Punkt an und macht klassische Spritzgießmaterialien mit anwendungsgerechten Eigenschaften für das Lasersintern verfügbar. Dadurch soll in Zukunft eine zum Spritzgießen vergleichbare Materialpalette für das Lasersintern geschaffen werden. ■

## Der Autor

**Dr. Andreas Wegner** ist Mitgründer und Geschäftsführer der AM Polymers GmbH; [a.wegner@am-polymers.de](mailto:a.wegner@am-polymers.de)

## Service

### Literatur & Digitalversion

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