

3D-Druck mit kostengünstigem Granulat

Ein neuartiger Druckkopf bringt frischen Wind in die FDM-Zunft

Bahnt sich hier ein Durchbruch im 3D-Druck an? Der Prototyp eines neu entwickelten 3D-Druckers verarbeitet handelsübliche Granulate, auch solche von Hochleistungskunststoffen wie PEEK, PPS, PSU, PA und PC, jeweils mit oder ohne Fasern. Die Maschine arbeitet im klassischen Strangablegeverfahren, nutzt dazu jedoch einen einfach konstruierten Druckkopf mit radialer Schnecke.

Für die Herstellung 3D-gedruckter Kunststoffteile im FFF- oder FDM-Verfahren (Fused Filament Fabrication bzw. Fused Deposition Modeling) werden heute üblicherweise drahtförmige Filamente verwendet. Dabei stellt sich eine Frage: Wenn man in der Lage ist, für die Filamentherstellung einen exakt kalibrierten Kunststoffdraht durch eine Düse zu ziehen, warum verwendet man den aus der Düse austretenden Kunststoff nicht

gleich zum Drucken? Man darf also annehmen, dass die 3D-Druckerbranche daran arbeitet, den Umweg über Filamente zu vermeiden.

Nachteile der Filamentdrucker

Dass das Drucken mit Filamenten in Zukunft nur eine Übergangslösung gewesen sein könnte, ist wünschenswert, wenn man sich die Nachteile dieses Ver-

fahrens vor Augen führt. Da ist zuerst die beschränkte Werkstoffauswahl. Aus den gängigsten Materialien ABS und PLA gedruckte Teile dienen oft nur als Anschauungsmuster und sind für technische Anwendungen in Kleinserien ungeeignet. Grund dafür sind die Werkstoffeigenschaften. Um funktionelle Teile z. B. für die Luftfahrt- und Autoindustrie herstellen zu können, sind technische Kunststoffe mit der entsprechenden Tempera-

Das Testdruckteil aus PC mit 13% Kohlenstofffasern (CF) ist 21 mm hoch, je 133 mm lang und breit, wiegt 95 g und wurde in 40 min Bauzeit hergestellt. Die beiden Ausgangsmaterialien, reines PC (transparent) und ein PC mit 30% CF (schwarz), werden als einfache Mischung in den Schmelztiegel des Druckers gegeben und darin durch die Drehbewegung einer Spirale verrührt (© Starfort)





Bild 1. Der Prototyp des handelsübliches Granulat verarbeitenden 3D-Druckers. Schutzgas verhindert die Oxidation der Kunststoffschmelze (© Starfort)

turbeständigkeit, Festigkeit, Kerbschlagzähigkeit oder auch Rückstellvermögen erforderlich.

Dazu kommt: Je öfter ein Kunststoff aufgeschmolzen wird, umso mehr verliert er an Qualität, und die Herstellung der Drähte für die FFF-3D-Drucker bedeutet einen zusätzlichen Schmelzvorgang vor der Verarbeitung, der zudem Energie kostet. Dass im Handel nur Drähte bis max. 3 mm Durchmesser erhältlich sind (was eine kürzere Druckdauer verhindert), hat seine Gründe: Für die 3D-Drucker ist Feuchtigkeitsausschluss im Kunststoff sehr wichtig, sonst würden sich im Extruder Dampfblasen bilden. Da trockener Kunststoff sehr spröde ist, ist die Drahtdicke begrenzt. Außerdem würden dickere Drähte eine längere Schmelzdauer erfordern, damit die Aufheiztemperatur bis in die Mitte des Filaments vordringen kann.

Dünne Drähte erlauben nur dünne Düsen, und das bedeutet wiederum eine geringe Druckgeschwindigkeit. Einen anderen Weg weist hier ein neuer 3D-Drucker der italienischen Firma Starfort des Stubenruss Moritz. Das kleine Unternehmen mit Sitz in Brixen (Südtirol) hat einen Prototyp (**Bild 1**) entwickelt, der ein breites Spektrum handelsüblicher Kunststoffgranulate ohne weitere Qualifizierung des Materials verarbeiten kann. Während Düsen von 1 mm Durchmesser für FFF-Drucker schon groß sind, erlaubt die neue Technik Düsen auch mit mehr als 5 mm Durchmesser. Flächenmäßig ist eine 5-mm-Düse 25-mal so groß wie eine FFF-Standarddüse – entsprechend höher ist auch die Druckgeschwindigkeit.

Das maximale Druckvolumen orientiert sich am Verfahrensweg der drei Achsen, der im Prototyp 50 x 50 x 50 cm be-

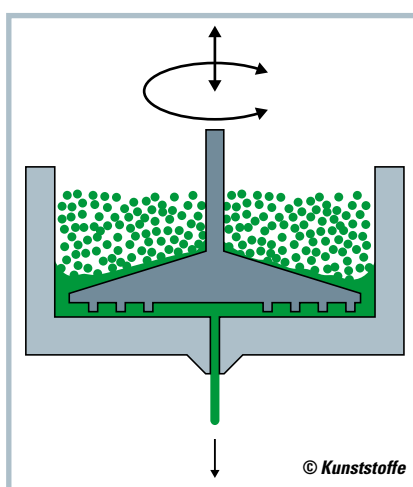


Bild 2. Die auf einer Scheibe aufgetragene Spirale treibt den Kunststoff von außen nach innen Richtung Düsenausgang. Eine von oben auf die Scheibe wirkende Kraft reguliert den Druck zwischen Scheibe und Gegenfläche, in der sich die Austrittsöffnung befindet, und somit die Extrusion des Kunststoffs (Quelle: Starfort)

trägt. Bei Bedarf lassen sich die Achsen ohne Weiteres verlängern. Der Schmelztiegel wird mit Schutzgas aus einer Druckflasche gespült, um die Kunststoffschmelze vor Feuchtigkeit und Oxidation zu schützen.

Der Druckkopf ist der Clou

Der Aufbau des Prototyps ist vergleichsweise einfach. Am unteren Ende eines Vorratsbehälters sorgt eine Schleuse für die gleichmäßige Zufuhr des Granulats in den Schmelztiegel. Der Druckkopf ist ausgelegt für Temperaturen bis 410°C, wobei die Schmelzkammer Ähnlichkeit mit einem kleinen Küchentopf hat. Darauf sitzt eine durch Federkraft gegen den Topfboden drückende und rotierende radia- »

Bild 3. Links: Flügelrippe aus PC mit 13 % CF, 30 mm hoch, 507 mm lang, 78 mm breit, 2 h 30 min Bauzeit. Rechts: Filterrohr aus PC mit 13 % CF, 200 mm hoch, je 230 mm lang und breit, 570 g, 3 h 20 min Bauzeit

(© Starfort)



le Schnecke, im Grunde eine Scheibe mit einem auf der unteren Seite eingearbeiteten schneckenförmigen Kanal, ähnlich dem „@“-Zeichen (**Bild 2**). Durch die Rotation befördert dieser Kanal das Schmelzgut in die Mitte zur Düsenöffnung.

Der Durchmesser der Scheibe darf dabei sogar kleiner sein als der Innendurchmesser des Topfes. Zwischen dem weiten Spiel der Scheibe zum Schmelzraum rückt der geschmolzene Kunststoff nach. Das Schmelzgut wird durch die Drehung der Scheibe ständig gerührt, es bleiben keine Rückstände in toten Winkeln. Beginnt sich die Scheibe zu drehen, entsteht darunter ein Druck und hebt sie an. Wenn sich die Scheibe hebt, fällt der Druck wieder ab – so pendelt sich ein exaktes und gewolltes Gleichgewicht ein, auch wenn die Schnecke sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit dreht.

Mit diesem zum Patent angemeldeten einfachen und effizienten Regelungsprinzip kann die Schnecke in Eigenregulierung je nach gewünschtem Ausstoß und je nach Viskosität des Kunststoffes in fixer Drehbewegung verbleiben. Dies gilt auch für die Vorspannung der Druckfeder, die die Schneckenscheibe gegen den Boden presst. Für die Vorspannung sorgt ein Schrittmotor. Ist der Druckkopf am Ende der gelegten Spur angekommen, dreht sich die Scheibe in entgegengesetzter Richtung und saugt das überflüssige Schmelzgut ein.

Damit das Ansaugen noch verstärkt wird, wird die Feder zusätzlich zum Wechsel der Drehrichtung der Schneckenscheibe entspannt. Im Vergleich zu den meisten Filamentdruckern vollzieht sich das Abheben von den Lagen sauberer, ohne Nachziehen von Kunststoffäden. Ein Nacharbeiten der ausgedruckten Teile von Hand ist somit nicht nötig.

Axial ist der falsche Ansatz

Für bisherige Prototypen von Granulat-3D-Druckern wurde das axiale Schneckenprinzip von Spritzgießmaschinen übernommen, dies hat einen Haken: Dort fungiert die Schnecke auch als Kolben und drückt den flüssigen Kunststoff zyklisch in definierter Menge unter hohem Druck in das Werkzeug, wobei es zu temperaturbedingten Schwankungen im Fließverhalten der Schmelze kommt. Unter den Bedingungen des Spritzgießens sind diese Unregelmäßigkeiten nicht relevant bzw. werden ausgeregelt. 3D-Drucker benötigen aber einen kontinuierlichen, exakt dosierten Ausstoß aus einer Düse bei niedrigem Druck. Jede Veränderung im Verhalten des Kunststoffes in der axialen Spirale macht sich somit am Druckergebnis bemerkbar.

Warum die Verschweißung so gut ist

Der neue 3D-Drucker arbeitet nach dem Strangablegeverfahren und verarbeitet Granulate auch von Hochleistungskunststoffen wie PEEK, PPS, PSU, PA und PC (**Bild 3**) jeweils mit oder ohne Fasern. Dabei ergibt sich im Vergleich zu FFF-Maschinen ein Zeitgewinn nicht nur durch die höhere Druckgeschwindigkeit, sondern auch dadurch, dass faserverstärkte Kunststoffe aufgrund der höheren Festigkeit geringere Wanddicken erlauben. Materialwechsel sind schnell erledigt, denn es werden nur die Schmelztöpfe gewechselt.

Bei dem üblichen FFF-Verfahren wird der Strang oder werden die Tropfen auf die untere Schicht gelegt. Der Starfort-Drucker presst hingegen den flüssigen Kunststoff auf den unteren Strang und regelt so auch die gewünschte Strangbreite. Je größer die Düse, umso mehr Ener-

Der Autor

Moritz Stubenruss ist Geschäftsführer von Starfort mit Sitz in Brixen/Italien; info@stubenruss.it

Partner gesucht

Der einfache selbstgebaute Prototyp lässt erahnen, dass dieses Granulatdrucksystem noch weiter ausbaufähig ist.

Moritz Stubenruss ist als Einzelunternehmer technisch an seine Grenzen gelangt. Deshalb strebt er eine Zusammenarbeit mit einem professionellen Partner an, der hilft, den Drucker als Produkt auf den Markt zu bringen. Wer dies sein wird, ist noch offen. Relevante Endkunden aus der Industrie sind bereits vorhanden.

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/4061550

English Version

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

gie ist im System – das fördert die Schweißqualität enorm. Die Strangbreite entspricht allerdings nicht immer dem Düsendurchmesser und kann je nach Viskosität des Schmelzguts etwas breiter sein. Die Strangbreite hängt auch von der Stranghöhe ab. Ist der Kunststoff mit Fasern gefüllt, dann verrinnt der aufgetragene Strang nicht in die Breite und erlaubt eine größere Schichthöhe und somit eine wesentlich höhere Druckgeschwindigkeit. Die Stärke des Systems liegt folglich im Ausdrucken größerer Teile mit verstärkten Kunststoffen.

Unschlagbar kostengünstig

Beispiele dafür (Bild 4) sind Teile von bis zu 250 mm Durchmesser und 1050 g Bauteilgewicht, wie Behälter mit Schraubgewinde, Hohlstäbe oder Förderschnecken, die z. B. gedruckt wurden aus:

- einem PC mit 50 % Graphitanteil (Handelsname: Laticonther 87/28 GR/50, Hersteller: Lati) als wärmeleitenden Kunststoff,
- einem PA mit 27 % Glasfasern,
- einem PEEK mit 10 % Kohlenstofffasern (Handelsname: Larpeek, Hersteller: Lati),
- einem PC mit 16 % Kohlenstofffasern,
- einem PSU (Handelsname: Lasulf, Hersteller: Lati).

Für das schlagzähe PC-CF13 (Titelbild) reduziert sich der Verzug beim Druckvorgang auf vernachlässigbare Werte. Während

PEEK aufgrund des hohen Preises nur in Sonderfällen zur Anwendung kommen dürfte, könnte PSU wegen seiner hervorragenden Druckeigenschaften und seines technischen Niveaus an Bedeutung gewinnen. Als Filament ist PSU, wie viele andere Materialien, entweder nicht erhältlich oder unbezahlbar.

Eine praktische Anwendung fand PSU direkt bei der Herstellung des Granulatsilos für den Drucker. Das 41 cm hohe und 14 x 8 cm breite Teil mit einem Gewicht von 0,8 kg wurde in einer Druckzeit von gut sechs Stunden nahezu geruchsneutral ohne Stützmaterial gedruckt; Überhänge bis 60° Steigungswinkel sind dabei möglich.

Fazit

Das Granulat-Drucksystem von Starfort verarbeitet eine große Auswahl an Kunststoffmaterialien im Strangablegeverfahren in bisher ungeahnter Geschwindigkeit zu Bauteilen, deren Oberflächenqualität der von mit herkömmlichen FDM-Druckern erzeugten Teilen in nichts nachsteht. Der Materialpreis ist wesentlich günstiger als bei Filamentdruckern, weil hier aus leicht erhältlichem Granulat direkt die endgültigen Bauteile entstehen. Da auch faserverstärkte Kunststoffe verarbeitet werden können, lassen sich prinzipiell auch große Objekte wie Fahrradrahmen, Autokarosserien oder Bootskörper formstabil drucken. ■



Bild 4. Musterteile aus dem Granulatdrucker, hergestellt aus (von den beiden transparenten Teilen im Uhrzeigersinn ausgehend) PSU, PC-CF15 (ebenfalls zwei Teile) sowie PC und PA6-GF27

(© Starfort)