

# Ultraschneller 3D-Druck

## Additive High-Speed-Fertigung von Kunststoffbauteilen aus Standardgranulat

Der 3D-Druck ist ein stark wachsender Markt, der für Kunden und Industrie völlig neue Produkt- und Fertigungsansätze eröffnet. Das neu entwickelte SEAM-Verfahren erweitert die Möglichkeiten zur effizienten Herstellung gedruckter Bauteile noch einmal deutlich. Einen Eindruck davon vermittelt das Beispiel einer faserverstärkten Spannschablone.

Das SEAM-Verfahren (Screw Extrusion Additiv Manufacturing) ist ein neuer Ansatz zur additiven Hochgeschwindigkeitsfertigung von Kunststoffbauteilen mit Druckgeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s. Entwickelt wurde es vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Chemnitz, in Zusammenarbeit mit der Metrom GmbH, Hartmannsdorf. Die Basis des 3D-Druckers bildet eine Kombination aus einer extrusionsbasierten Plastifiziereinheit, die (auch faserverstärkte) Kunststoffgranulate verarbeitet, und einer Parallelkinematik für schnelle, hochdynamische Bewegungen mit Beschleunigungen von bis zu  $10 \text{ m/s}^2$  und einer sehr hohen Positionsgenauigkeit.

### Hohe Prozessgeschwindigkeit, niedrige Materialkosten

Beim SEAM-Verfahren werden Austragsleistungen beispielsweise bei einer 1-mm-Düse von bis zu 8 kg/h generiert. Im Vergleich dazu benötigt ein filamentverarbeitender FLM-Prozess ca. 20 h für 1 kg gedruckte Bauteilmasse, was einem Masseaustrag von lediglich 0,1 bis 0,2 kg/h entspricht. Da Standard-Kunststoffgranulat anstatt eines teuren FLM-Filaments verarbeitet wird, ergibt sich im Vergleich zu den bekannten FLM/FDM-Verfahren (Fused Layer bzw. Fused Deposition Modeling) eine enorme Materialeinsparung, für PA 6-CF z. B. um den Faktor 200.

Getestet wurden bereits verschiedene Kunststoffe, wie thermoplastische Elastomere, Polypropylen und eben ein Polyamid 6 mit 40 % Kohlenstofffaseranteil (PA 6-CF). Das sind für die Industrie relevante Materialien mit hoher Steifigkeit und Festigkeit oder auch einer hohen Elastizität, die sich mit klassischen 3D-Druckern nicht verarbeiten lassen.

Aufgrund der kurzen Herstellungszeiten, eines geschlossenen Werkstoffkreislaufs und der Möglichkeit, die Bauteile in einer Aufspannung anschließend subtraktiv bearbeiten zu können (additiv-subtraktive Hybridfertigung), lassen sich die Bauteilkosten insbesondere für Kleinserien und den Prototypenbau um ein Vielfaches reduzieren, wobei die gleiche Oberflächenqualität wie beim Standard-FLM-Prozess erreicht wird.

### Variable Wanddicke

Klassische Spritzgussteile sind in der Regel prozess- und designbedingt als dünnwandige Strukturen ausgeführt. Der SEAM-Prozess erlaubt es, abhängig von der Tischgeschwindigkeit sowie Austragsleistung des Extruders, unterschiedliche Wanddicken in einer gedruckten Spur zu erzeugen. So können beispielsweise mit einer 1-mm-Düse und dem PA 6-CF als Material Strangbreiten zwischen 1,2 und 3,1 mm erzielt werden.

Im Vergleich zum FDM/FLM, wo die realisierbare Strangbreite in engen Grenzen ungefähr dem Düsendurchmesser entspricht, zeichnet sich das SEAM-Verfahren durch seine hohe Variabilität aus. Dies trifft auch dann zu, wenn ein ungünstiger Parametersatz – z. B. eine niedrige Stranghöhe oder ein hoher Massestrom – eingestellt wurde. Dadurch kann das sehr zeitaufwendige Ausschraffieren (infill) der Flächen vermieden und eine deutlich höhere Prozessgeschwindigkeit erreicht werden.

Zum geregelten Drucken in Kurven und Ecken sowie bei Positionssprüngen ohne Materialaustrag muss die Austragsleistung in



Im SEAM-Verfahren hergestellte Vakuumspannvorrichtung eines B-Säulen-Segments

(© Fraunhofer IWU/IPA)

Der mechanische Aufbau erlaubt es, bestehende Verfahrensgrenzen zu überschreiten, und etabliert eine neue Generation von 3D-Druckverfahren, die im Vergleich zum herkömmlichen 3D-Druck acht Mal schneller sind. Das SEAM-Verfahren ist sehr materialeffizient, weil es die Bauteilfertigung ohne Stützstrukturen ermöglicht. Dabei gibt es zwei Varianten:

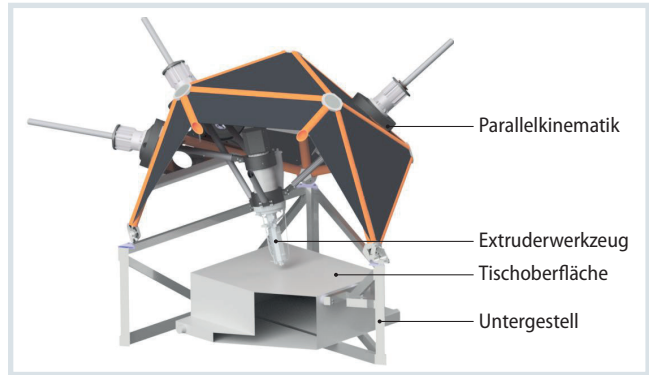
- Das System SEAM-Hex verfügt über einen in drei Raumrichtungen frei beweglichen Tisch und einen fest stehenden Druckkopf (**Bild 1**),
- das System PentaSEAM ist durch einen beweglichen Druckkopf mit fest stehender Bauplattform oder optional einem Rundtisch und einer Linearachse zur Vergrößerung des Bauwerks gekennzeichnet (**Bild 2**).

Aus dem Aufbau resultiert im ersten Fall eine 6- und im zweiten Falle eine 5-Achs-Parallelkinematik.

Abhängigkeit der Bahngeschwindigkeit geregelt werden. Aufgrund des trägen Plastifizierungsverhaltens eines Extruders ist eine Volumenänderung über die Extruderdrehzahl nicht sinnvoll möglich. Daher wurde eine vorgeschaltete Einheit für einen geschwindigkeitsabhängigen Materialaustrag zwischen 0 und 100 % entwi-



**Bild 1.** Maschine SEAM-Hex mit extrusionsbasierter Plastifiziereinheit und einer Hexapod-6-Achs-Parallelkinematik (© Fraunhofer IWU, Dirk Hanus)



**Bild 2.** Maschine PentaSEAM mit Metrom-5-Achs-Parallelkinematik und Extruderwerkzeug (© Metrom)

ckelt. Die zum Patent angemeldete Einheit befindet sich derzeit in Erprobung und erlaubt sowohl die bekannte Bahnsteuerung klassischer FLM-Prozesse als auch die Herstellung komplex gestalteter Strukturen als realer 5-Achs-3D-Druckprozess.

### Anwendungsbeispiel: kohlenstoffaserverstärkte Vakuumspannvorrichtungen

CFK-Bauteile werden in der Regel endkonturnah hergestellt, so dass diese nur am Bauteilrand und zur Funktionalisierung, etwa um Bohrungen oder Taschen einzubringen, spanend bearbeitet werden müssen. Aufgrund der meist offenen und großflächigen

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. (FH) Johannes Blase** ist Gruppenleiter und **Dipl.-Ing. (FH) Christopher John** Mitarbeiter der Abteilung Extrusionsbasierter 3D-Druck am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz.

**Dr.-Ing. Martin Kausch** ist Abteilungsleiter am Fraunhofer IWU; martin.kausch@iwu.fraunhofer.de

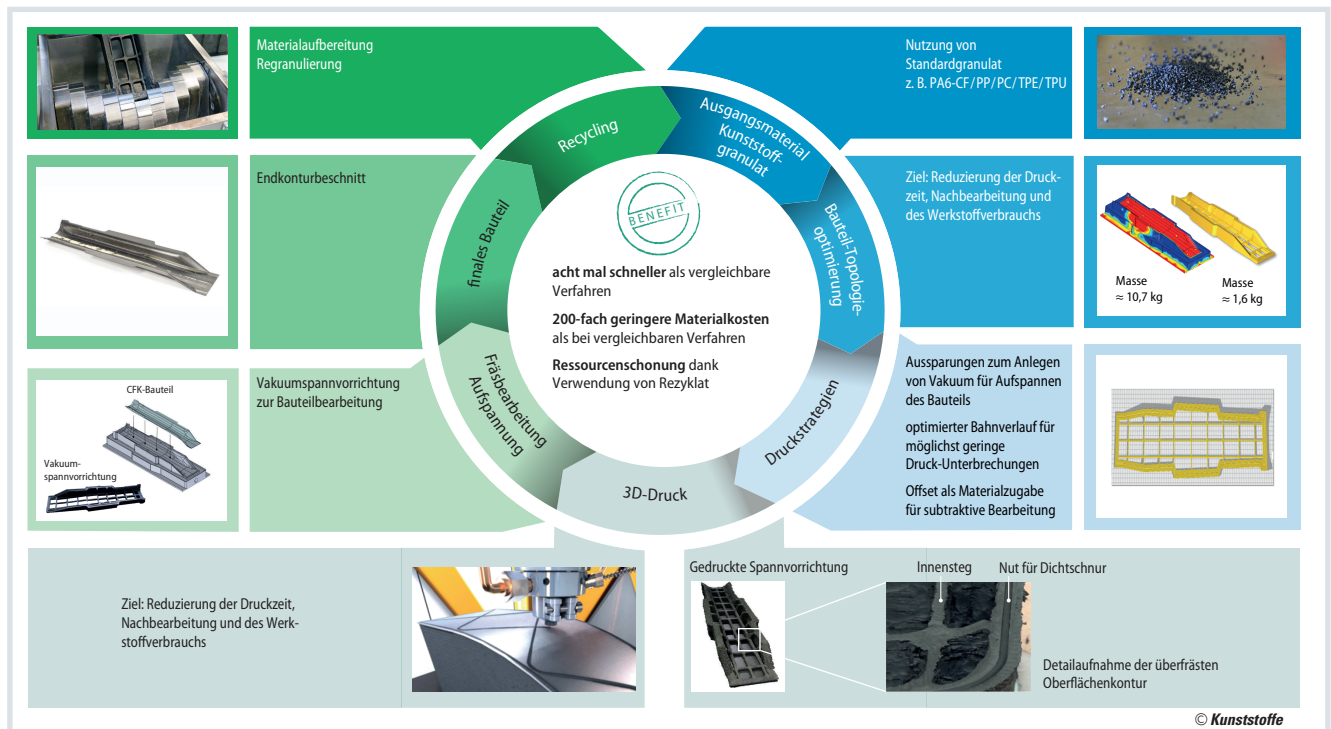
**Dipl.-Ing. IWE Marcus Witt** ist Leiter Technischer Vertrieb der Metrom Mechatronische Maschinen GmbH, Hartmannsdorf; marcus.witt@metrom.com

## Experts in plastic injection molding industry

**NINGBO ONGO PRECISION MACHINERY CO., LTD**

ADD: NO. 10000 Fuyang Road, Luchuan Industrial Park, Zhongshan District, Ningbo, China

FAX: +86-574-8608099 | TEL: +86-574-8608099 | Email: 24175251@qq.com | www.ongo-precision.com



**Bild 3.** Kreislaufkonzept am Beispiel der Vakuumspannvorrichtung (© Fraunhofer IWU)

gen Bauteilgestaltung sind diese sehr labil und neigen trotz der hohen Steifigkeit zu Schwingungen, was sich negativ auf die Werkzeugstandzeit und Bauteilqualität, z.B. die Maßhaltigkeit und Kantenqualität, auswirkt.

Um derartige Effekte bei der Endbearbeitung zu vermeiden, haben die Entwicklungspartner für die Bearbeitung von CFK-Bauteilen eine spezielle Vakuumspannvorrichtung mit dem SEAM-Verfahren hergestellt, auf der die Bauteile vollflächig aufliegen und mittels Vakuum schwingungsarm gespannt werden können. Im hier dargestellten Beispiel (**Titelbild**) handelt es sich um ein B-Säulen-Segment mit den Abmessungen 800 x 200 x 3 mm.

Allgemein liegen die Vorteile der additiven Fertigung in der schnellen und wirtschaftlichen Herstellung individueller Endprodukte, die eine einfache Integration von Funktionalitäten wie

Vakuumfeldern oder Fräs- und Absaugkanälen zulassen. Das gezielte Einbringen von Hohlstrukturen ermöglicht zudem signifikante Gewichtseinsparungen, die zu einer größeren Materialeffizienz, kürzeren Druckzeiten sowie einer leichteren Handhabung der Spannmittel führen.

Die gedruckten Vakuumspannvorrichtungen können nach Ablauf der Nutzungsdauer wieder zum Ausgangsmaterial für eine erneute Verarbeitung in Kunststoffgranulat recycelt werden, sodass einerseits ein Kreislaufkonzept zur Anwendung kommt und andererseits die logistische Kette vereinfacht wird (**Bild 3**). Sollte später der Bedarf für eine Ersatzteilproduktion entstehen, wird die Form schnell und kostengünstig wieder erstellt – die jahrelange Lagerhaltung von Werkzeugen kann entfallen.

### Fazit

Das am Fraunhofer IWU entwickelte SEAM-Verfahren erweitert die Möglichkeiten zur effizienten Herstellung von Kunststoffbauteilen im 3D-Druck erheblich. Aufgrund der geringen Materialkosten und der kurzen Herstellungszeiten können die Bauteilkosten um ein Vielfaches reduziert werden. Auch können mit diesem Verfahren Materialien additiv verarbeitet werden, mit denen dies bisher nicht möglich war, wobei gleiche Oberflächenqualitäten wie beim Standard-FLM-Prozess erreicht werden.

Zudem ist das SEAM-Verfahren für die Herstellung von Großstrukturen geeignet. Hierzu wurden bereits erste Entwicklungen gestartet, z.B. zur Herstellung großformatiger Laminierformen und Bearbeitungsvorrichtungen für großflächige Faserverbundbauteile. Dazu wird eine Extrusionseinheit in ein Portalbewegungssystem integriert und erreicht somit ein Bauvolumen von mehreren Kubikmetern. Insgesamt könnte das neue Verfahren einen entscheidenden Schritt zur Effizienzsteigerung der 3D-Druckprozesse darstellen. ■

## Formnext

Beide Maschinen – der laut Fraunhofer IWU schnellste 3D-Drucker der Welt (SEAM-Hex) und eine Metrom-Maschine zur additiv-subtraktiven Bearbeitung (PentaSEAM) – sind auf der Formnext vom 19. bis 22. November 2019 in Frankfurt live und in Aktion zu sehen:

➤ Halle 12.0, Stand C40

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2019-11](http://www.kunststoffe.de/2019-11)

### 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)