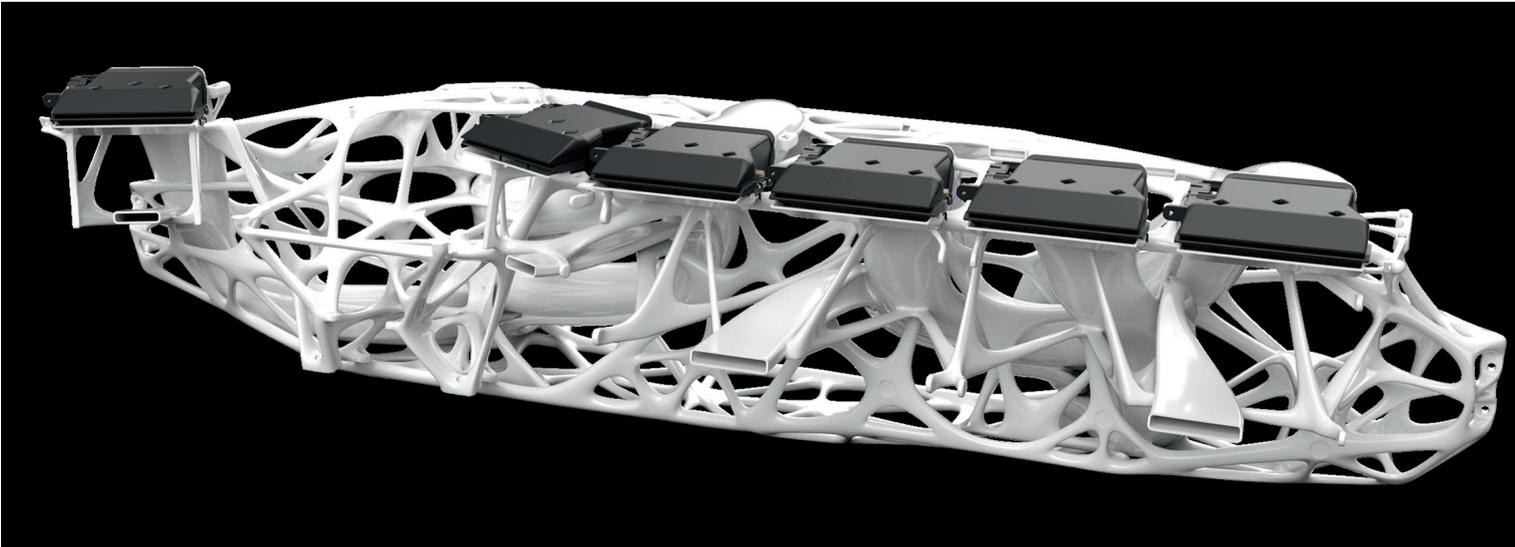


SPECIAL: ADDITIVE FERTIGUNG

Schichtweise vom Granulat zum Bauteil

Additive Fertigung von faserverstärkten PA6-Strukturbauteilen in hoher Geschwindigkeit

Eine neue Partnerschaft macht eine hybride Fertigungszelle marktreif. Darin führt ein 6-Achs-Roboter eine schneckenbasierte Plastifiziereinheit. Mit dem neuen Verfahrensansatz lassen sich auch granulatförmige, fasergefüllte Seriencompounds additiv zu Strukturbauteilen verarbeiten.



Konzeptstudie einer integrativen, bionischen Tragstruktur für Instrumententafeln im Automobil (© SMP Deutschland GmbH)

Additive Fertigungsverfahren zeichnen sich durch dreidimensionale Bauteile aus, die auf Basis von CAD-Daten direkt und ohne Werkzeug hergestellt werden können. Dementsprechend ist die kunststoffbasierte additive Fertigung im Prototypenbau bereits weit verbreitet. Zukünftig sollen additive Fertigungsverfahren auch in der Lage sein, die bisher kostenintensive Einzel- bzw. Kleinserien-

fertigung durch Rapid Manufacturing abzulösen. Allerdings werden die zwingend notwendigen Prozessanforderungen für eine Vor-Serienproduktion bisher nur unzureichend erfüllt. Die Herstellung großformatiger Bauteile mit guten Oberflächenqualitäten in kurzen Fertigungszeiten ist nicht realisierbar. Eine hohe Produktivität in Bezug auf Material, Maschine und Arbeitsleistung sowie der Einsatz

etablierter und für die Serie qualifizierter Werkstoffe sind nicht möglich. Mit der schneckenextrusionsbasierten additiven Fertigung (SEAM) im Rahmen eines hybriden Fertigungsansatzes (Hy-SEAM) wird ein Konzept vorgestellt, das einen neuartigen Ansatz zur wirtschaftlichen Generierung geometrisch komplexer, großformatiger Bauteile aus Thermoplasten liefert.

YIZUMI
GERMANY 



Bild 1. Hybride Fertigungszelle des IKV im Live-Betrieb auf der Hannover Messe 2018 bei der Fertigung eines Strukturbauteils mit einer Produktionsgeschwindigkeit von 6g/min (© IKV)

Ausgezeichnete Interieur-Konzeptstudie

Im Rahmen einer Konzeptstudie des Automobilzulieferers SMP Deutschland GmbH, Bötzingen, wird ein Anwendungsbeispiel der großformatigen additiven Fertigung verdeutlicht. Sie wurde mit dem SPE Innovation Award 2018 für Strukturbauteile ausgezeichnet. Der zugrundeliegende Instrumententafelträger (**Titelbild**) zeigt eine bionische Struktur mit 167 cm Breite. Darin werden Querträger, Luftführungen und Anbindungen für Airbags, Lenksäule, Displays und Verkleidungsteile zu einer tragenden Einheit verbunden. Durch eine lastpfadgerechte Leichtbaukonstruktion wird der Werkstoff effizient eingesetzt und somit der Materialverbrauch reduziert. Weiterhin steigert die Funktionsintegration die Maschinenproduktivität, indem nachfolgende Prozessschritte, wie beispielsweise das Fügen oder die Montage von Bauteilkomponenten, entfallen. In einem werkzeugarmen Gesamtkonzept mit hohen Investitionseinsparungen wird das Rapid Manufacturing die wirtschaftliche Fertigung solcher Strukturen für Kleinserien ermöglichen.

Allerdings ist die Fertigung einer solchen Tragstruktur mit den am Markt etablierten additiven Fertigungsverfahren bisher nicht in Serie umsetzbar. Einerseits sind die vorhandenen Fertigungsverfahren in Bezug auf Bauteilgröße, Oberflächenqualität, Funktionsintegration und Fertigungsdauer limitiert. Andererseits ist die Verfügbarkeit geeigneter Werkstoffe für die additive Fertigung außerordentlich begrenzt. Besonders bei den filamentbasierten Verfahren sind Verarbeiter von Herstellern und den hohen Filamentpreisen abhängig. Daher können hochverstärkte Kunststoffe bisher kaum ge-

nutzt werden, was die Fertigung von Bauteilen mit gezielten anisotropen mechanischen Eigenschaften erschwert.

Am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen wurde eine additive Fertigungsanlage implementiert, die über die Möglichkeiten der bekannten filamentbasierten Anlagen hinausgeht. Sie bindet die Fähigkeiten der stetig wachsenden Automatisierungsbranche mit ein und verfolgt einen zukunftsorientierten Ansatz, der das Technologiepotenzial effizient ausschöpft.

Hybrides Fertigungskonzept, neue Anwendungsgebiete

Grundlage für die Eigenentwicklung ist eine hybride Fertigungszelle auf Grundlage einer schneckenbasierten Extrusion. Die Anlage erlaubt die automatisierte Kombination additiver und subtraktiver Fertigungsverfahren. Das IKV hat sie erstmalig auf dem IKV-Kolloquium 2016 und dann zur K2016 der Öffentlichkeit vorgestellt und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt (**Bild 1**).

Als Positioniersystem wird ein 6-Achs-Industrieroboter genutzt, der die üblichen Beschränkungen der Bauteilgröße und der Designkomplexität überwindet. Um reproduzierbare Maßhaltigkeiten und hohe Oberflächengüten zu gewährleisten und gleichzeitig die Bauteilkomplexität nicht zu limitieren, werden subtraktive Verfahren (z.B. Fräsbearbeitung, Bohren) in den Produktentstehungsprozess integriert. So werden additiver Aufbau und die spanende Bearbeitung in einem Fertigungssystem miteinander kombiniert. Basierend auf diesem Ansatz ist es ebenfalls möglich, Einlegeteile, wie Gewinde- oder Lagerbuchsen, Spritzgießbauteile,

elektronische oder keramische Inserts, zu integrieren und das im Aufbau befindliche Bauteil mit weiteren Funktionen auszustatten. Hierzu wird der genutzte Antrieb für Extrusions- und Bearbeitungsoperationen mit einem standardisierten Werkzeugwechselsystem ausgestattet und ermöglicht hohe Automatisierung sowie Flexibilität.

Die im Zentrum stehende schneckenbasierte Plastifiziereinheit wird mit Kunststoffgranulat betrieben. Dies ermöglicht im Vergleich zu filamentbasierten Fertigungsverfahren die Verarbeitung von ungefüllten, aber auch hochgefüllten Kunststoffcompounds bei gleichzeitig hohen und skalierbaren Durchsätzen. Neben dem gesteigerten Durchsatz ergibt sich je nach Werkstoff bei der Verarbeitung von technischen Thermoplasten ein signifikant niedrigerer Preis von Granulat (ca. 1 bis 8 EUR/kg) im Vergleich zu Filament (ca. 20 bis 500 EUR/kg). Wie bei allen Fertigungsverfahren sind die Ergebnisse abhängig von der Prozessfähigkeit des eingesetzten Werkstoffs. Dies betrifft im Wesentlichen die Aspekte der Maßhaltigkeit (schwindungsgetrieben) und der mechanischen Eigenschaften (adhäsionsgetrieben). An die Werkstoffentwickler wurde nun die Frage herangetragen, welche bereits für andere Serienprozesse qualifizierte Materialien auch für die additive Fertigung geeignet sind.

Eignung qualifizierter Serienmaterialien

Die Verarbeitung von hochverstärkten Kunststoffcompounds in der additiven Fertigung birgt neue Potenziale bezüglich der Materialwahl und der resultierenden Bauteileigenschaften. Die Herstel-

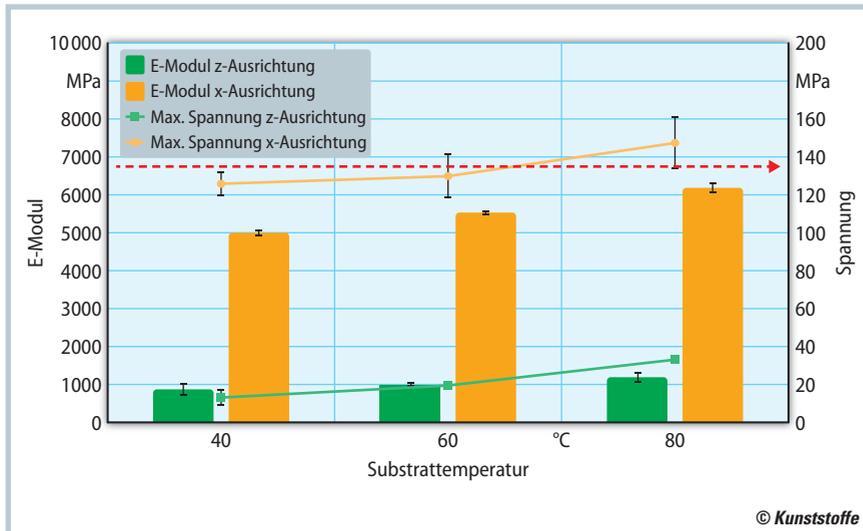


Bild 2. Mechanische Eigenschaften von additiv gefertigten Bauteilen aus dem PA6-Compound Akromid B3 ICF 30 in Abhängigkeit der Substrattemperatur (Quelle: IKV)

höheren Produktionsgeschwindigkeiten realisiert werden. Im konkreten Fall wurde rund 28-mal schneller gefertigt als bei filamentbasierten Fused-Layer-Modeling-Prozessen (FLM). Um die Dosierbarkeit, das Einzugsverhalten und die Verweilzeiten zu verbessern, wird Akromid auch in Granulatgrößen von 1mmx1mm angeboten.

Ausführliche Materialuntersuchungen am IKV haben gezeigt, dass die Eigenschaften von Bauteilen auf Basis teilkristalliner Polymere stark von der Temperaturführung abhängig sind. Ein wesentlicher Vorteil plastifizierender, additiver Fertigungsverfahren ist die starke Ausrichtung von Molekülen und von vorhandenen Fasern. Die Ausrichtung erzeugt hohe anisotrope mechanische Eigenschaften des abgelegten Strangs (**Bild 2**). Sogar im Vergleich zum Spritzgießen können vergleichbare Festigkeiten in Faserorientierung erzielt werden (**Bild 2**, rote Referenzlinie). Im Gegensatz zu FLM liegen bei der schneckenbasierten additiven Fertigung zudem höhere Austragsdrücke vor (üblicherweise bis zu mehreren 100 bar). Das erlaubt eine Verarbeitung von Thermoplasten mit höheren Füllstoffanteilen und steigert die mechanischen Eigenschaften des abgelegten Materials. Bei einem konsequenten 3D-Druckansatz, wie mit der hier genutzten 6-Achs-Kinematik möglich, kann diese Anisotropie gezielt zur lastpfadgerechten Materialapplikation genutzt werden.

Aufbauend auf diesen Untersuchungen wird Akromid B3 ICF 30 9 AM schwarz

lung solcher hochgefüllter Kunststoffcompounds ist die Kernkompetenz der Akro-Plastic GmbH, Niederrissen. Dabei weisen die Compounds sehr enge Chargentoleranzen auf.

Unter Einsatz der Anlagentechnik des IKV ist das Polyamid 6 Akromid B3 ICF 30 mit 30 Gew.-% Kohlenstoffkurzfasern von rund 300 µm Länge erfolgreich verarbeitet worden. Es wird bereits in Spritzgießserienanwendungen eingesetzt. Faserverstärkte Compounds neigen grundsätzlich weniger zur Schwindung, was die Verarbeitung in plastifizierenden, additiven Fertigungsverfahren vereinfacht. Durch die guten Plastifizier- und Fließ-eigenschaften des Polyamid-Compounds kann zudem ein robuster Prozess mit

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann ist Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen.

Celina Hellmich ist als wissenschaftliche Mitarbeiterin am IKV im Bereich der Additiven Fertigung beschäftigt.

Nicolai Lammert ist als Leiter Additive Verfahren bei der Yizumi Germany GmbH tätig; n.lammert@yizumi-germany.de

Dr. Jan Dormanns ist Vorentwicklungsingenieur für das Interieur bei der SMP Deutschland GmbH, Bötzingen.

Jürgen Rinderlin ist als Vorentwicklungsingenieur für das Exterieur bei SMP tätig.

Thilo Stier ist Bereichsleiter Vertrieb & Innovation bei der Akro-Plastic GmbH, Niederrissen.

Josef Zgrzebski arbeitet als Anwendungsingenieur bei der Akro-Plastic GmbH.

Service

Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/7061466

English Version

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



Bild 3. Auf der Fakuma präsentierte Pilotanlage mit modular tauschbarem Baubettmodul zur anwendungsorientierten Nutzung (© Hanser/F. Gründel)

(7451) als optimierte Modifizierung des Seriencompounds angeboten.

Neue Kooperation ebnet den Weg zur Industrialisierung

In Kooperation mit dem Maschinenbauer Yizumi Germany GmbH, Aachen, wird das schneckenbasierte additive Fertigungssystem kommerzialisiert. Zu diesem Zweck bilden das IKV und die Yizumi-Gruppe eine enge Partnerschaft, eine Pilotanlage wurde bereits erfolgreich im laufenden Betrieb auf der Fakuma 2018 präsentiert (**Bild 3**) und ist ebenfalls auf der Formnext 2018 zu sehen. Die Anlage verfolgt eine Plattformstrategie, die je nach Anwendungsanforderungen sowohl hybride additiv-subtraktive Varianten, als auch einfache schneckenbasierte Extruderlösungen ermöglicht. Der flexible Anlagenaufbau bietet gestaffelte Anlagenkosten.

Das Konzept der Anlage integriert Methoden der additiven Fertigung zur Funktionalisierung in bestehende Fertigungsketten etwa von Spritzgieß- oder Druckgießbauteilen. Auf diese Weise können auch Multi-Material-Anwendungen durch die Verbindung eines Spritzgießprozesses mit der additiven Fertigung kostengünstig hergestellt werden. So lassen sich beispielsweise Gehäusebauteile mit lokalen Dicht- oder Verstärkungselementen herstellen. Heute würde das einen Mehrkomponentenprozess mit zwei Spritzgießmaschinen inklusive zweier Werkzeuge erfordern. Zukünftig ermöglicht die Kombination eines Spritzgieß-

prozesses mit einer additiven Fertigungsanlage lokale Verstärkungen. Die hohe Produktivität der hier gezeigten Anlagen-technik erlaubt es, im Takt der Spritzgießmaschine Dichtraupen oder Verstärkungsstrukturen auf das Bauteil aufzubringen. So ist es möglich, eine zweite Spritzgießmaschine einzusparen sowie die Werkzeugkosten signifikant zu reduzieren. Gleichzeitig wird die Produktionsflexibilität erhöht, sodass die wirtschaftliche Fertigung von Produktvarianten ermöglicht wird.

Fazit

Das neue Verfahren wird über die Yizumi Germany GmbH weiterentwickelt, betrieben und in Technologiekooperationen mit Unternehmen aus der gesamten Wertschöpfungskette vorangetrieben. Durch kontinuierliche Weiterentwicklungen dieser Fertigungstechnik werden die Grenzen der additiven Fertigung erweitert und der Übergang in die Serienfertigung realisiert. Dazu trägt auch die Weiterentwicklung bestehender Seriencompounds und neuer Werkstoffe bei. Besonders die Ergebnisse bezüglich der starken Anisotropie der mechanischen Bauteileigenschaften stellen darüber hinaus die Software-Branche vor eine große Herausforderung.

Günstige und schnelle CAM-Systeme für den lastpfadorientierten Bauteilaufbau sind gefragt. Die maschinenbauliche und rohstoffliche Hardware steht zur Verfügung und kann gezielt eingesetzt werden. ■

YIZUMI 伊之密

DIE NEUE MARKE FÜR DEUTSCHLAND.

ALLE HOCHDRUCK-URFORMVERFAHREN AUS EINER HAND:



SPRITZGIESSMASCHINEN



DRUCKGUSSMASCHINEN



GUMMI – SPRITZGUSS



THIXOMOLDING



AUTOMATISIERUNG



ADDITIV – VERFAHREN "SpaceA"

YIZUMI GERMANY

www.yizumi.com
www.yizumi-germany.de

formnext Halle 3.0, J 80

IMPRESSUM

VERLAG

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Kolbergerstraße 22, 81679 München

© Lizenzausgabe mit Genehmigung des Carl Hanser Verlags, München.

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen und elektronischen Wiedergabe sowie der Übersetzung dieses Sonderdrucks, behält sich der Verlag vor.