



Ein Beispiel für additiv gefertigte Zwei-Komponenten-Funktionsbauteile – ganz ohne Montage – sind Planetenrollen aus TPU und PHA (© Arburg)

Tröpfchen im Millisekundentakt

Arburg Kunststoff-Freiformen: Aktuelle Untersuchungen zur Bauteiloptimierung

Ausgangsbasis für das Kunststoff-Freiformen sind qualifizierte Originalmaterialien in Form von Kunststoffgranulaten, wie sie auch im Spritzgießen zum Einsatz kommen. Aktuelle Untersuchungen erhellen Einflüsse auf die resultierende Teilequalität dieses additiven Verfahrens. Da das offene Fertigungssystem eine Anpassung der Parameter erlaubt, können z.B. mechanische und geometrische Eigenschaften der Bauteile gezielt optimiert werden. Auf diese Weise lassen sich Zugfestigkeiten und Bauteildichten erreichen, die mit denen von Spritzgussteilen vergleichbar sind.

Das Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF) ist neben dem Prototyping besonders für die industrielle additive Fertigung von Funktionsbauteilen geeignet. Individuell gefertigte Kunststoffteile für Konsumgüter, medizinische Implantate und Ersatzteile aus Originalmaterial sind nur drei von vielen Bereichen, für die die AKF-Maschine (Typ: Freeformer) prädestiniert ist. Das Verfahren bietet große Materialfreiheit und erlaubt die Verarbeitung von Kunststoffen mit Schmelztemperaturen bis max. 350 °C. Neben den Standardmaterialien ABS und PC sowie amorphem PA können viele weitere Materialien auf dem Freeformer verarbeitet werden, z.B. TPU und andere elastische Weichmaterialien. Zudem liegen erste Ergebnisse für teilkristalline Werkstoffe wie z.B. PP vor.

Der AKF-Prozess beginnt – ähnlich wie beim Spritzgießen – mit dem Aufschmelzen des Granulats in einem beheizten Plastifizierzylinder mit einer 15-mm-Schnecke. Anschließend trägt ein hochfrequent getakteter, starrer Düsenverschluss bis zu 240 Tropfen in der Sekunde aus (**Bild 1**). Die unter Druck erzeugten Tropfen haben je nach Düsengröße und Maschinenparametern einen Durchmesser zwischen 150 und 300 µm. Je kleiner die Tropfen sind, desto feiner strukturiert wird die Oberfläche, während größere Durchmesser schnellere Arbeitsfortschritte ermöglichen.

Der über drei Achsen bewegliche Bauteilträger ist in x-, y- und z-Richtung positionierbar und ermöglicht es, jeden einzelnen Tropfen genau auf die zuvor berechnete Stelle abzulegen. Die Tropfen verbinden sich dabei mit dem bereits umliegenden

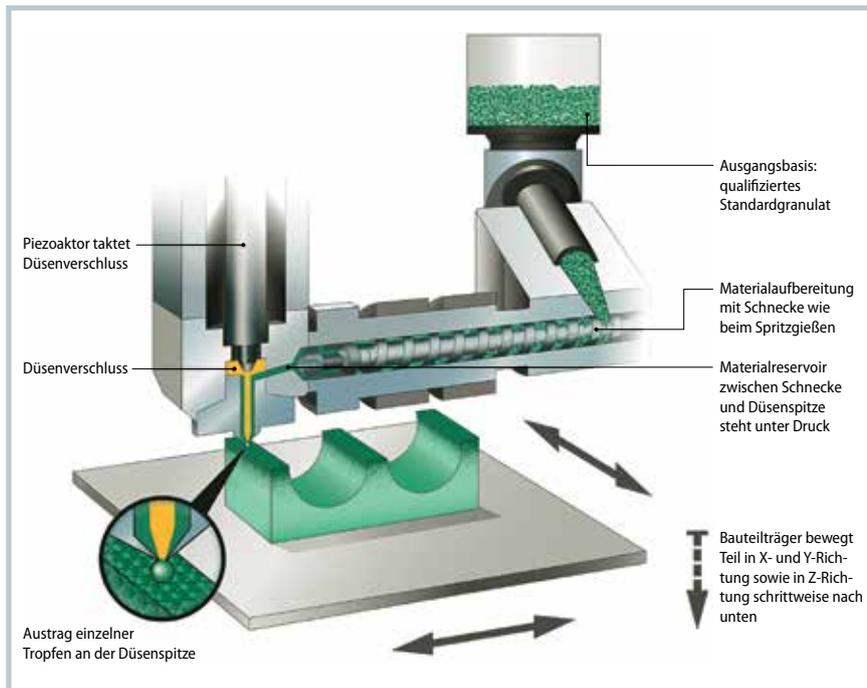


Bild 1. Das AKF-Verfahren basiert auf Kunststoffgranulaten. Das qualifizierte Originalmaterial wird in einer Plastifiziereinheit aufgeschmolzen und über eine Düse tropfenförmig ausgetragen

(© Arburg)

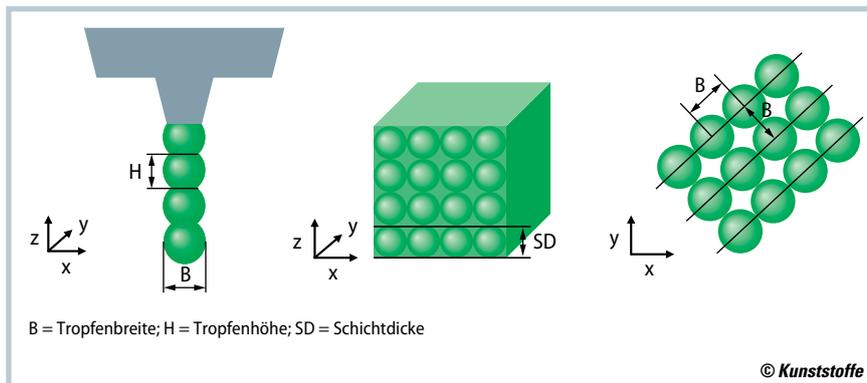


Bild 2. Die Tropfengeometrie wird von der Düsengröße, der Austragsmenge pro Tropfen und den Fließeigenschaften des Materials bestimmt. Um den Formfaktor (B/H-Verhältnis) exakt einzustellen, werden Testwürfel produziert (Quelle: Arburg)

den Material, sodass Schicht für Schicht dreidimensionale Bauteile mit hoher mechanischer Festigkeit entstehen können. Die Austragsmenge ist abhängig vom eingestellten Tropfenvolumen und der vorliegenden Frequenz und beträgt für den Düsendurchmesser 0,2 mm bis zu $25 \text{ cm}^3/\text{h}$. Die Schichtdicke ist ebenfalls abhängig von dem vorliegenden Düsendurchmesser und kann derzeit zwischen 0,15 und 0,30 mm betragen. Standardmäßig ist der Freeformer mit zwei Austrageinheiten ausgestattet. Der von 50 bis 120°C beheizbare Bauraum der Maschine bietet Platz für Ein- bzw. Zwei-Komponenten-Teile, die bis zu 189 (1K-Teil) bzw. $154 \text{ (2K-Teil)} \times 134 \times 230 \text{ mm}$ groß sind.

Qualifizierung, Auswahl und Vorbereitung des Materials

Die Materialqualifizierung hat zum Ziel, für einen bestimmten Werkstoff und eine bestimmte Bauteilgeometrie die passenden

Maschinen- und Datenaufbereitungsparameter zu definieren und so die bestmögliche Bauteilqualität zu erreichen. Die vorgegebenen Parameter lassen sich jederzeit individuell verändern. Die Teilequalität hängt ab von den Materialeigenschaften, den Maschinenparametern und der Datenaufbereitung. Alle Parameter müssen aufeinander abgestimmt sein.

Als Material kann Standard-Kunststoffgranulat verwendet werden. Dieses sollte möglichst staubfrei und trocken sein. Um zu prüfen, ob und wie sich ein neues Material verarbeiten lässt, werden zunächst in einem standardisierten Qualifizierungsprozess die korrekten Verarbeitungsparameter ermittelt. Anwender können ihre eigenen Werkstoffe qualifizieren oder auf die Materialdatenbank von Arburg zugreifen. Darin sind Standardgranulate wie ABS (Typ: Terluran GP-35; Hersteller: Ineos Styrolution), PA10 (Grilamid TR XE 4010, Ems-Chemie), PC (Makrolon 2805, Covestro), TPE-U (Elastollan C78 A15, BASF) und PP (Braskem CP 393, Braskem) dokumentiert.

Hinzu kommen spezielle Kunststoffe für besondere Anwendungen wie z.B. medizinisches PLLA (Purasorb PL 18 und Resomer LR 708; Hersteller: Corbion bzw. Evonik) oder ein für die Luft- und Raumfahrt freigegebenes PC (Lexan 940, Sabic). Das Spektrum qualifizierter Materialien wird stetig erweitert. Allein im Arburg Prototyping Center (APC) am Stammsitz des Maschinenbauers in Loßburg produzieren mehrere Freeformer Benchmark-Bauteile für potenzielle Kunden.

Einfluss der Maschinenparameter auf Tropfenform und Formfaktor

Wenn ein neues Material zu verarbeiten ist, werden zunächst die Temperaturen von Plastifizierzylinder, Düse und Bauraum darauf eingestellt. Basis dafür sind die Angaben auf dem Materialdatenblatt. Um den Bauteilverzug möglichst gering zu halten und eine gute Bindung der Tropfen untereinander zu erreichen, sollte die Bauraumtemperatur bei amorphen Thermoplasten möglichst hoch sein. Sie sollte aber unterhalb des Schmelzpunkts des verarbeiteten Materials liegen, um eine ausreichende Bauteilstabilität während des Prozesses gewährleisten zu können. Eine gute Anbindung der Tropfen wird zudem durch hohe Schmelzetemperaturen begünstigt, allerdings können zu hohe Temperaturen des Plastifizierzylinders einen schnellen Materialabbau hervorrufen. Weitere Maschinenparameter sind z.B. Dosiergeschwindigkeit, Staudruck und Dekompression.

Im nächsten Schritt wird die Größe der Tropfen an die Soll-Schichtdicke angepasst. Diese beträgt für den mittleren Düsen-

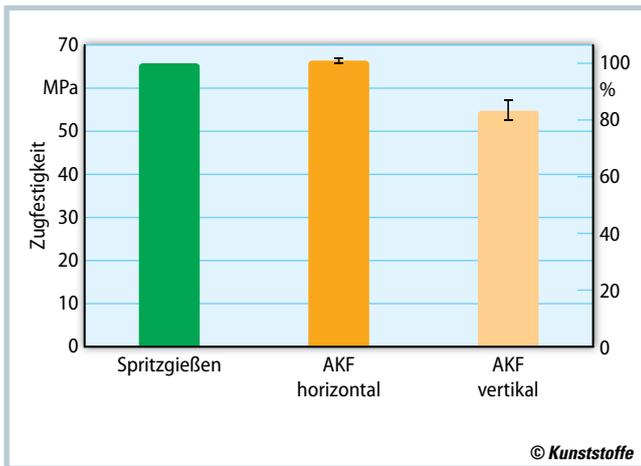


Bild 3. Im Vergleich zu Spritzgussteilen (mit optimierten Prozessparametern) hängt die erreichbare Zugfestigkeit von AKF-Probekörpern aus PC (Makrolon 2805, Schichthöhe 200 µm) von der Baurichtung ab

(Quelle: Arburg)

durchmesser 200 µm. Änderungen der Austragsmenge pro Tropfen und der Temperatur beeinflussen sowohl die Tropfenform als auch die resultierende Bauteilfüllung.

Die Tropfengröße lässt sich verändern durch den Einsatz verschieden großer Düsen sowie durch eine Änderung des spezifischen Tropfenvolumens in den Maschinenparametern. Die Wahl der Düsengröße beeinflusst wesentlich die Tropfenbreite, das gewählte Tropfenvolumen bestimmt die Tropfenhöhe. Zudem wird die Tropfengeometrie von den Fließeigenschaften des Materials beeinflusst. Um eine gute Bauteildichte zu erzielen, sollte die Tropfenhöhe etwas höher sein als die gewünschte Schichtdicke.

In Abhängigkeit der resultierenden Tropfendicke wird dann in der Datenaufbereitung der Abstand zwischen zwei Tropfen mittels des sogenannten Formfaktors (Verhältnis von Breite zu Höhe, B/H) angepasst. Um den Formfaktor exakt einzustellen, werden zunächst Testwürfel mit unterschiedlichen Einstellungen produziert und auf ihre Dichte und Oberflächenqualität geprüft (**Bild 2**). Erst wenn dieses Ergebnis zufriedenstellend ausfällt, erfolgt die additive Fertigung des Bauteils.

Datenaufbereitung bestimmt die Schichtdetails

Bei der Datenaufbereitung werden z.B. die Parameter für die Positionierung der Tropfen auf dem Bauteilträger definiert. Für die Außenkontur und für die Füllung kommen verschiedene Ablagestrategien zum Einsatz. Die Tropfen der Außenkontur werden einzeln präzise abgelegt. Dazu stoppt der Bauteilträger jeweils an der zuvor berechneten Position. Für die Füllung der konturierten Schicht bewegt sich der Bauteilträger entlang eines definierten Pfads, während hintereinander gereihete Tropfen kontinuierlich ausgetragen werden. Dabei kann die Bauteildichte durch den Abstand der einzelnen Tropfen zueinander beeinflusst werden. Außerdem lässt sich die Überlappung der Füllung mit der Kontur definieren, um z.B. eine bessere Anbindung der Tropfen in der Außenkontur zu erzeugen.

Der in x- und y-Richtung einstellbare Skalierungsfaktor hängt im Wesentlichen von der spezifischen Materialschwindigkeit »

ab. Die Maßhaltigkeit in z-Richtung wird hingegen nicht nur vom Skalierungsfaktor, sondern auch von der Schichtdicke bestimmt. Eine weitere Standardfunktion, die die Datenaufbereitungs-Software für den Freeformer enthält, ist die automatische Generierung einer dem Bauteil angepassten Stützstruktur. Das Ergebnis der Materialqualifizierung ist ein spezifisches Profil mit entspre-

chenden Temperatur-, Austrags- und Datenaufbereitungsparametern für das jeweilige Material.

Mit dem offenen System von Arburg lassen sich die mechanischen Eigenschaften der Bauteile gezielt beeinflussen. Im Folgenden ist dargestellt, welche Einflüsse die Bauteilorientierung, die Bauteildichte und der Überlappungsgrad auf die Zugfestigkeit von AKF-Bauteilen haben. Zudem wird die Teilequalität mit der von Spritzgussteilen verglichen.

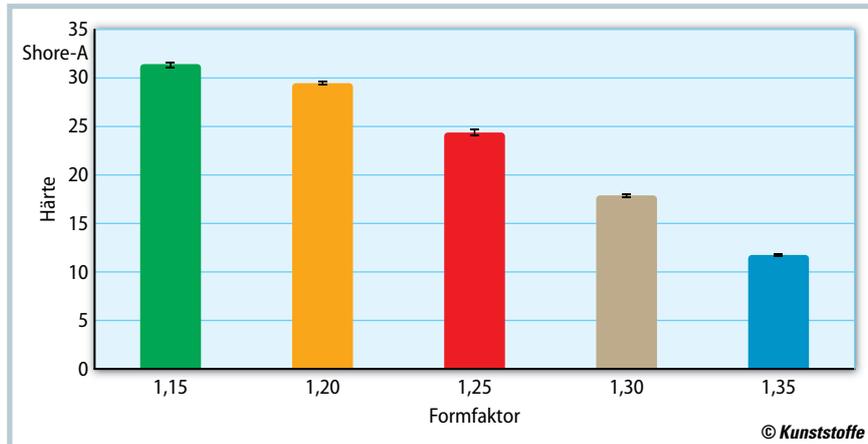


Bild 4. Durch Änderungen des Formfaktors (B/H) bei ansonsten gleichbleibenden Parameter-einstellungen erhält das Material (TPE: Medalist, angegeben mit Shore-A-Härte 30) unterschiedliche Shore-A-Härten (Quelle: Arburg)

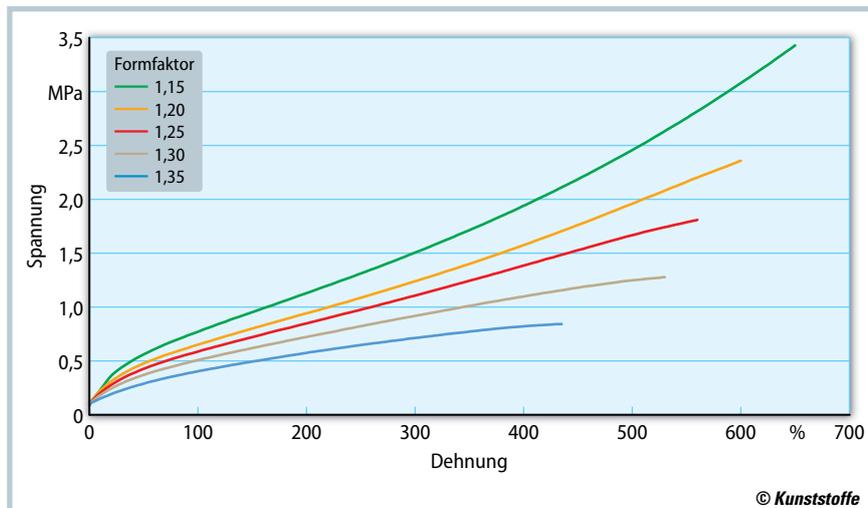


Bild 5. Spannungs-Dehnungskurven für Zugkörper, gefertigt mit unterschiedlichen Formfaktoren aus dem Material Medalist MD-12130H (Quelle: Arburg)



Bild 6. Werden die Tropfen extrem dicht gepackt, lassen sich im AKF-Verfahren transparente Testscheiben aus PMMA erzeugen

(© Arburg)



Bild 7. Für Anwendungen in der Raum- und Luftfahrt gefertigte Luftkanäle aus einem speziell zugelassenen PC, z. B. für den Einbau über den Passagiersitzen (© Arburg)

Versuche zum Einfluss des Füllgrads und der Orientierung beim Schichtaufbau

Die Orientierung der Baurichtung entlang der Achsen hat einen deutlichen Einfluss auf die mechanische Festigkeit und somit auf die Teilequalität. Für eine Testreihe wurden Zugstäbe nach DIN EN ISO 251-2 (Typ 1BA) aus PC im AKF-Verfahren jeweils horizontal und vertikal orientiert mit identischen Prozessparametern aufgebaut. Die Festigkeit von horizontal aufgebauten Prüfkörpern entspricht zu 100% der maximalen Zugspannung. Aufgrund des Schichtaufbaus fällt die Zugfestigkeit vertikal aufgebauter Zugstäbe geringer aus. In dieser Aufbauorientierung konnten etwa 83% der im Materialdatenblatt angegebenen Festigkeit erreicht werden (**Bild 3**).

Um einen guten Füllgrad des Bauteils zu erreichen, müssen die Maschinenparameter zusammen mit den Parametern der Datenaufbereitung auf die Materialeigenschaften abgestimmt sein. Die Tropfengröße gibt dabei die Schichtdicke und den Abstand zu den Nachbartropfen vor. Stimmen diese Einstellungen nicht überein, können keine hohe Bauteildichte und dementsprechend keine hohen mechanischen Bauteileigenschaften erreicht werden.

Durch eine Veränderung des Formfaktors (B/H) lässt sich bei gleichbleibenden Parametern die Dichte und somit der Füllgrad eines AKF-Bauteils ebenfalls gezielt beeinflussen, weil dadurch der Abstand der Tropfen zueinander verändert wird. Es gilt: Je höher der Formfaktor, desto größer ist der Abstand der Tropfen. Bei bestimmten Weichmaterialien wie z. B. bei thermoplastischen Elastomeren (TPE) ist es sogar möglich, die Shore-Härte des Bauteils in Abhängigkeit des Formfaktors zu variieren (**Bild 4**). Entsprechend ändern sich auch die mechanischen Bauteileigenschaften (**Bild 5**).

Das Beispiel polierter Testscheiben aus PMMA (Typ: Plexiglas 7N) zeigt zu-



Bild 8. Auf dem Freeformer additiv gefertigte Kabelklemmen aus teilkristallinem Standard-PP zeichnen sich durch filigrane Strukturen und einen spritzgießtypischen Klick-Effekt aus (© Arburg)

dem, dass es möglich ist, mit speziellen Prozessparametern den gefertigten Bauteilen Transparenz zu verleihen. In diesem Fall sind die Tropfen sehr dicht gepackt und die Testscheibe wurde nach dem Bauprozess poliert (**Bild 6**).

Industrielle Funktionsbauteile aus Originalmaterial

Was Branche und Einsatzbereich betrifft, sind dem AKF-Verfahren kaum Grenzen gesetzt. Der Freeformer findet mit seinem offenen System derzeit den Weg in die industrielle Anwendung: Funktionsfähige Kunststoffteile lassen sich einzeln oder in Kleinserie wirtschaftlich additiv fertigen und der Weg zum Serienbauteil und damit zum Markt beschleunigen. Durch Individualisierung von Großserienprodukten, z.B. durch einen additiv aufgetragenen Schriftzug, können zudem Kunststoffteile so veredelt werden, dass Hersteller daraus einen Mehrwert generieren.

Der Freeformer eignet sich nicht nur für das Prototyping, sondern vor allem für die industrielle additive Fertigung von Funktionsbauteilen. Ein Beispiel sind Luftkanäle. Ein Freeformer hat diese 8,5 g schweren Bauteile aus einem für die Luft- und Raumfahrt freigegebenen PC (Lexan 940) produziert (**Bild 7**). Aus PP (Braskem CP 393) und dem Stützmaterial Armat 12, das später im Wasserbad aufgelöst wird, lassen sich z.B. funktionsfähige Kabelklemmen mit technischem Schnapphaken herstellen, deren filigrane und belastbare Strukturen über einen „Klick-Effekt“ verfügen (**Bild 8**).

Die Firma Iigus verarbeitet mit dem Freeformer vorwiegend firmeneigene Tribowerkstoffe. Aus dem Originalmaterial iglidur J260, das ohne externe Schmiermittel über gleitende Eigenschaften verfügt, werden u.a. korrosionsbeständige und abriebfeste Gleitlager produziert. Im Testlabor sind diese ebenso verschleißfest wie spritzgegossene Teile aus dem gleichen Material.

Bauteile aus zwei Komponenten

Da der Freeformer standardmäßig mit zwei Austrageinheiten ausgestattet ist, kann die zweite Einheit für eine zusätzliche



Bild 9. Additiv gefertigte Bauteilgruppe im bereits montierten Zustand: Eine über Gelenke bewegliche Seilrolle aus Bio-PA ist mit 100 kg belastbar (© Arburg)



Bild 10. Exemplarisch hat ein Freeformer aus einem medizinischen PLLA-Granulat ein individuell angepasstes Implantat für Schädelknochen gefertigt (© Arburg)

Komponente genutzt werden, um z.B. ein Bauteil in verschiedenen Farben, mit spezieller Haptik, integrierten Funktionen oder als Hart/Weich-Verbindung zu erzeugen oder um mithilfe von Stützstrukturen komplexe Geometrien aufzubauen. Bei der Entwicklung neuer Stützmaterialien für das AKF-Verfahren arbeitet Arburg u.a. mit Hochschulen und renommierten Materialpartnern zusammen und nutzt auch deren Expertise im Compoundieren. Verfügbar sind wasserlösliches Armat 11 und Armat 12 speziell für die Verarbeitung von PP. Mit Armat 21 ist darüber hinaus ein laugenlösliches Stützmaterial erhältlich.

Im AKF-Verfahren können Bauteile konstruiert und hergestellt werden, ohne die aus dem Spritzgießen bekannten fertigungstechnischen Restriktionen berücksichtigen zu müssen. Mithilfe eines Stützmaterials, das nach dem Freiformen ausgewaschen wird, lassen sich auch komplette Bauteilgruppen im bereits montierten Zustand produzieren, wie z.B. eine bewegliche Seilrolle (**Bild 9**). »



Bild 11. Eine interessante Anwendung für das AKF-Verfahren sind Zwei-Komponenten-Greiferfinger aus PA und TPE (© Arburg)

Die Seilrolle wird samt Gehäuse und Befestigungshaken gefertigt und ist über Gelenke beweglich. Ihre Geometrie wurde unter Berücksichtigung der Krafteinleitung bzw. des Spannungsverlaufs optimiert und in Zugversuchen getestet. Das 61,5 g schwere Bauteil aus chemisch widerstandsfähigem Bio-Polyamid (Grilamid XE4010) ist bis 100 kg belastbar und somit auch interessant unter dem Blickwinkel Leichtbau.

Unter Berücksichtigung bestimmter Fertigungsrestriktionen bzw. des selbststützenden Winkels können sogar bewegliche Planetenrollen ganz ohne die Verwendung eines Stützmaterials hergestellt werden (**Titelbild**). In diesem Fall handelt es sich um eine Hart/Weich-Kombination aus einem TPU und PHA (Arboblend).

Individualisierte Einzelteile und funktionale Materialien

Für die industrielle Anwendung sind individuelle Kunststoffteile für Konsumgüter und medizinische Einzelteile prädestiniert. So hat der Freeformer bereits exemplarisch Sägeschablonen aus PA gefertigt, die als individualisierte Operationshilfen zum Einsatz kommen, sowie Implantate wie Schädel-, Wangen- oder Fingerknochen aus einem medizinischen PLLA (z. B. Purasorb PL18 oder Resomer LR 708), das sich nach vorgegebener Zeit von selbst im Körper auflöst (**Bild 10**).

Mehr Anwendungen für das Arburg Kunststoff-Freiformen

Belastbare Hart-Weich-Funktionsbauteile mit Stützstruktur

Auf der Formnext in Frankfurt (13. - 16.11.2018) feiert **Arburg** mit seinem Freeformer 300-3X eine Weltpremiere. Die neue große Maschine verarbeitet im Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF) drei Komponenten und ermöglicht – weltweit erstmals – die industrielle additive Fertigung komplexer Funktionsbauteile in belastbarer Hart-Weich-Verbindung mit Stützstruktur.

Beim Freeformer 300-3X steht die Bezeichnung 300 für die zur Verfügung stehende Bauteilträgerfläche in Quadratzentimetern. Diese ist um knapp 50 % größer als beim Freeformer 200-3X. Der Bauraum bietet nun Platz für größere Kleinserien und 50 % breitere Teile mit Abmessungen von bis zu 234 x 134 x 200 mm. „3X“ steht jeweils für die drei in x-, y- und z-Richtung beweglichen Achsen des Bauteilträgers.

Neu ist beim Freeformer 300-3X eine zweigeteilte Bauraumtür. Durch Aufklappen der oberen Hälfte können z. B. die Materialbehälter auch im laufenden Betrieb nachgefüllt werden. Der beheizte Bauraum muss nur noch für die Bestückung mit der Bauteilplatte und die Entnahme der Fertigteile geöffnet werden. Das automatische Öffnen und Schließen der Bauraumtür sowie optionale Schnittstellen ermöglichen zudem eine Automatisierung der additiven Fertigung und die Integration des Freeformers in komplette Fertigungslinien.

Mit den beiden Freeformern 200-3X und 300-3X deckt Arburg künftig ein deutlich breiteres Anwendungsspektrum ab. Einen Eindruck davon kann sich das Fachpublikum auf der Formnext 2018 anhand dreier Exponate und einer Vielzahl an Bauteilen verschaffen, darunter eine Auswahl an Drei- und Zwei-



Der Freeformer 300-3X erweitert das Anwendungsspektrum des Arburg Kunststoff-Freiformens. Mit den drei Austrageinheiten lassen sich komplexe Funktionsbauteile in belastbarer Hart-Weich-Verbindung additiv fertigen (© Arburg)

Komponenten-Teilen. Zu den ausgestellten Funktionsbauteilen (zum Teil auf den vorherigen Seiten abgebildet) zählen z. B. ein 2K-Greifer in Hart-Weich-Verbindung, Kabelklemmen aus PP, transparente Testscheiben aus PMMA und Faltenbalge aus einem medizinischen TPE-S.

Zur Produktmeldung:

www.kunststoffe.de/7083345

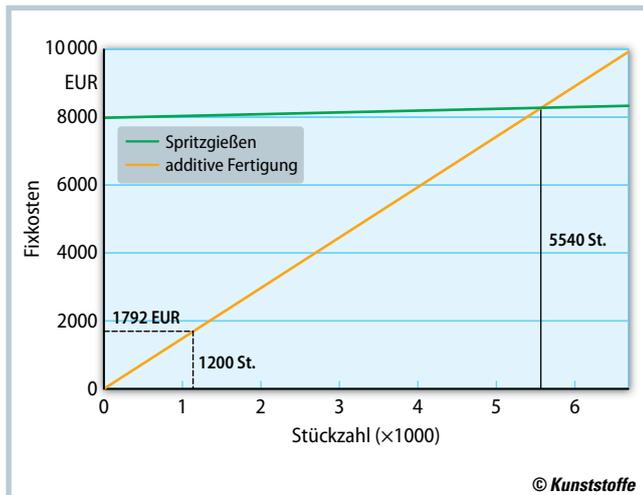


Bild 12. Das AKF-Verfahren ist die wirtschaftlichere Alternative für die Herstellung der in Arburg-Spritzgießmaschinen verbauten 1200 Abstandshalter im Jahr. Abhängig von der Bauteilgröße und -geometrie verschiebt sich der Break-Even-Point, der hier bei einer Stückzahl von 5540 liegt (Quelle: Arburg)

Vorteile erzielt die additive Fertigung auch dadurch, dass sich vor Ort tagesaktuell kleine Losgrößen fertigen lassen. Daher kann auf zusätzliche Logistikkosten und -zeiten verzichtet werden. So können Anwender für sich z. B. Ersatzteile sowie Betriebsmittel wie Montagevorrichtungen und Greifer für die Automation schnell, flexibel und kostengünstig nach Bedarf produzieren (**Bild 11**).

Mit funktionalen Materialien können gezielt zusätzliche Eigenschaften in Bauteile integriert werden. Bei den „Light-Sticks“, die das Fraunhofer ICT mit dem Freeformer additiv fertigt (siehe **Kunststoffe 5/2018**, S.34), wurden z. B. elektrisch leitfähige Carbon Nanotubes (CNT) in den Kunststoff PC+ABS eincompoundiert, sodass die eingelegte LED bei Zufuhr von Strom aufleuchtet.

Wirtschaftliche Kleinserienfertigung

Eine immer wieder aufgeworfene Fragestellung bezieht sich auf die Wirtschaftlichkeit der additiven Teilefertigung. Ein Kalkulationsbeispiel für die Arburg-Eigenfertigung zeigt, wo die Grenze liegt, ab der es Sinn ergibt, statt Spritzgießen die additive Fertigung einzusetzen (**Bild 12**). Dabei geht es um 0,09 g schwere Abstandshalter aus PEI, die in elektrischen Steckern von Allrounder-Spritzgießmaschinen verbaut werden. Der jährliche Teilebedarf liegt bei rund 1200 Stück. Der Freeformer fertigt additiv je eine Kleinserie zu 70 Stück in einer Bauzeit von rund drei Stunden.

Eine Spritzgießmaschine produziert vier dieser Bauteile in 8 s – die Jahresproduktion wäre somit in nur 40 min geschafft. Allerdings ist dafür ein entsprechendes Werkzeug erforderlich, dessen Kosten sich auf rund 8000 EUR belaufen. Der Break-Even wäre in diesem Fall erst ab einer Stückzahl von 5540 erreicht. Das AKF-Verfahren ist mit Fixkosten von 1792 EUR für die geforderten 1200 Abstandshalter also um ein Vielfaches günstiger, zudem entfällt die Lagerhaltung. Für eine wirtschaftliche Produktion ist es also erforderlich, genau zu kalkulieren, in welcher Zeit »



Bild 13. Im Rahmen eines erfolgreichen Pilotprojekts konnten Endkunden mithilfe des Freeformers individualisierte Schlüsselanhänger anfertigen lassen (© Arburg)



Bild 14. Bei einer informationstechnisch komplett vernetzten und durchgehend automatisierten Fertigungslinie für individualisierte Großserienteile bestückt ein Siebenachsroboter den Bauraum des Freeformers (© Arburg)

welche Teilmenge benötigt wird und welche weiteren, finanziell relevanten Rahmenbedingungen einzuhalten sind.

Kundenwünsche in die Wertschöpfung und das AKF in die Prozesskette integrieren

Über die additive Fertigung von Einzelteilen und Kleinserien hinaus lassen sich durch Kombination von additiver Fertigung, Spritzgießen und Industrie-4.0-Technologien Großserienteile veredeln und Kundenwünsche direkt in die Wertschöpfungskette einbinden. Wie eine solche kundenspezifische Individualisierung von Großserienteilen funktioniert, zeigte Arburg erstmals auf der Hannover Messe 2015 am Beispiel von Lichtschalter-Wippen von Gira (siehe **Kunststoffe 7/2015**, S.48). Auf der K2016 sowie der Hannover Messe 2017 wurde zudem die informationstechnisch vernetzte, räumlich verteilte Produktion „smarter“ Kofferranhänger gezeigt (**Kunststoffe 11/2016**, S.22).

Einer der ersten Arburg-Kunden, der mit dem Freeformer in Losgröße 1 nach Kundenwunsch individualisiert, ist die Lego Group. Ein Pilotprojekt startete im Sommer 2017 im Lego Brand Retail Store in Orlando, Florida/USA. Endkunden hatten die Gelegenheit, Schlüsselanhänger in Form von 4x2-Standardbausteinen mit Schriftzügen oder ihrem eigenen Namen „on demand“ veredeln zu lassen und ihr ganz persönliches Unikat gleich mitzunehmen (**Bild 13**).

Wie erstmals auf der Fakuma 2016 gezeigt, lässt sich der Freeformer zudem z. B. mit einem mobilen Kuka-Siebenachsroboter iwa automatisieren. Dazu wurde die Maschine mit einer Euro-map-Schnittstelle 67 ausgestattet, über die sie mit dem Roboter kommunizierte. Das Öffnen und Schließen der Haube erfolgte vollautomatisch, der Bauteilträger wurde ebenfalls angepasst (**Bild 14**).

Fazit

Das Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF) mit dem Freeformer ist ein für die industrielle additive Fertigung ausgelegtes offenes System. Tropfengröße und Prozessführung können gezielt an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Daraus ergeben sich materialspezifische Einstellmöglichkeiten, vergleichbar mit dem Spritzgießen. Welches das wirtschaftlichere Verfahren ist, hängt u. a. von den Stückkosten ab und muss einzelfallbezogen betrachtet werden.

Eine Optimierung der Maschinenparameter und der Datenaufbereitung trägt deutlich zu einer Verbesserung der Teilequalität bei. Versuchsreihen und mechanische Belastungstests zeigen, dass mit dem AKF-Verfahren durch eine angepasste Prozessführung materialabhängig Bauteildichten sowie Zugfestigkeiten erreicht werden, die nahezu denen von spritzgegossenen Teilen entsprechen. Funktionsbauteile aus Originalmaterial lassen sich damit wirtschaftlich einzeln oder in Kleinserie herstellen. Zudem kann der Freeformer in Fertigungslinien integriert werden, z. B. um Großserienteile zu individualisieren. ■

Die Autorin

Dr. Agnes Kloke ist Leiterin Technologieentwicklung Arburg Kunststoff-Freiformen bei der Arburg GmbH + Co KG, Loßburg; agnes_kloke@arburg.com

Service

Formnext 2018

Auf dem Arburg-Messestand können die Fachbesucher viele Bauteilbeispiele in Augenschein nehmen und an vier interaktiven Stationen selbst testen:

→ **Halle 3.1, Stand E70**

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/7060858

English Version

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