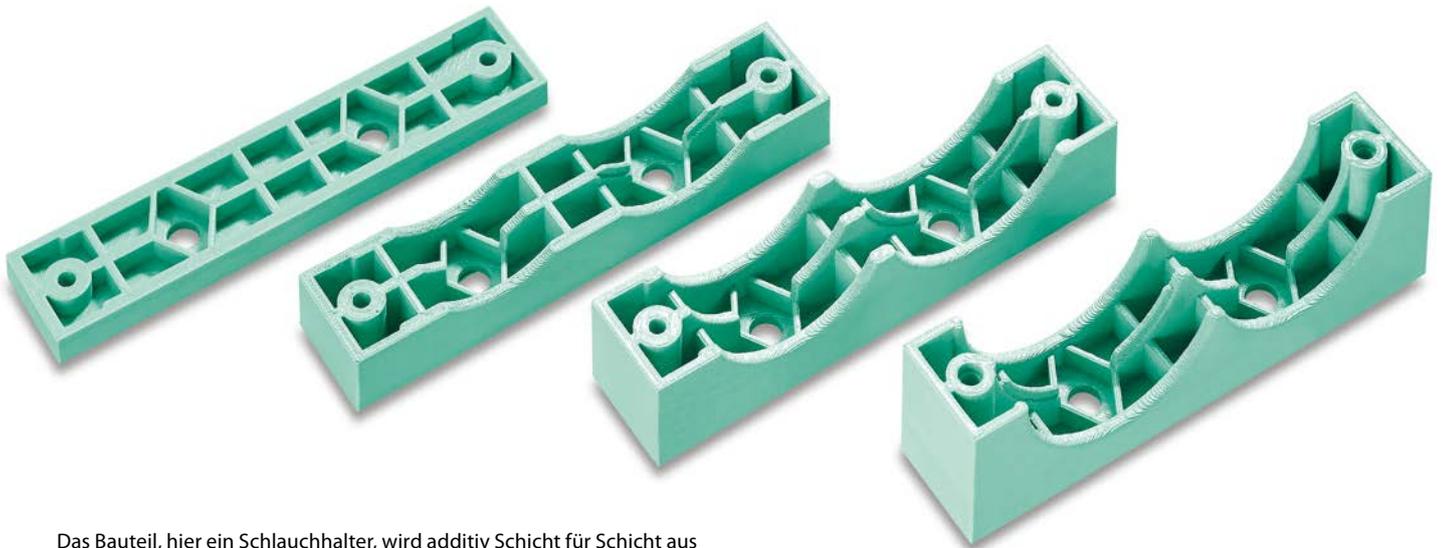


Geschichtete Funktionsteile im industriellen Maßstab

Das „Arburg Kunststoff-Freiformen“ ermöglicht die additive Fertigung aus Standardgranulat

Im selben Maße wie der Markt der Kunststoffverarbeitung verändern sich auch die Marktanforderungen. Gründe dafür sind rasante technische Entwicklungen, kurze Produktlebenszyklen, zunehmende Variantenvielfalt und der Wunsch nach individuellen Produkten. Ein neues Verfahren hat das Zeug, den Raum zwischen Rapid Prototyping und Serien-Spritzgießen zu industrieller Blüte zu führen.



Das Bauteil, hier ein Schlauchhalter, wird additiv Schicht für Schicht aus kleinsten Tropfen aufgebaut (Bilder: Arburg)

Die Vielfalt an Materialien, Anwendungen und Verfahren in der Kunststoffverarbeitung nimmt stetig zu. Bereits vor Jahren hat die Arburg GmbH + Co KG, Loßburg, das Potenzial der additiven Fertigung erkannt und aus der Perspektive eines Maschinenbauers neben dem Spritzgießen ein weiteres industrielles Verfahren entwickelt, das diesen wachsenden Markt bedient. Das sogenannte Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF) und die zugehörige Maschinenbasis, der Freeformer, feierten im vergangenen Jahr auf der K2013 Weltpremiere. Damit steht ein neues System zur Verfügung, mit dem sich nicht nur Anschauungsmuster und Prototypen, sondern voll funktionsfähige Einzelteile oder Kleinserien auf Basis von

3D-CAD-Daten aus Standardgranulaten produzieren lassen.

Weit mehr als nur 3D-Druck

Während das Spritzgießen das Verfahren der Wahl ist, wenn es z.B. in der Verpackungsindustrie und Medizintechnik um große Stückzahlen und hohe Qualitätsansprüche geht, ist die additive Fertigung branchenübergreifend prädestiniert für die effiziente Fertigung von Einzelteilen und Kleinserien. Der Begriff „additive Fertigung“ (engl.: „Additive Manufacturing“) bezeichnet alle Verfahren, bei denen auf Basis von 3D-CAD-Daten durch schichtweisen Materialauftrag ein Bauteil aufgebaut wird. Werkzeuge zur Formgebung –

wie etwa beim Spritzgießen – sind dafür nicht erforderlich.

Die Begriffe „3D-Drucken“, „Rapid Prototyping“ und „Rapid Manufacturing“ werden heute oft synonym für „additive Fertigung“ verwendet. Ihre Einsatzgebiete und die Qualität der hergestellten Bauteile unterscheiden sich jedoch erheblich:

- Das 3D-Drucken eignet sich für Studienentwürfe oder Geometriemodelle, z.B. für das Design von Kosmetikflaschen. 3D-Drucker, wie sie für einige Hundert oder Tausend Euro bereits im Baumarkt erhältlich sind, stellen Produkte in niedriger Qualität her und werden bevorzugt im Privatbereich eingesetzt.
- Mit dem Rapid Prototyping lassen sich Anschauungsmuster und Bauteile zur

Erprobung eines neuen Produkts fertigen. So hat z. B. ein Automobilhersteller Prototypen von Wischwasserbehältern unter Wüsten- und arktischen Bedingungen getestet und optimiert und dadurch mehrere Monate Entwicklungszeit gespart.

- Das Rapid Manufacturing schließlich beschreibt die industrielle additive Fertigung in hoher Qualität. Dieses Verfahren ist ideal, wenn ein Kunststoffteil schnell produziert werden soll, das nicht zu 100% die gleichen Eigenschaften wie ein Spritzteil haben muss. In die letztgenannte Kategorie ist der Freeformer einzuordnen, der Standardgranulate ähnlich wie beim Spritzgießen aufschmilzt und aus winzigen Kunststofftröpfchen voll funktionsfähige Bauteile einzeln und in Kleinserie fertigt.

Industriell genutzte Verfahren

Additive Fertigungsverfahren lassen sich auch darin unterscheiden, welche Ausgangsmaterialien zum Einsatz kommen und ob die Bauteile durch chemische oder physikalische Prozesse aufgebaut werden. In industriellen Anwendungen kommen vorwiegend drei Verfahren zum Einsatz.

Stereolithographie (STL): Die Bauteile entstehen in einem mit Epoxid- oder einem anderen Kunstharz gefüllten Materialbad. Ein über bewegliche Spiegel gesteuerter Laserstrahl härtet das Harz in dünnen Schichten aus. Die fertigen und abgetropften Bauteile werden ggf. von Stützstrukturen befreit, mit Lösungsmitteln gewaschen und unter UV-Licht vollständig ausgehärtet.

Selektives Lasersintern (SLS): Dieses Verfahren arbeitet ebenfalls mit einem Laser. Dabei wird das Bauteil in einem Bett aus pulverförmigem Werkstoff schichtweise eingeschmolzen oder gesintert. Nicht aufgeschmolzenes Pulver fungiert als Stützstruktur für Überhänge. Das SLS erfordert eine zusätzliche Infrastruktur für Folgeschritte: Das Kunststoffteil wird aus dem Pulverbett entnommen und gereinigt, das nicht aufgeschmolzene Pulver entfernt und aufbereitet.

Fused Deposition Modeling (FDM): Basismaterial ist ein fadenförmiger Kunststoff von der Rolle. Das Material wird extrudiert, über eine frei verfahrbare Heißdüse erwärmt und verflüssigt aufgetragen. Beim anschließenden Abkühlen verbinden sich die einzelnen Schichten zum

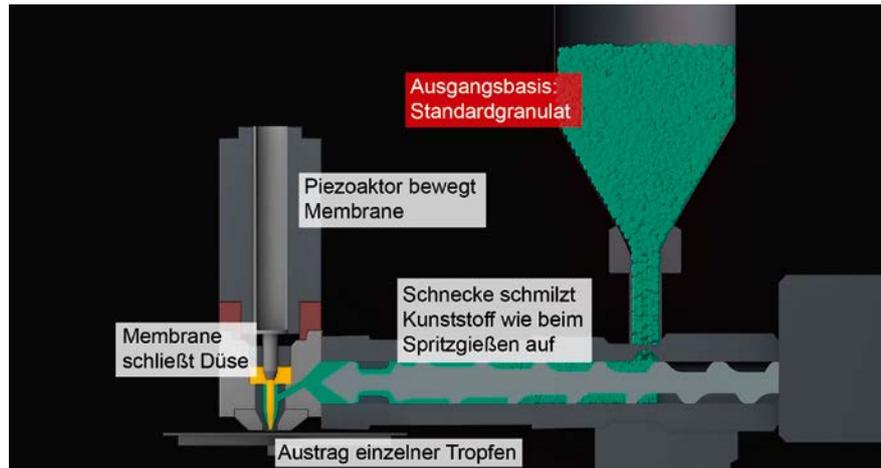


Bild 1. Das Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF) basiert auf flüssigen Kunststofftropfen, die aus Standardgranulat erzeugt und mit einer piezotechnisch gesteuerten Düse austragen werden



Bild 2. Auf Arburgs Technologie-Tagen 2014 produzierte ein Freeformer je zwölf Steckergehäuse aus ABS als Ersatzteile für Allrounder-Spritzgießmaschinen

dreidimensionalen Bauteil. Über eine zweite Heißdüse können bei Bedarf Stützstrukturen realisiert werden.

Additive Fertigung auf Basis von Standardgranulaten

Beim neu entwickelten Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF) hingegen bilden handelsübliche, kostengünstige Kunststoffgranulate die Grundlage. Sie werden ähnlich wie beim Spritzgießen zunächst in einem Plastifizierzylinder aufgeschmolzen. Eine starre Austrageinheit mit spezieller Düse trägt die Kunststofftropfen mittels hochfrequenter Piezotechnik im vorgegebenen Takt (60 bis 200 Hz) schichtweise auf einen Bauteilträger auf (**Bild 1**).

Der über drei oder fünf Achsen bewegliche Bauteilträger wird so positioniert, dass jeder Tropfen auf die vorher berechnete Stelle fällt. Für das Aushärten

sind keine speziellen Prozesse erforderlich, vielmehr verbinden sich die winzigen Tropfen beim Abkühlen von selbst. So entsteht Schicht für Schicht das gewünschte Bauteil (**Titelbild**).

Der Bauraum des Freeformers ist so ausgelegt, dass sich darin Teile in Abmessungen bis max. 230x130x250 mm herstellen lassen. Auf den Technologie-Tagen 2014 hat Arburg z. B. gezeigt, wie sich mit dem Freeformer Steckergehäuse aus ABS in kleinen Stückzahlen effizient herstellen lassen. Je zwölf dieser Ersatzteile für Allrounder-Spritzgießmaschinen entstanden in einer Bauzeit von rund 18 Stunden (**Bild 2**).

Homogener Schichtaufbau und hohe mechanische Eigenschaften

Nachdem die Schmelze im Plastifizierzylinder aufbereitet wurde, beginnt an »

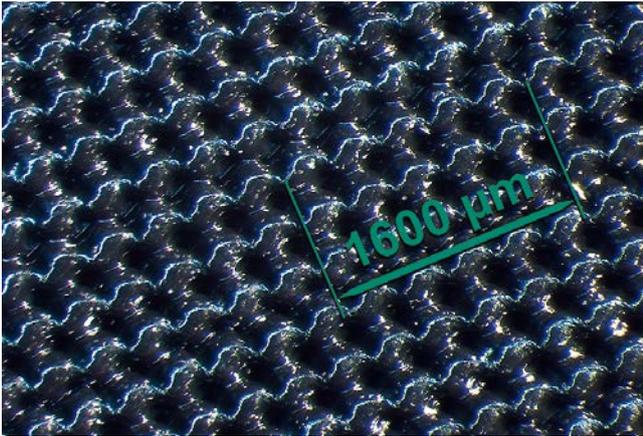


Bild 3. Die Makroaufnahme (48-fach vergrößert) einer mit dem Freeformer erzeugten Oberfläche zeigt den homogenen, dichten Schichtaufbau

der Austrageinheit mit getaktetem Düsenverschluss der zentrale Prozess der additiven Fertigung: Die unter Druck erzeugten Kunststofftropfen mit Durchmessern von 0,18 bis 0,3 mm (je nach Düse) fügen sich aneinander, verschmelzen und bauen so schichtweise das dreidimensionale Kunststoffteil auf.

Die dabei entstehende Oberfläche entspricht der eines grob strukturierten Spritzteils. Sie ist zwar tropfenförmig strukturiert, dies aber besonders gleichmäßig und in jeder Richtung, wie auch Makroaufnahmen zeigen (**Bild 3**). Begreifbar wird das z. B. bei der Herstellung eines Trinkbeckers, der mit Wasser gefüllt absolut dicht ist. Gleiches gilt etwa für Saugerkomponenten von Robotergreifern. Mit dem Freeformer hergestellt, sind sie voll funktionsfähig und ziehen keine Leckluft.

Darüber hinaus stehen verschiedene Düsengrößen zur Auswahl, die ebenfalls die Verarbeitungsparameter beeinflussen

(**Bild 4**). Je kleiner die Düse ist, desto kleiner sind die Tropfen und desto feiner wird die Oberflächenstruktur. Mit einer größeren Düse lässt sich hingegen der Schichtaufbau beschleunigen.

Messungen der Zugfestigkeit zeigen, dass die Qualität von Bauteilen, die im AKF-Verfahren produziert werden, für die meisten Funktionsteile und Kleinserien vollkommen ausreicht. Ein Unterschied gegenüber dem Spritzgießen liegt im Rissverhalten, bei dem praktisch keine Dehnungsphase auftritt. Herausforderungen liegen weniger in der Zugfestigkeit als in der Realisierung dünner Wanddicken von weniger als 0,6 mm oder filigraner Strukturen.

Der große Vorteil des AKF-Verfahrens ist, dass sich kostengünstige Standardgranulate verarbeiten lassen. Zu den bereits spezifizierten Materialien, die sich einfärben lassen, zählen derzeit ABS, PC, PA und auch weiches TPE. Die Qualifizierung weiterer Kunststoffe ist eine der Hauptauf-

gaben bei der Weiterentwicklung dieser neuen Technologie. Glasfaserverstärkte Kunststoffe hingegen eignen sich prinzipiell nicht für das AKF, da sie die Düse verstopfen würden.

Kostengünstige Standardgranulate, umweltfreundlicher Betrieb

Um zu prüfen, ob und wie ein neues Material verarbeitet werden kann, sind zahlreiche Tests und Prüfverfahren erforderlich. Zu den wichtigsten Parametern zählen die Verarbeitungstemperatur und die Temperaturbeständigkeit sowie die schichtweise Geometriezerlegung (Slicing).

Bei der Arbeit mit dem Freeformer fallen weder Staub noch Emissionen an – deshalb wird keine weitere Infrastruktur benötigt. Auf Absauganlagen oder Kühlwasser kann der Anwender komplett verzichten. Das System ist daher auch für den Einsatz in einer Büroumgebung geeignet. Alles, was erforderlich ist, sind eine Steckdose, 3D-CAD-Daten und herkömmliches Kunststoffgranulat. Das Bedienen ist denkbar einfach: Etwa ein bis zwei Tage Schulung reichen in der Regel aus, um in den Umgang mit dem Freeformer einzuweisen.

Die Steuerung und die Software zur Aufbereitung der 3D-CAD-Daten (Slicing) hat Arburg ebenfalls selbst entwickelt (**Bild 5**). Das Bedienpanel besteht aus einem leistungsstarken Industrie-PC mit Multi-Touchscreen, der über Gesten intuitiv gesteuert wird. Wie bei den Allrounder-Spritzgießmaschinen ist eine Vergabe der Zugriffsrechte mit Transponder-Karten und eine Daten-

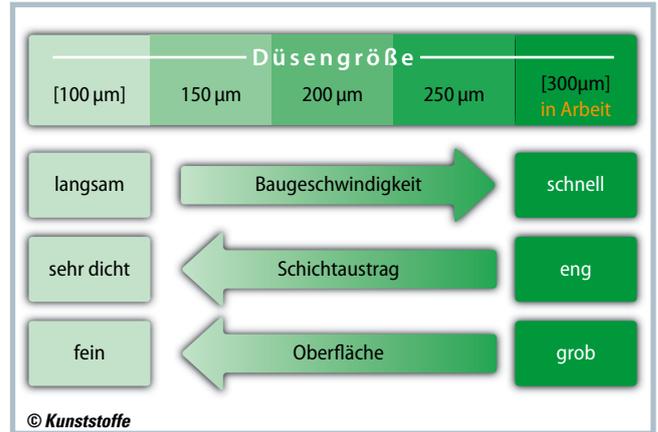


Bild 4. Der Freeformer kann mit verschiedenen Düsengrößen arbeiten. Dabei beeinflusst die Düsengröße die Verarbeitungsparameter

Bild 5. Die Steuerung für den Freeformer baut auf der bewährten Selogica für Arburg-Spritzgießmaschinen auf. Der Multi-Touchscreen arbeitet gesten-gesteuert



speicherung auf Compact-Flashkarten möglich.

Der Bediener muss lediglich die STL-Daten einlesen und das Material definieren. Daraus generiert die Steuerung selbstständig die Verarbeitungsdaten. Aber auch die individuelle Eingabe von Parametern ist möglich, z.B. wenn ein Betrieb, der sich mit der Selogica-Steuerung für Spritzgießmaschinen bereits auskennt, eigenes Material für ein bestimmtes Produkt spezifizieren will.

Verfahrensvarianten mit zwei Komponenten und Fünf-Achs-Bauteilträger

Mit einem Freeformer, der mit zwei Austrageinheiten bestückt ist, lassen sich auch Mehrkomponenten-Bauteile fertigen, z.B. in verschiedenen Farben, mit spezieller Haptik oder als Hart-Weich-Verbindung. Die beiden Materialien werden in jeder Schicht nacheinander ausgetragen. Alternativ lässt sich die zweite Komponente auch zum Aufbau von Stützstrukturen einsetzen (Bild 6).

Die Austrageinheit mit Düse bleibt immer in ihrer Position. Stattdessen be-

wegt sich in der Maschine der sogenannte Bauteilträger, auf dem das gewünschte Produkt entsteht. Standardmäßig bewegt sich der Bauteilträger über drei Achsen, eine optional erhältliche Variante mit fünf Achsen ermöglicht auch die Umsetzung von Überhängen und Hinterschnitten. Sie ist prädestiniert für rotationssymmetrische Teile, auf Stützstrukturen kann gegebenenfalls verzichtet werden. Vorteile liegen unter anderem im geringen Materialverbrauch und der zeitsparenden Herstellung ohne Nacharbeit.

Fazit

Der Markt der Kunststoffverarbeitung verändert sich, die Vielfalt an Materialien, Anwendungen und Verfahren steigt. Der Freeformer – Auslieferung in Deutschland ab Fakuma 2014 – ist für die industrielle Herstellung voll funktionsfähiger Kunststoffteile einzeln oder in Kleinserie ausgelegt. Die Alternative zu herkömmlichen additiven Verfahren wird wohl insbesondere Anwendern aus der Spritzgießbranche den Einstieg in die Welt der werkzeuglosen Teileproduktion erleich-

tern. Denn anders als bei herkömmlichen additiven Verfahren beruht das AKF auf kostengünstigen Standardgranulaten; auf vorkonfektionierte Spezialwerkstoffe kann verzichtet werden.

Das Granulat wird ähnlich wie beim Spritzgießen zunächst in einem Plastifizierzylinder aufgeschmolzen. Der Aufbau der Bauteilgeometrie aus kleinsten Kunststofftropfen ist patentiert und erfolgt über eine Austrageinheit mit piezotechnisch gesteuerter Düse. Beim Einsatz von zwei Düsen sind auch Hart-Weich-Verbindungen und andere Materialkombinationen möglich. ■

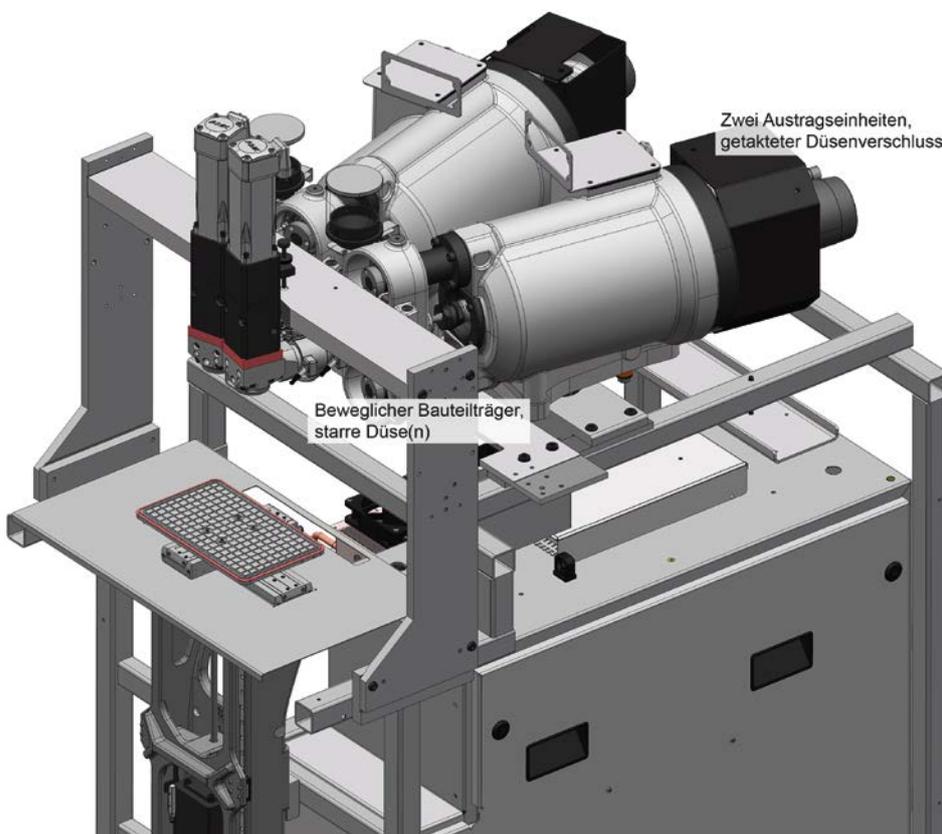


Bild 6. Mit zwei Austrageinheiten ausgestattet, kann die Maschine verschiedene Materialien verarbeiten, z.B. um Bauteile mit Hart-Weich-Verbindungen herzustellen

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Martin Neff arbeitet in Vertrieb und Technologie Kunststoff-Freiformen der Arburg GmbH + Co KG, Loßburg.

Dr. Oliver Keßling ist Abteilungsleiter AKF (Arburg Kunststoff-Freiformen) bei Arburg.

Praxisnutzen

Die additive industrielle Fertigung mit dem Freeformer ist kein Ersatz, sondern eine sinnvolle Ergänzung zum Spritzgießen: Die zentrale Frage ist und wird auch künftig sein, wie viele Teile wie schnell und wie oft produziert werden sollen. Die neue Maschine wird vor allem dann zum Einsatz kommen, wenn z.B. schnell ein Ersatzteil oder Anschauungsmuster zur Verfügung stehen muss. Innerhalb weniger Minuten ist ein Produktstart möglich. Voll funktionsfähige Einzelteile oder Kleinserien lassen sich damit nach Bedarf fertigen. Dabei bietet das Arburg Kunststoff-Freiformen Designfreiheit und Materialvielfalt. Zudem lassen sich Teilegeometrien realisieren, die spritztechnisch nicht entformbar wären. Für die Serienfertigung und große Stückzahlen wird das Spritzgießen die effizientere Lösung bleiben.

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/857315

English Version

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