

Kleine Tropfen, große Wirkung

Neue softwaregestützte Methode zur Materialqualifizierung im Kunststoff-Freiformen

Das Qualifizieren neuer Materialien auf dem Anlagentyp Freeformer ist ein komplexer Prozess. Um Anwendern, vor allem neuen Anwendern dabei eine Hilfestellung zu geben, hat die Kunststofftechnik Paderborn eine softwaregestützte Methodik entwickelt. Die Software unterstützt bei der Vorgehensweise und bei der Bestimmung der relevanten Prozessparameter. Somit wird die Materialqualifizierung vereinfacht und der Prozess effizient gestaltet.

Von der Idee zum Bauteil in wenigen Stunden: Bestandteil eines Messaufbaus für Flüssigkeiten und Gase, hergestellt im Kunststoff-Freiformen – hier der Blick in den Bauraum eines Freeformers

© KTP



Die Klassifizierung „additive Fertigung“, auch als 3D-Druck bekannt, bezeichnet Fertigungsverfahren, mit denen Bauteile durch schichtweisen Aufbau erzeugt werden. Der schichtweise Aufbau bietet aufgrund der uneingeschränkten Zugänglichkeit jeder Schicht eine große Gestaltungsfreiheit und das Potenzial, komplexe Geometrien (z.B. Hinterschneidungen, innenliegende Hohlräume, Gitterstrukturen und Freiformflächen) abzubilden. Zudem werden in der additiven Fertigung keine formgebenden Werkzeuge benötigt. Somit ist es möglich, Bauteile mit Losgröße eins und losgelöst von der Bauteilkomplexität im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren wirtschaftlich herzustellen. Dies ist vor allem in Be-

reichen, in denen die Individualisierung der Bauteile im Vordergrund steht, von Vorteil [1].

Ein kunststoffverarbeitendes additives Fertigungsverfahren ist das sogenannte Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF). Das von der Arburg GmbH + Co KG entwickelte Verfahren wurde 2013 mit dem Freeformer vorgestellt und ist damit eines der jüngeren additiven Fertigungsverfahren. Im Kunststoff-Freiformen werden aus dem Spritzgießen bekannte Plastifizieraggregate mit einer speziellen Austrags-einheit kombiniert (**Bild 1**). Ein Vorteil, den das Kunststoff-Freiformen gegenüber anderen polymerbasierten additiven Fertigungsverfahren bietet, ist, dass dabei Standardgranulate als Ausgangswerkstoff

dienen. Somit entfällt der Schritt, das Material in ein Filament oder Pulver zu überführen.

Tropfenhöhe und -breite variieren für verschiedene Materialien

Das Standardgranulat wird in einem Plastifizieraggregat aufgeschmolzen und in die Austrags-einheit gefördert. Die am Auslass der Austrags-einheit montierte Düse wird durch einen Nadelverschluss verschlossen. Ein Vielschichtpiezoaktor sorgt für eine definierte Taktung des Nadelverschlusses. Hierdurch wird die Düse bis zu 250-mal in der Sekunde geöffnet und geschlossen. Dabei werden feinste Kunststofftropfen ausgetragen und defi-

Klassiker in 2. Auflage

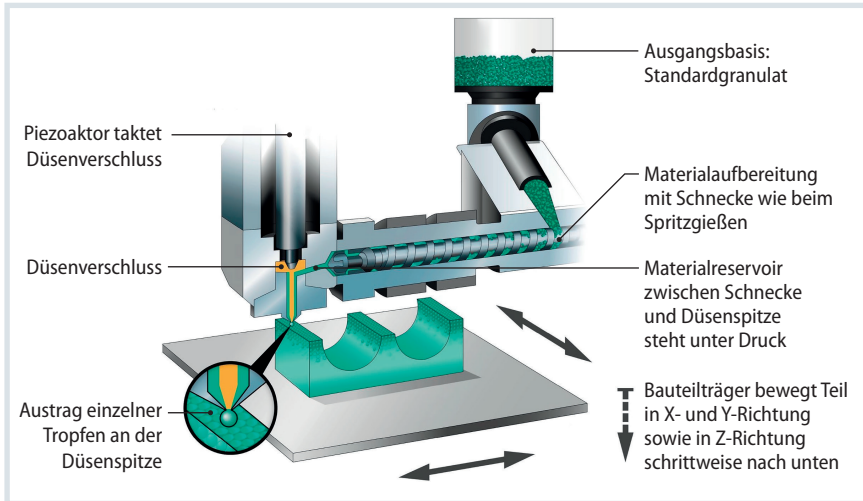


Bild 1. Schematische Darstellung des Anlagenaufbaus und der Maschinenkomponenten sowie ihrer Funktion © Arburg; Bearbeitung: Hanser

niert auf der Bauplattform bzw. auf der bereits bestehenden Bauteilstruktur abgelegt [2].

Bevor ein Material verarbeitet werden kann, muss es für den Prozess qualifiziert werden. Dafür werden zunächst die Prozesstemperaturen festgelegt. Anschließend werden die prozessrelevanten Parameter ermittelt. Darunter fällt unter anderem die Tropfengröße. Der Druck in der Austrageinheit wird durch die axiale Bewegung der Schnecke im Plastifizieraggregat aufgebaut und hat einen direkten Einfluss auf die Tropfengröße. Im Prozess wird die Tropfengröße durch den sogenannten Austrag [%] eingestellt und durch eine Anpassung der Axialbewegung der Schnecke und damit des Drucks in der Austrageinheit geregelt. Dabei legt der Wert des Austrags fest, wie groß der Tropfen im Verhältnis zum Normtropfen bei 100 % sein soll.

Bei der Bestimmung des benötigten Austrags steht zunächst die Tropfenhöhe im Mittelpunkt. Diese soll ca. 25 % größer als die eingestellte Schichtdicke sein, um eine ausreichende Schichthaftung sicherzustellen. Um den Austrag zu ermitteln, der dieses Kriterium erfüllt, werden mehrere Tropfenketten mit jeweils unterschiedlich eingestelltem Austrag erzeugt (**Bild 2**). Hier hat es sich für eine Schichtdicke von 200 µm in der Regel als ausreichend erwiesen, die Tropfenkette im Bereich zwischen 40 und 90 % Austrag zu erzeugen. In diesem Bereich werden in 10-%-Schritten Tropfenketten erzeugt, um eine ausreichende Datendichte zu erhalten.

Die Höhe und Breite der Tropfen in den Tropfenketten werden optisch gemessen. Aus diesen Daten wird zunächst der für die gewünschte Tropfenhöhe benötigte Austrag ermittelt und anschließend die zu dem Austrag korrespondierende Tropfenbreite. Für verschiedene Materialien ergeben sich dabei unterschiedliche Verhältnisse zwischen Breite und Höhe der Tropfen für denselben eingestellten Austrag. Somit muss der Austrag für jedes neu zu verarbeitende Material bestimmt werden. Darüber hinaus zeigt die Erfahrung, dass sich auch bei einem Tausch der Düse das Verhältnis zwischen Breite und Höhe der Tropfen ändern kann.

Algorithmus bestimmt Formfaktorstufen

Im nächsten Schritt der Materialqualifizierung wird der sogenannte Formfaktor bestimmt. Der dimensionslose Formfaktor beschreibt, in welchem Abstand die Tropfen zueinander in der Schicht abgelegt werden. Standardmäßig wird der Formfaktor durch den Quotienten aus Tropfenbreite und Schichtdicke angegeben. Um den Formfaktor zu validieren, werden Prüfkörper gefertigt, mit denen sich die Füllung der Bauteile visuell beurteilen lässt. Anschließend muss erfahrungsgemäß der Formfaktor in mehreren Iterationen variiert werden, bis eine Bauteilfüllung in der gewünschten Güte erreicht ist.

Seit über vier Jahren wird an der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) in- »



ISBN 978-3-446-44882-7 | € 129,99

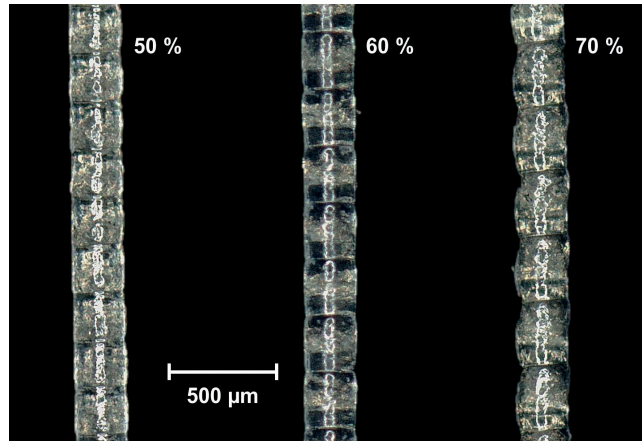


ISBN 978-3-446-46449-0 | € 49,99



ISBN 978-3-446-45462-0 | € 99,-

Bild 2. Erzeugte Tropfenketten bei 50, 60 und 70 % Austrag mit sichtbaren Unterschieden in der Tropfengeometrie © KTP



tensiv an und mit dem Freeformer geforscht. Im Rahmen von Projekten und Industrienaufträgen wurde eine Vielzahl von Materialqualifizierungen für unterschiedliche Polymere erfolgreich durchgeführt. Auf Basis der im Laufe dieser Tätigkeit gesammelten Erfahrungen hat das KTP eine neue Methodik zur Materialqualifizierung erarbeitet. Diese wird von einer eigenentwickelten Software gestützt, die es auch unerfahrenen Anwendern ermöglicht, eine Materialqualifizierung durchzuführen.

Die Unterstützung des Anwenders durch besagte Software beginnt bereits bei der Bestimmung des benötigten Austrags. Hierfür müssen lediglich die optisch gemessenen Tropfenhöhen mit den jeweiligen Austrägen in die Benutzeroberfläche eingegeben werden. Durch Angabe der eingestellten Schichtdicke für den Fertigungsprozess und des gewünschten Aufschlags auf die Tropfenhöhe von standardmäßig 25 % wird der Austrag be-

rechnet. Der vom KTP entwickelte Algorithmus macht eine Angabe der Tropfenbreite für die Berechnung des Austrags überflüssig.

Auch für die Berechnung des Formfaktors hat das KTP einen Algorithmus entwickelt, um die Präzision des Ergebnisses zu verbessern. Mit dem zuvor bestimmten Austrag und der eingegebenen Schichtdicke werden neben dem Formfaktor auch die sogenannten Formfaktorstufen berechnet. Die Formfaktorstufen geben an, ab welchem Wert des Formfaktors sich eine Änderung des Füllungsverhaltens in den für die Validierung verwendeten Prüfkörpern einstellt. Das am KTP entwickelte Konzept der Formfaktorstufen vereinfacht die möglicherweise notwendige Anpassung des berechneten Formfaktors bei der Validierung.

Die Formfaktorstufen helfen vor allem neuen Anwendern mit wenig Erfahrung im Bereich des Kunststoff-Freiformens, eine schnelle und gezielte Festlegung des Formfaktors vornehmen zu können. Hierzu wird der Anwender durch einen Dialog in der Software geführt. Dieser Dialog gibt vor, welchem Prüfkörper auf der Bauplattform welcher Formfaktor zugewiesen werden soll. Zudem visualisiert er die Bewertungskriterien für über-, unter- und gut gefüllte Bauteile. Nach Angabe des Füllgrads der jeweiligen Prüfkörper im realen Prozess durch Ankreuzen in der Benutzeroberfläche werden den Prüfkörpern die Formfaktoren für die nächste Iteration zugewiesen, falls dies notwendig ist.

Mehr Sein als Schein

Die neu entwickelte Methodik zur Materialqualifizierung wurde anhand von 36 Fallbeispielen (ABS, PA, TPE etc.) auf ihre Zuverlässigkeit geprüft. Die Ergebnisse der Prüfung zeigen eine erhebliche Steigerung der Effizienz und Präzision des Vorgehens. Vor allem die Bestimmung des rechnerischen Formfaktors ist durch den entwickelten Algorithmus sehr präzise (Bild 3). In über der Hälfte der Fälle konnte die Validierung ohne bzw. mit lediglich einer Anpassung des Formfaktors erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei konnten dank der Softwareunterstützung die zu überwindenden Formfaktorstufen gezielt angefahren und der Prozess der Materialqualifizierung damit effizient durchlaufen werden. ■

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer ist seit 2008 als Leiter des Lehrstuhls für Kunststofftechnik an der Universität Paderborn (KTP) tätig.

Felix Hecker, M.Sc. ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der KTP; felix.hecker@ktp.upb.de

André Hirsch, M.Sc. ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der KTP.

Service

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

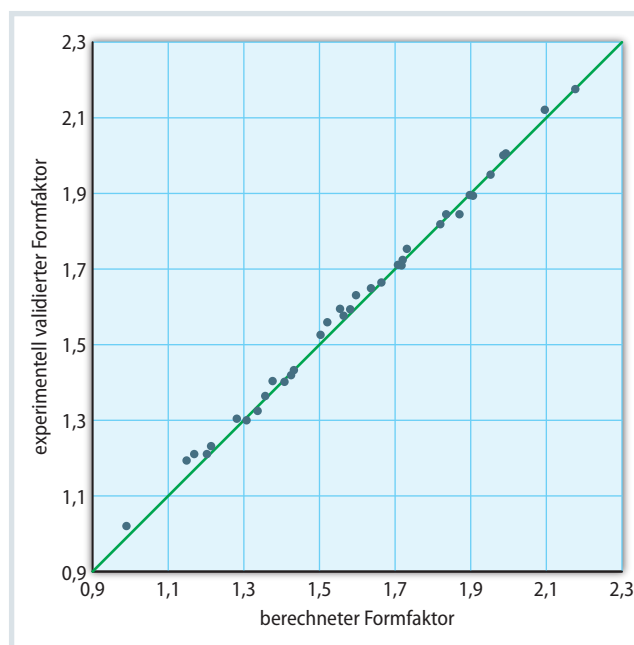


Bild 3. Korrelation zwischen den mit dem Algorithmus berechneten Formfaktoren und den finalen Formfaktoren am Ende der Validierung

Quelle: KTP; Grafik: © Hanser