

Schichtweise Überwachen

Optisches Inline-Prüfsystem für die additive Fertigung

Methoden zur Qualitätssicherung sind ein zentraler Erfolgsfaktor für die weitere Industrialisierung der additiven Fertigung. Im IGF-Forschungsprojekt „Optische Qualitätsprüfung für den Extrusions-3D-Druck (Quali3D)“ wird daher ein Prüfsystem entwickelt, welches die Güte des additiven Prozesses schichtweise überwacht. Dies soll eine umfassende Bewertung ermöglichen.

Alexander Oleff und Benjamin Küster



Bild 1. Anlage für Materialextrusion (© IPH)

Große Freiheiten bei der Produktgestaltung, die direkte und schnelle Herstellung komplexer Strukturen sowie abfallarme Prozesse sind wesentliche Vorteile additiver Fertigungsverfahren [1]. Sie sind im Bereich von Spezialanwendungen eine anerkannte Technologie [2]. Eine flächendeckende Verbreitung hat in der Industrie jedoch noch nicht stattgefunden [3].

Gründe hierfür sind variierende Bauteilqualitäten sowie Wissensdefizite in Bezug auf Prozessfähigkeiten und Stellgrößen. Auch werden Produktfehler erst am Ende einer additiven Prozesskette oder überhaupt nicht erkannt. Dies führt zu hohen Herstellungskosten und grundsätzlichen Akzeptanzproblemen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die weitere Industrialisierung sind daher Methoden zur Quali-

tätssicherung [2]. Am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) wird aus diesem Grund ein optisches Prüfsystem entwickelt, welches die Prozessgüte bei der additiven Materialextrusion kontinuierlich für jede Schicht überwachen soll.

Materialextrusion bietet zahlreiche Vorteile

Die Materialextrusion ist unter der Bezeichnung Fused Deposition Modeling bekannt geworden. In Bild 1 ist eine entsprechende Anlage dargestellt. Ein beweglicher Druckkopf mit Düse bringt in einem Extruder aufgeschmolzenes Material schichtweise und in Form von Strängen auf eine bestehende Geometrie auf [4, 5].

Die Materialextrusion ist eine der meistgenutzten additiven Technologien [1]. Dies ist unter anderem mit der Einfachheit des Prozesses und den vergleichsweise geringen Kosten zu begründen [6].

Außerdem kann ein großes Spektrum industrietauglicher Bauteileigenschaften eingestellt werden [5], da eine hohe Zahl unterschiedlicher Materialien verfügbar ist [7].

Qualitätssicherung durch optisches Prüfsystem

In Bild 2 ist der schematische Aufbau von Bauteilschichten dargestellt, die per Materialextrusion gefertigt werden. Das Forschungsziel besteht darin, generische Qualitätsmerkmale für die Bauteilschichten zu definieren und ein optisches Prüfsystem bereitzustellen, um die Werte dieser Merkmale zu erfassen und zu bewerten.

Im Ergebnis liefern die Messungen des Prüfsystems zum einen Informationen über die Streuung von Qualitätsmerkmalen und ermöglichen dem Nutzer die initiale Festlegung von Toleranzgrenzen. Zum anderen kann mit dem optischen Prüfsystem festgestellt werden, ob Qualitätsmerkmale bestimmte Anforderungen erfüllen.

Zur Realisierung des Forschungsziels wird das Vorgehen in die drei Phasen Konzeptionierung, Umsetzung und Anwendung gegliedert (Bild 3). Zu Beginn der ersten Phase werden Anforderungen an das optische Prüfsystem aufgenommen und in einem Lastenheft festgeschrieben.

Darauf aufbauend wird die Messdatengewinnung geplant, indem die Hardwarekomponenten Kamera, Objektiv und Beleuchtung ausgewählt werden. Im Messlabor des IPH werden Versuche mit unterschiedlichen Hardwarekomponenten durchgeführt, um ideale Konfigurationen zu ermitteln.

Die Konzeptionierung der Messdatenauswertung beinhaltet den Entwurf aller Funktionen zur Analyse der aufgenommenen Bilder. Die Qualität der Bilddaten wird verbessert, indem zum Beispiel Filter zur Korrektur einer inhomogenen Beleuchtung entwickelt werden.

Außerdem werden Algorithmen konzipiert, welche eindeutige Funktionen von Ausprägungen der definierten Qualitätsmerkmale sind und eine Bewertung der Schichtinformationen ermöglichen.

Entwicklung eines Demonstrators

Im Fokus der zweiten Phase steht die Umsetzung des optischen Prüfsystems als De-

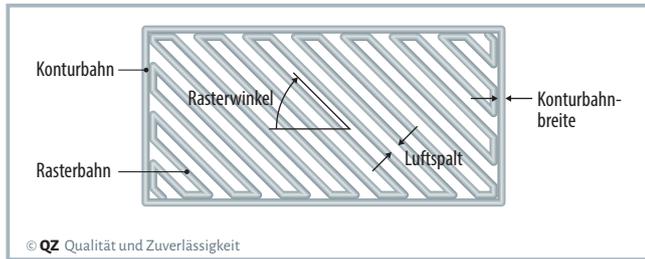


Bild 2. Schematischer Aufbau von Bauteilschichten (© IPH)

monstrator. Hierzu werden die ausgewählten Hardwarekomponenten in ein Laborgerät zur Materialextrusion eingebaut, und die konzeptionierte Messdatenauswertung wird als Software umgesetzt.

Um Bildaufnahmesequenzen mit Bewegungen des Druckkopfs zu synchronisieren, müssen Schnittstellen zwischen der additiven Anlage und der Kamera sowie der Beleuchtung hergestellt werden. Darüber hinaus wird eine grafische Benutzeroberfläche erstellt, die dem Anwender anhand von Schichtbildern Qualitätsinformationen anzeigt.

Die abschließende Anwendungsphase beinhaltet eine Validierung des Prüfsystems. Hierzu werden Herstellungszyklen von standardisierten Testkörpern sowie von Beispielbauteilen aus der industriellen Praxis geprüft und das Ergebnis mit den definierten Anforderungen aus der ersten Phase verglichen. Zudem ist geplant, das optische Prüfsystem in Anlagen zur Materialextrusion der mitwirkenden Unternehmen einzubauen und zu erproben.

Anforderungen an das optische Prüfsystem

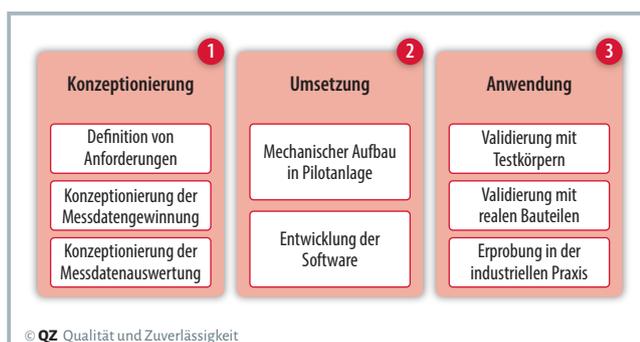
Gemeinsam mit den am Forschungsprojekt beteiligten Industriepartnern wurden Anforderungen an das Prüfsystem definiert. Ein wesentliches Ergebnis war die Erstellung eines Fehlerkatalogs. Die Fehler führen zu messbaren Abweichungen in Bezug auf die Sollgeometrie und die gewünschten Oberflächeneigenschaften der Bauteil-

schichten. Daher besteht die zentrale Anforderung an das Prüfsystem darin, die Abmessungen, die Form und die Lage der Elemente einer Schicht sowie die Farbe und die Oberflächenstruktur zu analysieren.

Die Materialextrusion dient dazu, Produkte mit unterschiedlichsten Eigenschaften herzustellen. Daher muss das Prüfsystem unabhängig von der Form und dem Material eines Bauteils funktionieren. Der Standardkunststoff ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) wird der Entwicklung des Prüfsystems zugrunde gelegt. Des Weiteren wird die Verarbeitung von verschiedenen technischen sowie von glasfaserverstärkten, kohlefaserverstärkten und metallgefüllten Kunststoffen untersucht.

Das optische Prüfsystem ist skalierbar auszulegen, da die maximal möglichen Bauteilgrößen abhängig vom Hersteller der additiven Anlage variieren. Um zeitnah auf das Ergebnis der Prüfung reagieren zu können, ist es erforderlich, dass die Datenauswertung innerhalb von einigen Sekunden erfolgt. Darüber hinaus sollten gegebenenfalls zur Durchführung von Prüfsequenzen notwendige Bewegungen des Druckkopfs minimiert werden, um die Dauer des additiven Fertigungsprozesses nicht übermäßig zu verlängern. Weitere Anforderungen bestehen darin, dass Fremdlichteinfall und Vibrationen auftreten können. Auch sind die Platzverhältnisse zum Einbau der Hardwarekomponenten beschränkt und hohe Temperaturen in den additiven Anlagen zu berücksichtigen. ■

Bild 3. Die drei Phasen des Forschungsprojekts (© IPH)



INFORMATION & SERVICE

PROJEKT

Das IGF-Vorhaben 20714 N der FQS Forschungsgemeinschaft Qualität e. V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

LITERATUR

- 1 Wohlers, T.: Wohlers Report 2018. 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. Wohlers Associates, Fort Collins 2018
- 2 Anderl, R.; Gausemeier, J.; Leyens, C.; Schmidt, M.; Schmid, H.-J.; Seliger, G.; Straube, F.; Winzer, P.: Additive Fertigung. Stellungnahme. Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, München 2016
- 3 Müller, F. G.; Bressner, M.; Görzig, D.; Röber, T.; Bauernhansl, T. (Hrsg.): Industrie 4.0: Entwicklungsfelder für den Mittelstand. Aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart 2016
- 4 DIN EN ISO/ASTM 52900: Additive Fertigung – Grundlagen – Terminologie. Entwurf. Beuth Verlag, Berlin 2018
- 5 VDI 3405: Additive Fertigungsverfahren, Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen. Beuth Verlag, Berlin 2014
- 6 Ngo, T. D.; Kashani, A.; Imbalzano, G.; Nguyen, K. T. Q.; Hui, D.: Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B 143 (2018), S. 172–196
- 7 Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B.: Additive Manufacturing Technologies. 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Dordrecht, London 2015

AUTOREN

Alexander Oleff, M. Sc., ist Projektingenieur in der Abteilung Produktionsautomatisierung des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH.
Benjamin Küster, M. Sc., ist Leiter der Abteilung Produktionsautomatisierung des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH.

KONTAKT

Alexander Oleff
T 0511 27976-224
oleff@iph-hannover.de