



Christian Lennart Elsner, M.Sc.

Fused Deposition Modeling mit Metallpulver gefüllten Kunststofffilamenten 2021

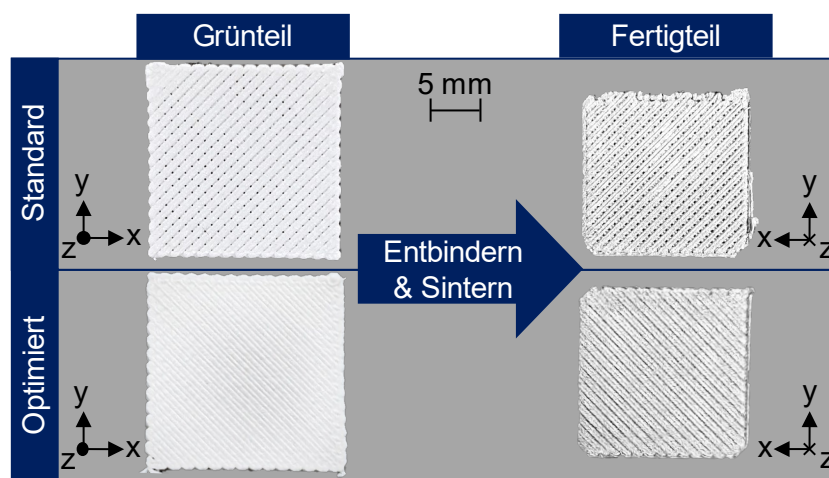
Komplexe additiv gefertigte Metallbauteile finden im industriellen Umfeld, insbesondere in Kleinserien oder als individualisierte Produkte, zunehmend Anwendung. Dazu kommen hauptsächlich das Laserstrahlschmelzen (SLM) oder das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) zum Einsatz. Als Nachteile des SLM Verfahrens sind insbesondere die hohen Investitionskosten zu nennen (> 300.000 €), welche unter anderem durch die verbauten Hochleistungslaser verursacht werden. Weiterhin ergeben sich während der Verwendung der Technologien hohe Kosten für notwendige Peripherie, wie eine Siebstation und Strahlstation. Durch die Verarbeitung von Metallpulver als Ausgangsmaterial sind zudem Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, um eine gesundheitliche Gefährdung der Maschinenbediener zu vermeiden.

Ein vergleichsweise neuer Ansatz zur Herstellung von Metallbauteilen ist die Verwendung des Fused Deposition Modeling (FDM) Verfahrens, bei welchem ein Metallpulver gefülltes Kunststofffilament zum Einsatz kommt. Die Bauteile werden dabei zunächst im FDM Prozess generiert. Hierbei wird das Filament eingezogen, aufgeschmolzen und anschließend in einer definierten Stranggeometrie schichtweise aufgetragen. Die nachfolgenden Prozessschritte entsprechen der Nachbehandlung von im Metal Injection Molding (MIM) Verfahren gefertigten Bauteilen. Dabei wird in einem ersten Schritt der in den Bauteilen (Grünteile) enthaltene Kunststoffbinder entfernt (Braunteile). Anschließend werden die verbleibenden Metallpartikeln in einem Ofen gesintert, sodass rein metallische Bauteile (Fertigteile) entstehen.

Das Projekt „Fused Deposition Modeling mit Metallpulver gefüllten Kunststofffilamenten 2021“ basiert auf dem Vorgängerprojekt „Fused Deposition Modeling mit Metallpulver gefüllten Kunststofffilamenten 2020“, in welchem der Fokus auf der Untersuchung der resultierenden mechanischen Bauteileigenschaften sowie der Festlegung von Prozessgrenzen und Designrichtlinien lag. Auf dieser Basis ist es das Ziel des Forschungsprojektes 2021, die Verarbeitung eines auf das verwendete Baumaterial Ultrafuse 316L abgestimmte Stützmaterial zu untersuchen. Dazu sollen insbesondere die Strangablageparameter sowie die Interaktion zwischen Bau- und Stützmaterial betrachtet werden, um einen zuverlässigen Prozess sicherzustellen. Das verwendete Stützmaterial zielt dabei auf eine Stabilisierung der Bauteilgeometrie über die gesamte Prozesskette ab. So sollen nicht nur im FDM kritische Geometrielemente gefertigt werden können (z. B. Überhänge), sondern auch der Verzugsneigung und dem Kollabieren des Bauteils während des Entbinderns und Sinterns entgegengewirkt werden. Dadurch wird die Herstellung von komplexeren Geometrien

ermöglicht. Die Verarbeitung der Materialien auf einer parameteroffenen FDM Anlage gewährt hierbei die Berücksichtigung einer Vielzahl an Einflussgrößen auf den Fertigungsprozess.

Im Rahmen des Projektes wurde zunächst eine materialspezifische Parameteroptimierung basierend auf einer am DMRC entwickelten Methode durchgeführt. Das Ziel hierbei war die Realisierung einer homogenen Stranggeometrie, unabhängig von der Verfahrbewegung der Austragseinheit. Durch diese Anpassung der Extrusionsparameter konnte ein konstanter Einfluss des Stützmaterials auf das Baumaterial erreicht werden. Ausgehend von der Betrachtung der Stranggeometrie wurde in einem weiteren Schritt die Interaktion zwischen Bau- und Stützmaterial untersucht. Dabei wurde der Fragestellung nachgegangen, wie die beiden Materialien im Prozess zueinander abgelegt werden müssen. Einerseits wurde eine ausreichende Stabilisierung des Bauteils angestrebt, ohne jedoch andererseits einen negativen Einfluss des Stützmaterials auf die Bauteiloberfläche zu erhalten.



Einfluss der FDM Prozessparameter auf die Verarbeitung des Stützmaterials (Grünteil) und dessen Einfluss auf die Flächenfüllung der gestützten Elemente aus Baumaterial (Fertigteil)

Auf Basis der erarbeiteten, grundlegenden Verarbeitungsparameter sind weiterführend Versuchsreihen zu unterschiedlichen Ablagestrategien und -füllgraden des Stützmaterials durchgeführt worden. Dabei ermöglicht das FDM Verfahren eine Vielzahl an möglichen Verfahrwegen der Düse, wodurch verschiedene Muster und Flächenfüllungen erzeugt werden können. Diese wiederum beeinflussen die Bauteileigenschaften. Im Falle des Stützmaterials wurde dabei untersucht, wie sich eine Änderung der Strangablage auf die Stabilitätswirkung der Stützstruktur auswirkt. Um die dokumentierten Ergebnisse der Untersuchungen validieren zu können, wurden in einem abschließenden Schritt mögliche Anwendungsbauteile gefertigt. Diese weisen jeweils eine Geometrie auf, welche die Verwendung des Stützmaterials zwingend erfordert. Die Auswertung der Bauteile nach dem Sintern (Fertigteile) mittels visueller Kontrolle lässt dabei erkennen, dass durch die Verwendung des Stützmaterials die Bauteilqualität deutlich verbessert werden kann. Das Material ermöglicht somit die Erweiterung der Anwendungsfälle bei der Verarbeitung von Metallpulver gefüllten Filamenten.

Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wurde durch die Projektpartner des DMRC gefördert. Wir danken den Projektpartnern für Ihre Unterstützung.