

# Thermische Analyse der Temperaturverteilung im additiven High-Speed Sintering Verfahren zur lokalen Optimierung von PA12-Bauteileigenschaften

Timo Huse\*<sup>1</sup>, Beril Erdogan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Fahrzeugkonzepte Stuttgart  
\*timo.huse@dlr.de

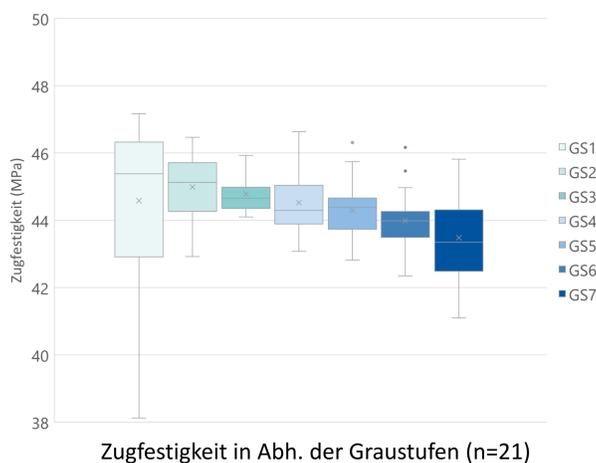
## Einleitung

Beim High-Speed Sintering (HSS) bietet der Druckkopf der Voxeljet VX200 HSS Fertigungsanlage die Möglichkeit, in sieben verschiedenen Graustufen (GS; GS1 = hellgrau, GS7 = schwarz) zu drucken [1]. Dies ermöglicht eine direkte Steuerung des Energieabsorptionsgrades durch die Infrarotlampe in das Pulvermaterial [2]. Gleichmäßig schwarz eingefärbte Bereiche führen in der Praxis zu einer inhomogenen Temperaturverteilung, wodurch es bauteilseitig zu Verzug und inneren Spannungen kommen kann [3, 4]. Um diese Herausforderungen zu adressieren, ist es entscheidend, die Temperaturverteilung genau zu verstehen und Graustufen innerhalb einer Schicht so zu implementieren, dass sie die Temperaturverteilung homogenisieren.

Ziel ist es, eine Methode zur Optimierung der Prozessparameter zu entwickeln, um die Temperaturverteilung innerhalb einzelner Schichten zu homogenisieren.

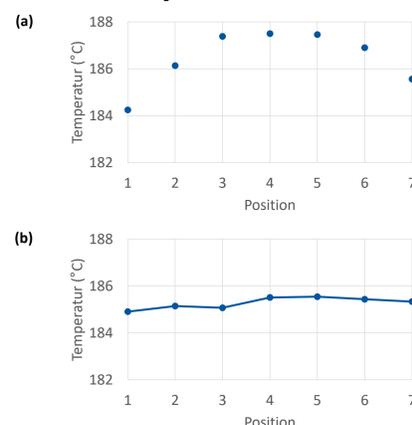
## Ergebnisse

### Mechanische Analyse:



Die durchgeführten Zugversuche zeigen, dass Zugproben, die mit GS3 generiert wurden, die geringste Streuung aufweisen.

### Thermische Analyse:



Temperatur in Abh. der Position von (a) Quadrate mit GS3 und (b) optimierter/mehrfarbiger Streifen

Die Temperaturverteilung auf dem Pulverbett ist inhomogen. Durch gezieltes Einbringen von Graustufen kann dieser Effekt reduziert werden.

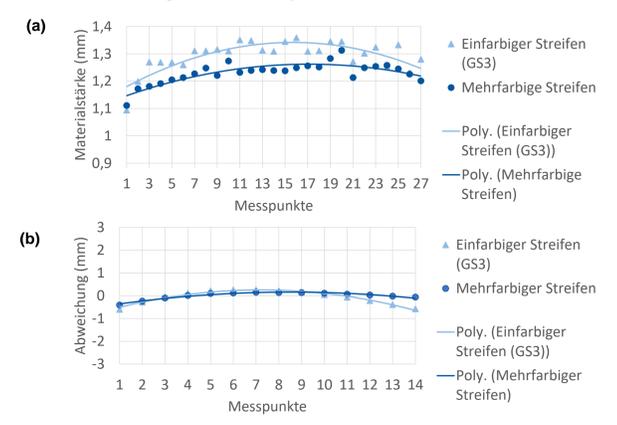
## Methode

Zunächst wurden Zugproben mit verschiedenen Graustufen zufällig auf dem Pulverbett verteilt, um den Wärmeeintrag in Abhängigkeit von der jeweiligen Graustufe und deren Position mithilfe einer Infrarotkamera zu messen. Anschließend wurden Streifen gedruckt, um die Temperaturverteilung entlang der y-Richtung zu bestimmen. Um bei der Prozessparameterfindung den Einfluss von Verzugseffekten zu minimieren, wurden ergänzend Streifen in Quadrate unterteilt, wobei gezielt Abstände zwischen diesen eingefügt wurden.

Basierend auf den daraus resultierenden Temperaturverläufen wurden mehrfarbige Streifen gefertigt, um eine homogene Temperaturverteilung entlang der y-Achse zu erreichen. Die Auswirkungen dieser Konfigurationen auf die mechanischen Eigenschaften sowie die Maßhaltigkeit der gefertigten Bauteile wurden systematisch analysiert.

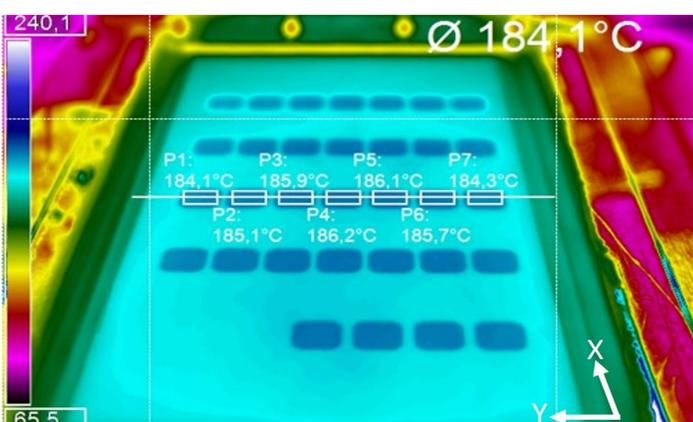


### Maßhaltigkeitsanalyse:



Abweichung von 1 mm dicken Streifen hinsichtlich (a) Materialstärke und (b) Verzug über die gesamte Länge

Die gezielte Kontrolle der Energieverteilung führt gleichermaßen zu einer deutlichen Verbesserung der Maßhaltigkeit.



Temperaturmessung in Y-Richtung während der Generierung von in Quadrate unterteilten Streifen



Einfarbiger Streifen (GS3) oben und ein in Abhängigkeit der Temperaturverteilung optimierter Streifen mit unterschiedlichen GS unten

## Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass der Graustufendruck eine effektive Methode zur Steuerung der Energieabsorption darstellt. Der gezielte Einsatz führt, neben homogenen Temperaturverteilungen und geringeren Verzugseffekten, gleichzeitig zu einer Verbesserung der Maßhaltigkeit der Bauteile.

[1]: Voxeljet AG. Voxeljet HSS-Technologie: in 5 Schritten zum 3D-Druck Polymer, 2020

[2]: C. A. Chatham, T. E. Long, C. B. Williams. A review of the process physics and material screening methods for polymer powder bed fusion additive manufacturing. Progress in Polymer Science, 2019, 93, 68–95. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2019.03.003>

[3]: M. Fahad, N. Hopkinson. Evaluation and comparison of geometrical accuracy of parts produced by sintering-based additive manufacturing processes. The Inter-national Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017, 88 (9-12), 3389–3394. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9036-z>

[4]: A. Wegner. Theorie über die Fortführung von Aufschmelzvorgängen als Grund-voraussetzung für eine robuste Prozessführung beim Laser-Sintern von Thermoplasten. Doktorarbeit, Universität Duisburg-Essen, 2015