

1 Motivation

Das Powder Bed Fusion (PBF, auch Laser Powder Bed Fusion - LPBF) ist ein additives Fertigungsverfahren, das die Herstellung von metallischen Bauteilen mit komplexen Geometrien ermöglicht, die mit herkömmlichen Verfahren, wie dem Fräsen oder Schmieden, nicht effizient gefertigt werden können [Erm21, Wil21]. Die Oberflächenqualität der mittels PBF gefertigten Bauteile ist mit einer Rauheit von oftmals $Ra \geq 10 \mu\text{m}$ für viele der vorgesehenen Anwendungen allerdings nicht ausreichend [Erm21, Gri15]. Grund dafür ist, dass die funktionellen Eigenschaften von Bauteilen durch die Oberflächenbeschaffenheit entscheidend beeinflusst werden. Insbesondere im Werkzeug- und Formenbau, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrtindustrie, aber auch in der Medizintechnik müssen die Oberflächen vieler Bauteile eine Rauheit von $Ra < 0,3 \mu\text{m}$, oftmals sogar $Ra < 0,1 \mu\text{m}$, aufweisen [Abu98].

Für viele Anwendungen ist die Oberflächennachbearbeitung nach der Fertigung mittels PBF daher ein notwendiger Prozessschritt. Industriell verbreitete, automatisierte Nachbearbeitungsverfahren sind z.B. Gleitschleifen, elektrochemisches Polieren und robotergestütztes Polieren. Diese Verfahren weisen jedoch verfahrensspezifische Limitationen auf, sodass die Nachbearbeitung von Bauteilen mit Funktionskanten und konkaven Flächen oft nicht möglich ist. Für die Nachbearbeitung von komplexen, dreidimensionalen Bauteilen ist die manuelle Politur in der industriellen Praxis oftmals Stand der Technik, obwohl diese einen großen Zeit- und Kostenaufwand verursacht und ein zunehmender Fachpersonalmangel besteht. [Die15]

Ein alternatives, automatisiertes Nachbearbeitungsverfahren für komplexe, dreidimensionale Bauteile ist das Laserpolieren. Vorteile des Laserpolierens gegenüber konventionellen Nachbearbeitungsverfahren sind die Möglichkeit der selektiven Bearbeitung, die Bearbeitung von Bauteilen mit konkaven Flächen und Funktionskanten, die im Vergleich zur manuellen Politur größeren Flächenraten und die gesteigerte Umweltfreundlichkeit durch den Verzicht auf Schleif- und Poliermittel [Erm21]. Durch das Laserpolieren können in der Regel Rauheiten bis zu einer Strukturwellenlänge¹ von $\lambda = 0,5 \text{ mm}$ effizient reduziert werden. Welligkeiten mit größeren Strukturwellenlängen werden durch das Laserpolieren nur wenig beeinflusst und teilweise neu induziert [Nüs15, Wil05].

¹ Die Strukturwellenlänge beschreibt die Wellenlänge von sinusförmigen Strukturen auf einer Oberfläche. Die Rauheit oder die Welligkeit einer technischen Oberfläche kann durch die Überlagerung verschiedener sinusförmiger Strukturen mit verschiedenen Strukturwellenlängen beschrieben werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein neuer Ansatz zur Reduzierung der Welligkeit nach dem Laserpolieren untersucht. Dabei wird die inverse Struktur der vorhandenen Welligkeit strukturiert und die Welligkeit so durch "destruktive Überlagerung" destrukturiert. Zudem soll erstmals eine Prozesskette aus Laserpolieren und Destrukturieren entwickelt werden, mit der Rauheit und Welligkeit eines Bauteils in der gleichen Anlagentechnik und mit gleicher Bauteilaufspannung reduziert werden können. Dafür muss ein Verfahren zur Strukturierung verwendet werden, welches folgende Kriterien erfüllt:

- Durch das Strukturieren darf keine Rauheit auf der Oberfläche induziert werden, da die Rauheit bereits durch das Laserpolieren geglättet wird.
- Mit dem Verfahren sollten Strukturen mit Strukturwellenlängen im Bereich der Welligkeit ($\lambda > 0,5 \text{ mm}$) strukturiert und destrukturiert werden können.

Ein Verfahren, welches die genannten Kriterien erfüllt, ist das laserbasierte Umschmelzstrukturieren. Im Rahmen dieser Arbeit soll das Umschmelzstrukturieren weiterentwickelt werden, sodass nicht-periodische² Strukturen strukturiert und nicht-periodische Welligkeiten destrukturiert werden können.

² Mathematisch betrachtet kann jede Struktur als Überlagerung von periodischen Strukturen betrachtet werden. Als nicht-periodisch werden im Rahmen dieser Arbeit Strukturen bezeichnet, die nach einer Fourier-Transformation mehr als fünf Frequenzen im Frequenzspektrum aufweisen.