

1 Einleitung

Additive Manufacturing (AM) ist eine Produktionstechnologie mit Potenzial das Spektrum konventioneller Fertigungstechnologien zu ergänzen. Weiterentwicklungen im Bereich der Anlagentechnik und eine Erhöhung der Bauteilqualität ermöglichen den nächsten Schritt vom Rapid Prototyping zur Endfertigung von Einzelteilen und Kleinserien [Woh21, S. 147]. Im Metall-AM ist das Laser Powder Bed Fusion (LPBF) das meistverwendete Verfahren. Hohe geometrische Freiheit, geringer Materialverlust, niedriger Energieverbrauch und ein hoher Automatisierungsgrad sind Vorteile des LPBF [Deb19; Sch10]. Darüber hinaus bieten die prozessspezifischen Eigenschaften des LPBF die Möglichkeit, Materialien endkonturnah zu verarbeiten, die bislang nicht oder nur unter hohem Aufwand konventionell verarbeitbar sind [Wen18b; Haa17a; Kun19]. Durch den Einsatz neuer, speziell für den LPBF-Prozess entwickelter Materialien können Werkstoffeigenschaften und Prozesseigenschaften in Kombination vorteilhaft genutzt werden.

Während bei der Anlagentechnik und dem LPBF-spezifischen Bauteildesign bereits ein hoher Reifegrad erreicht werden konnte, ist das Spektrum der verfügbaren Materialien für den LPBF-Prozess limitiert. Derzeit werden wenige unterschiedliche Legierungen im LPBF eingesetzt. Der Großteil davon wurde ursprünglich für andere Fertigungstechnologien entwickelt und wird jetzt im LPBF verwendet. [Gu12; Her16; Lew16].

Bislang finden hauptsächlich vorlegierte Pulver Anwendung, um Prozessstabilität und chemische sowie mikrostrukturelle Homogenität bei reproduzierbaren Eigenschaften zu gewährleisten [Zha16; Gu11; Che17]. Der Einsatz von Pulvermischungen ermöglicht neue Freiheitsgrade und birgt Potential, insbesondere zur Entwicklung neuer, speziell für das LPBF-Verfahren entwickelter Legierungen. Die Verwendung von Pulvermischungen aus mehreren Pulvern ermöglicht es, die chemische Zusammensetzung schnell, einfach und dezentral unmittelbar vorm Prozess zu variieren, was das Design und Screening neuer Legierungen beschleunigen kann [Can04; Yeh13].

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung des Einflusses von Pulvermischungen auf den LPBF-Prozess, die Bauteileigenschaften und die Analyse der Unterschiede zwischen vorlegierten Pulvern und Pulvermischungen sowie daraus hergestellten Probekörpern, damit zukünftig Pulvermischungen reproduzierbar und zuverlässig entsprechend der Anwendungen eingesetzt werden können. Als Beispiellegierung wird ein Hochmanganstahl (HMnS) mit 5–7 Gew% Aluminium verwendet. In vorangegangenen Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die gewählte HMnS-Legierung robust verarbeitbar ist und in einem definierten Verfahrensparameterfeld mit wenigen Defekten und einer hohen rel. Dichte (> 99,5 %) zu rechnen ist [Ewa19a; Köh20].

Zuerst wird die Ausgangssituation bzw. der Ausgangszustand der Pulver und der Pulvermischungen bestimmt. Zudem wird der Einfluss des Pulverbeschichtungsprozesses auf die Verteilung der Elemente auf der Bauplattform bei Pulvermischungen untersucht. Danach wird das Prozessverhalten abhängig von den Verfahrensparametern anhand eines vordefinierten Verfahrensparameterfeldes analysiert. An den

Probekörpern werden die rel. Dichte und die Schmelzbadgeometrie ermittelt, um das Verhalten von Pulvermischungen bei der Verarbeitung im Vergleich zu vorliegendem Pulver bewerten zu können. Des Weiteren wird die chemische Zusammensetzung in Abhängigkeit der Verfahrensparameter (Laserleistung, Belichtungsgeschwindigkeit und Spurbreite) analysiert. Anschließend wird die chemische Verteilung innerhalb eines Schmelzbades sowie die Mikrostruktur betrachtet und die mechanischen Eigenschaften von Pulvermischungen und vorliegenden Pulvern anhand von Zugversuchen bestimmt. Abschließend werden alle Ergebnisse miteinander korreliert und hinsichtlich der Gesamtzielsetzung diskutiert.