

KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

Zukunft durch Innovation und Forschung

Bauteiloptimierung unter Berücksichtigung der Prozesseinflüsse beim Laserstrahlschmelzen (OptProLas)

Eine neue Herangehensweise für die effiziente Konstruktion von additiven Bauteilen zur Erreichung einer "First-Time-Right"-Fertigung

Problemstellung

Die Additive Fertigung bietet größtmögliche Gestaltungsfreiheit bei der Konstruktion, stellt aber auch ganz andere Herausforderungen als „herkömmliche“ spanende, umformende oder urformende Fertigungsverfahren. So erreichen additiv gefertigte Bauteile häufig nicht die geforderte Maßhaltigkeit. Bei der Additiven Fertigung mittels Laser-Strahlschmelzen ist eine der Hauptursachen dafür thermisch bedingter Verzug. Durch die Modifikation von Prozessparametern, Vordeformation der Bauteile oder auch einzelnen konstruktiven Maßnahmen kann Verzug reduziert werden. Jedoch wird aktuell das Potenzial der Gestaltungsfreiheit selten ausreichend genutzt, um additiv zu fertigende Bauteile in Bezug auf die Maßhaltigkeit optimal zu konstruieren. Stattdessen werden diese häufig zunächst in Anlehnung an „herkömmliche“ Bauteile konstruiert, Maßnahmen zur Erhöhung der Maßhaltigkeit werden erst im Nachhinein ergriffen. Um von Beginn an maßhaltige Bauteile im Sinne einer „First-Time-Right“-Fertigung zu erhalten, muss die Konstruktion mit der Prozesssimulation und Auslegung kombiniert werden.

Zielsetzung

Das Arbeitsergebnis dieses Forschungsvorhabens ist ein Vorgehen, das die Simulation des additiven Fertigungsprozesses mit der Konstruktion der Bauteile wirksam verknüpft. Dies zielt darauf ab, die Potenziale der Additiven Fertigung durch eine geeignete Abstimmung von Konstruktion und Fertigung vollständig auszunutzen (Abbildung 1).

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) blickt auf eine über zehnjährige Erfahrung im Bereich Prozesssimulation beim Laser-Strahlschmelzen zurück. Aktuell wird eine Open-Source-Software entwickelt, die als Beta-Version bereits in der Serienfertigung bei der MTU Aero Engines AG zum Einsatz kommt. Diese ermöglicht die numerische Berechnung von Verformungen und Spannungen während des Fertigungsprozesses. Die Resultate werden strukturiert analysiert, um die konstruktiv bedingten Ursachen z. B. des Verzugs zu untersuchen. Die Ergebnisse werden dann für die Konstruktion genutzt. Für die Konstruktion werden Methoden mit hohem Innovationspotenzial betrachtet, die neuartige Bauteilgeometrien entstehen lassen. Dies sind einerseits Innovationsmethoden wie beispielsweise die Bionik, andererseits Optimierungsverfahren wie die Topologieoptimierung. Diese Methoden wurden bereits erfolgreich zur Kon-

struktion von additiv gefertigten Bauteilen eingesetzt. So wurde am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau (LPL) eine bionische Mikrotiterplatte entwickelt. Zur effektiven Nutzung der Simulationsergebnisse des additiven Fertigungsprozesses werden die Konstruktions- und Optimierungsmethoden angepasst. So werden bei einer Topologieoptimierung bisher nur die Belastungen des fertigen Bauteils im Betrieb und nicht die Randbedingungen durch den Fertigungsprozess berücksichtigt.

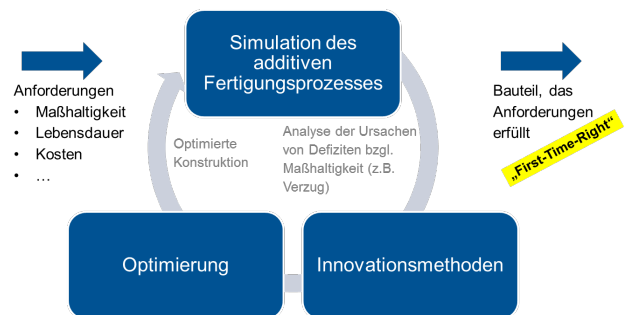


Abb. 1: "First-Time-Right"-Fertigung durch Integration von Konstruktion und Prozesssimulation

Vorgehensweise

Das Projekt gliedert sich in sechs Arbeitspakete (AP), die in Zusammenarbeit zwischen den beiden Forschungspartnern (iwb, LPL) sowie den Unternehmenspartnern durchgeführt werden (Abbildung 2).

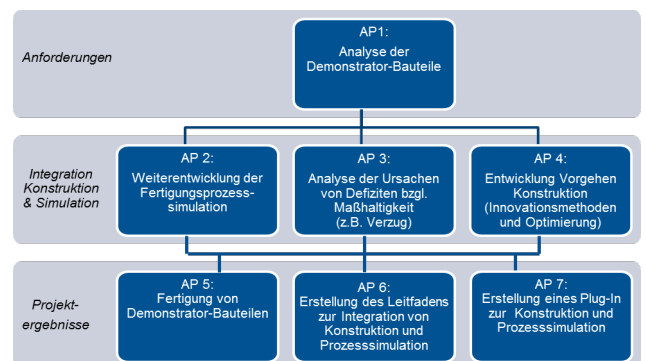
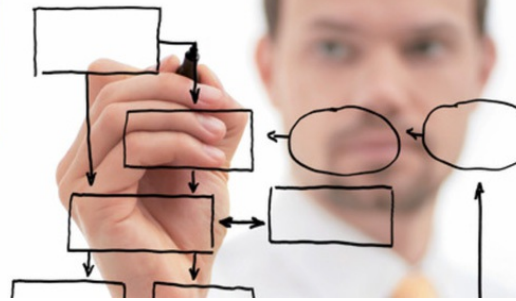
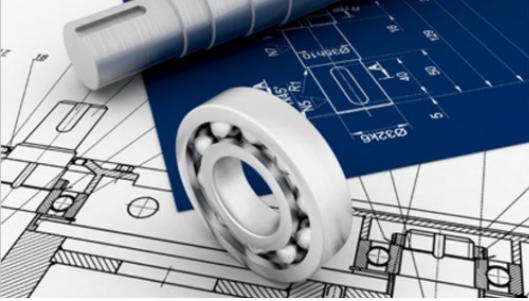


Abb. 2: Projektstrukturplan



In AP 1 werden zunächst mehrere Demonstratorbauteile analysiert, die durch die Partnerunternehmen vorgeschlagen werden. Ziel ist die Ermittlung aller relevanten Anforderungen an die Bauteile, insbesondere an die Geometrie, die Funktionen und die Fertigung.

Die folgenden zwei Arbeitspakete (AP 2, 3) werden parallel durchgeführt. Das Arbeitsergebnis ist ein Vorgehen zur Integration der Prozesseinflussgrößen des additiven Fertigungsprozesses in die Design-Optimierung. Dazu werden iterativ Prototypen der Demonstratorbauteile mithilfe von Innovations- und Optimierungsmethoden konstruiert (AP 3). Zusätzlich wird die Maßhaltigkeit bionischer Strukturen experimentell ermittelt (AP 2). Die experimentellen Ergebnisse werden dann durch Prozesssimulationen (Abbildung 3) weiter analysiert, um die konstruktiven Ursachen von Defiziten hinsichtlich Maßhaltigkeit zu ermitteln.

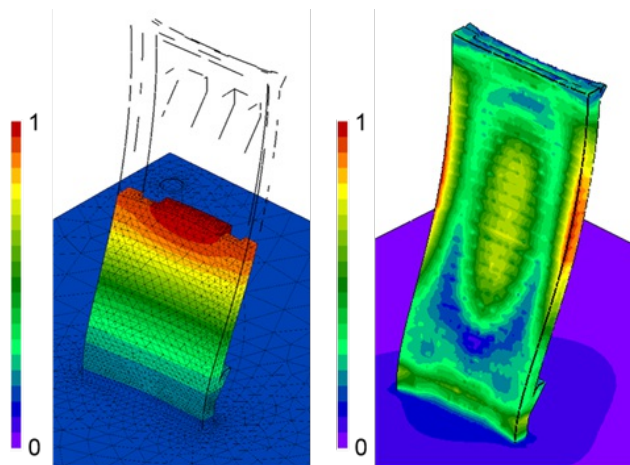


Abb. 3: Prozesssimulation des Laser-Strahlschmelzens (links: normiertes Temperaturfeld, rechts: normierte Verformung)

Die Erkenntnisse werden dann für die Konstruktion weiterer Prototypen verwendet (AP 3). So werden die Demonstratorbauteile Schritt für Schritt hinsichtlich der Maßhaltigkeit verbessert. Die Systematisierung der einzelnen Iterationsschritte ermöglicht die Entwicklung eines effizienten Konstruktionsprozesses und die Verbesserung der Innovationsmethoden und Optimierung (AP 4).

In den drei abschließenden Arbeitspaketen werden die Projektergebnisse finalisiert: Dazu werden in AP 4 die optimierten Demonstratorbauteile gefertigt. AP 5 befasst sich mit der Verknüpfung von Topologieoptimierung und Prozesssimulation sowie der Ableitung eines allgemeingültigen Vorgehens. In AP 6 wird ein Leitfaden zur Simulation und Konstruktion von additiv gefertigten Bauteilen erstellt.

Während AP 2-4 hauptsächlich auf die Demonstratorbauteile abzielen, werden die erarbeiteten Ergebnisse in AP 5 und AP 6 auf einer abstrakteren Ebene analysiert und formalisiert. Das Endergebnis ist ein Leitfaden zur Simulation und Konstruktion von additiv gefertigten Bauteilen sowie zur Erstellung einer Potenzialbewertung unterschiedlicher Konstruktionsweisen.

Ergebnisse / Nutzen

Das Projekt unterstützt mittelständische Unternehmen bei der Einführung und effizienten Nutzung der Additiven Fertigung. Dadurch werden die Entwicklungszyklen von additiv zu fertigenden Bauteilen verkürzt, die Qualität gesteigert und die Anpassungszyklen reduziert.

Das Innovationspotenzial des Vorhabens besteht in einer neuen, ganzheitlicheren Herangehensweise an die Konstruktion additiv zu fertigender Bauteile, die die Virtualisierung des Produktentwicklungsprozesses unterstützt. Ziel ist es, Konstrukteure zu befähigen, die Potenziale und Freiheitsgrade der Additiven Fertigung zu nutzen und Herausforderungen wie der Maßhaltigkeit von Bauteilen effektiv zu begegnen.

Das Projekt führt zu drei wesentlichen Ergebnissen:

- Weiterentwicklung des Prozessverständnisses des Laser-Strahlschmelzens für bionische Strukturen und deren spezifischen Merkmale
- Entwicklung eines Simulations- und Konstruktionsvorgehens sowie mehrerer Demonstratorbauteile bei den Unternehmenspartnern
- Umsetzungsorientierter Leitfaden, der allen Mitgliedsunternehmen eine Hilfestellung zur Integration von einer Simulation des additiven Fertigungsverfahrens und der Konstruktion gibt

Der Leitfaden trägt zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Mitgliedsunternehmen in der Konstruktion und Herstellung additiv zu fertigender Bauteile bei. Insbesondere ermöglicht er eine Kostenersparnis durch die Virtualisierung des Entwicklungsprozesses (Integration von Simulation und Konstruktion). So kann der Ausschuss prototypischer Bauteile vermieden und eine „First-Time-Right“-Fertigung ermöglicht werden. Es ist davon auszugehen, dass durch das Simulationswerkzeug aus dem Vorhaben die Zeit zu einem maßhaltigen Bauteil um durchschnittlich ca. 60 % reduziert wird. Zudem sind keine Verbrauchsmaterialien (Pulver und Schutzgas) sowie Maschinenbelegung notwendig.

Forschungspartner

Prof. Dr. Markus Zimmermann
Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau
Technische Universität München

Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)
Technische Universität München

Projektpartner

Bei Interesse an diesem Projekt nehmen Sie bitte Kontakt mit Herrn Dr. Liedl auf (Kontakt Daten s. unten!).