

# 3D-DRUCK ERÖFFNET UNTERNEHMEN GANZ NEUE MÖGLICHKEITEN.

Joachim Messemer, Mats Bremer, Adrian Huwer, Michael Wahl, Henrik te Heesen  
Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, Institut für Betriebs- und Technologiemanagement (IBT),  
Campusallee, 55768 Hoppstädten-Weiersbach

Die additive Fertigung erfordert ein vollständiges Umdenken in der gesamten Produktion – gezeigt wird, wie die Integration in bestehende Produktionsprozesse sowie die ressourceneffiziente Nutzung in KMU gelingen kann.

In der zukunftsweisenden Entwicklung und Konstruktion spielen additive Fertigungsverfahren eine immer wichtigere Rolle. Laut einer Umfrage von BITKOM sehen 89 Prozent der Unternehmen die additive Fertigung als eine wichtige bzw. sehr wichtige Technologie an, die ihre Branche stark verändern wird [BIT2014]. Dies bestätigt auch eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung aus dem Jahr 2016, in der über 60 Prozent der Unternehmen davon ausgehen, dass sich der 3D-Druck in den kommenden fünf bis zehn Jahren etablieren wird. Laut Sculpteo sahen 2018 bereits 93 Prozent der befragten Unternehmen die Nutzung der additiven Fertigung als Wettbewerbsvorteil an [SCU2018].

Ein enormes Hindernis für den Einsatz von additiven Fertigungsverfahren ist neben den Investitionskosten die Integration in bestehende Produktionsprozesse sowie die ressourceneffiziente Nutzung. Die generative Fertigung erfordert ein vollständiges Umdenken im gesamten Produktionsprozess, weshalb auch die Betrachtung insbesondere des Energie- und Ressourcenbedarfs in den Hintergrund rückt. Erste Untersuchungen an mit Kunststoff gedruckten Bauteilen [MES2016] zeigen große Optimierungspotenziale sowohl in der Konstruktion als auch an der Fertigungsmaschine. Des Weiteren können Geometrien und Konstruktionen, die durch konventionelle Produktionsmethoden nicht gefertigt werden konnten, direkt dreidimensional gedruckt sowie bereits vormontiert, mit integrierten Funktionen und unter Berücksichtigung von kraftfluss-orientierten Konstruktionen hergestellt werden.

## MEHR ALS NUR EIN TREND – POTENZIALE FÜR NACHHALTIGEN EINSATZ IM UNTERNEHMEN

Der Trend um den 3D-Druck geht somit über den sogenannten Hype-Zyklus hinaus und etabliert sich zunehmend in den verschiedensten Branchen. Doch für viele Unternehmen wirft die Technologie Fragen auf: "Wie lässt sich dieses neue Werkzeug sinnvoll oder auch ressourceneffizient einsetzen?" und "Welche Chancen bietet mir die Technologie?" oder auch "Wo genau ist das nachhaltig, wenn wir doch Kunststoff drucken?".

Gerade in Bezug auf die Fragen nach dem sinnvollen Einsatz und der Nachhaltigkeit wirkt der langsame Druckprozess mit Kunststoff nicht sehr zukunftsorientiert, doch die Technologie bietet in ganz anderen Bereichen der Prozesskette enormes Potenzial zur Effizienzsteigerung. Insbesondere im Bereich von Rapid-Prototyping und Rapid-



Abbildung 1: Dargestellt ist ein in einem FDM Drucker erstelltes Gehäuse für einen Mikrocomputer. (links) als Beispiel für das Rapid Prototyping.



Abbildung 2: Das Planetengetriebe zeigt die Funktionsintegration im 3D Druck.

Tooling sind unterschiedliche Druckverfahren bereits im Einsatz. Beim Rapid-Prototyping ist die „schnelle“ Erstellung von maßstabsgetreuen oder skalierten Modellen des zu konstruierenden Bauteils das primäre Ziel. Die Herstellung von Modellen, beispielsweise eines Schmuckrings, eines Maschinenbauteils oder einer Architektur, ist in der Regel sehr aufwendig und kostenintensiv. Moderne Computertechnologie und Software bieten zwar die Möglichkeit, Objekte zu virtualisieren, jedoch sind im Verlauf eines Entwicklungszyklus haptische Modelle notwendig. Durch den 3D-Druck können kunststoffbasierte Prototypen, Modelle, Funktionsmodelle aber auch Werkzeuge in vergleichbar kurzer Zeit kostengünstig hergestellt und über Zusatzgeräte nach der Nutzung sogar nahezu vollständig sogar direkt im Unternehmen recycelt werden.

## RAPID-TOOLING UND RAPID-PROTOTYPING - VORTEILE IM UNTERNEHMEN

Letzteres wird beim sogenannten Rapid-Tooling umgesetzt. Häufig werden im Betrieb äußerst spezifische Werkzeuge oder auch einfach kleine „Helfer“ benötigt, die schnell und unkompliziert dreidimensional gedruckt werden können. Durch die Integration von 3D-Druckern zur Werkzeug-, Adapter- oder auch Ersatzteilherstellung entstehen zahlreiche Vorteile im Unternehmen. Die Faszination und Flexibilität fördert die Kreativität der Mitarbeiter und führt in der Regel zu neuen Ideen zur Steigerung der Effizienz im Arbeitsablauf und Produktionsprozess.

Die Ressourceneffizienz in der additiven Fertigung entsteht nicht zwangsläufig im Fertigungsprozess. Beim Rapid-Prototyping wird die Effizienzsteigerung durch die Substitution von aufwendigen Prozessen erreicht. Beim Rapid-Tooling und im allgemeinen Betrieb werden durch die gedruckten und maßgefertigten Bauteile Prozesse und Arbeitsabläufe unterstützt oder effizienter gestaltet. Weitere Effizienzsteigerung hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs aber auch im Hinblick auf den Energieverbrauch und der dadurch entstehenden Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen können gezielt durch Leichtbau und Funktionsintegration erreicht werden, wobei die Einsparung wiederum nachrangig in der Prozesskette oder bei der Verwendung des Bauteils erzielt werden. So könnte beispielsweise ein aus zwölf Einzelteilen mit sechzehn Schrauben und einem externen Kühler ausgestattetes Bauteil durch die In-

tegration von Kühlkanälen und der Fertigungsmöglichkeiten des 3D-Drucks bereits vormontiert hergestellt werden. Durch die Reduktion auf drei Einzelteile und vier Schrauben werden zwei Stunden Montageaufwand eingespart. Die Gewichtsersparnis beginnt in der Fertigung und endet bei der Einsparung der externen Kühlung und



Abbildung 3: Ein Greifer und eine Werkzeugaufnahme (grün) gedruckt aus PLA Kunststoff.

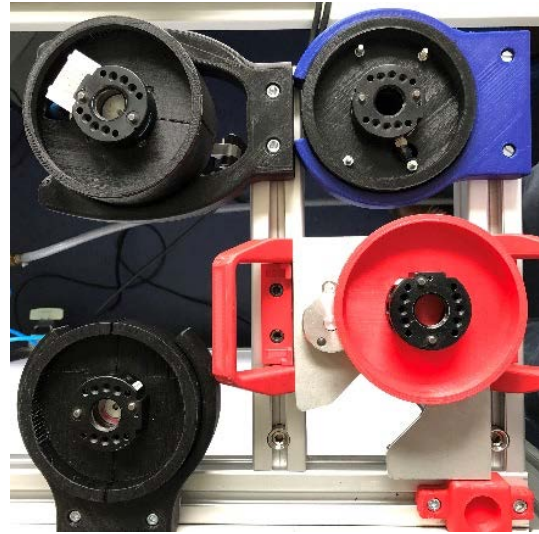


Abbildung 4: Dargestellt sind verschiedene Schnellwechselplatten für die Anbindung von Greifern an einem Roboterarm

Schrauben. Wird dieses Bauteil in einer Fertigungsstraße bewegt, könnte der Roboterarm durch das geringere Gewicht Bewegungen zehn Prozent schneller ausführen und die Motoren werden weniger stark belastet, wodurch zugleich die Produktionsrate gesteigert und der Energieaufwand reduziert werden kann.

Die verschiedenen Freiheitsgrade in der Konstruktion können im Simulations- und Designprozess gezielt für die Optimierung und den Leichtbau eingesetzt werden. Sogenannte „Lattice Structures“ sind feine Gitterstrukturen, die im Inneren von Körpern für Stabilität und Festigkeit sorgen.

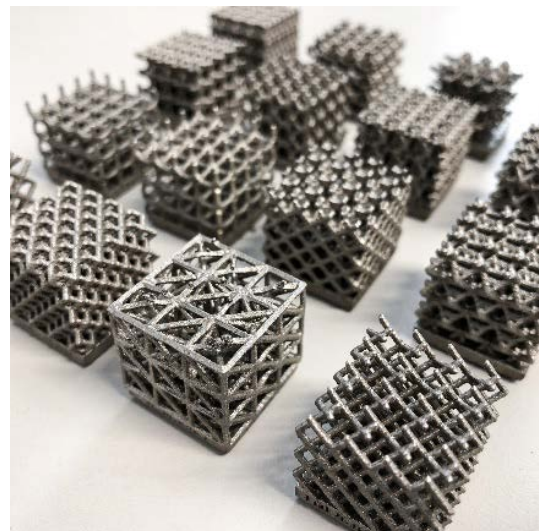
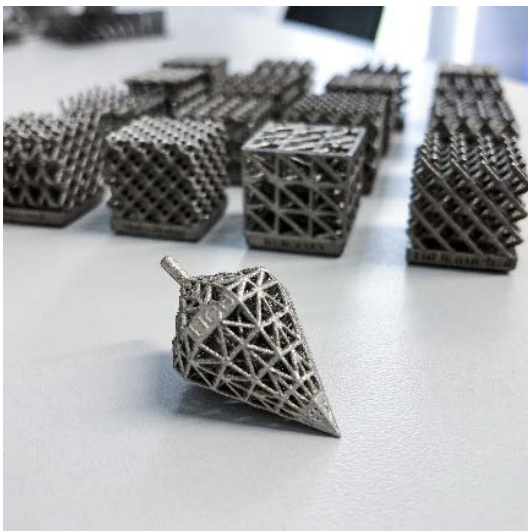


Abbildung 5 und 6: Sichtbar sind verschiedene Gitterstrukturen durch die Vollmaterial in Volumenkörpern ersetzt werden können.

## NEUES DENKEN FÜR DIE NEUEN TECHNOLOGISCHEN MÖGLICHKEITEN

Eine weitere Konstruktionsmethode zur Einsparung von Rohstoffen und der direkt davon abhängigen Fertigungszeit ist die Topologieoptimierung der Bauteile. Hierbei werden die Bauteile bereits im Simulationsprozess mit den wirkenden Kräften belegt. [HEE2020] Die Software berechnet über den resultierenden Kraftfluss die notwendigen Strukturen und Materialstärken.

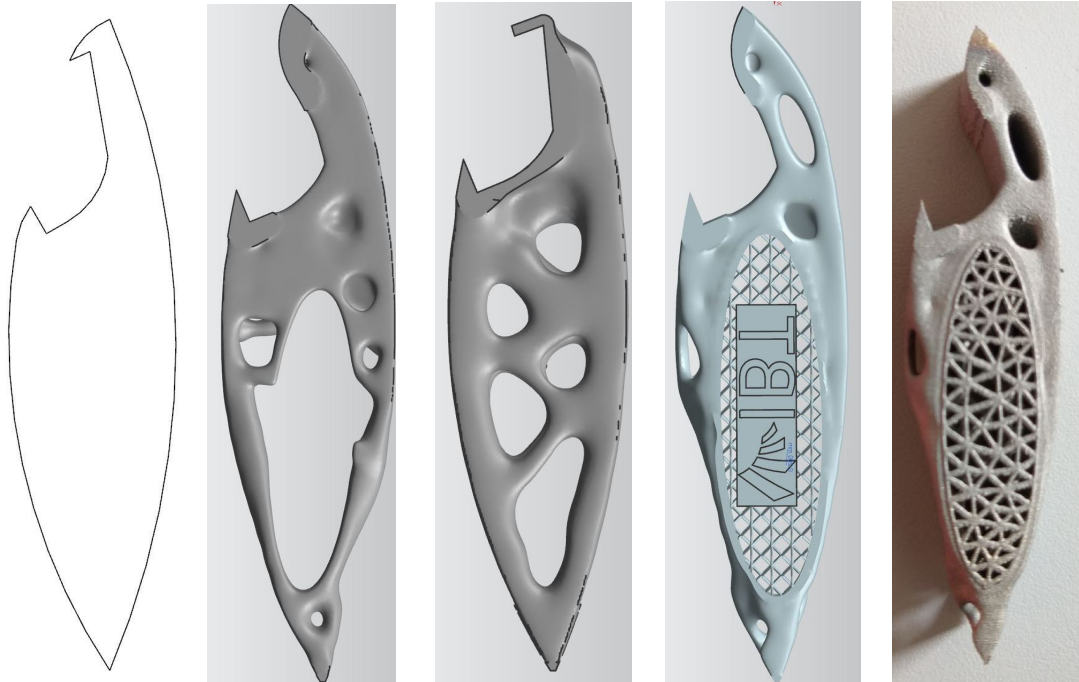


Abbildung 7: Entwicklungsschritte bei der Konstruktion und der Topologieoptimierung eines Flaschenöffners (Flaschenöffner 01-05)

Einmal mehr wird hier deutlich, dass zum effizienten Einsatz der generativen Fertigungstechnologie hohe Anforderungen an die genutzte Software, aber auch an die Konstrukteure gestellt werden. Um der additiven Fertigungstechnologie gerecht zu werden müssen Konstruktionsroutinen angepasst und erweitert werden - in der Konstruktion muss sozusagen additiv statt subtraktiv gedacht werden.

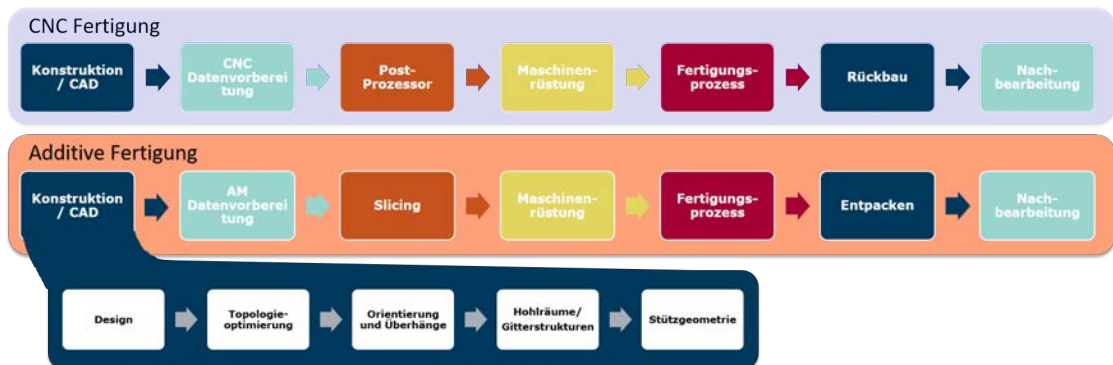


Abbildung 8: Vergleich der Prozessketten zwischen der konventionellen Fertigung und der additiven Fertigung. Prinzipiell sind vergleichbare Schritte notwendig.

## WIE ADDITIV IST DIE FERTIGUNG DER ZUKUNFT?

Eine weitere zentrale Bedeutung bekommt die generative Fertigung zusätzlich durch die Digitalisierung hin zur Industrie 4.0. Die schnelle und werkzeuglose Produktion kann mittelfristig die Lagerhaltung von Produkten oder

Ersatzteilen ersetzen und erhöht zudem den Individualisierungsgrad - das Endprodukt kann somit „On Demand“ hergestellt werden [GEB 2019]. Dies bietet, bedingt durch die Corona-Pandemie und dem damit verbundenen Einbruch des globalen Handels, Unternehmen neue Möglichkeiten in der Produktentwicklung und -fertigung. Die Platzierung von 3D-Druckern beim Kunden kann eine verzögerte Lieferung von Teilen und Ersatzteilen durch die On-Demand-Fertigung eines „Übergangsteils“ überbrücken und somit Ausfallzeiten beim Kunden reduzieren.

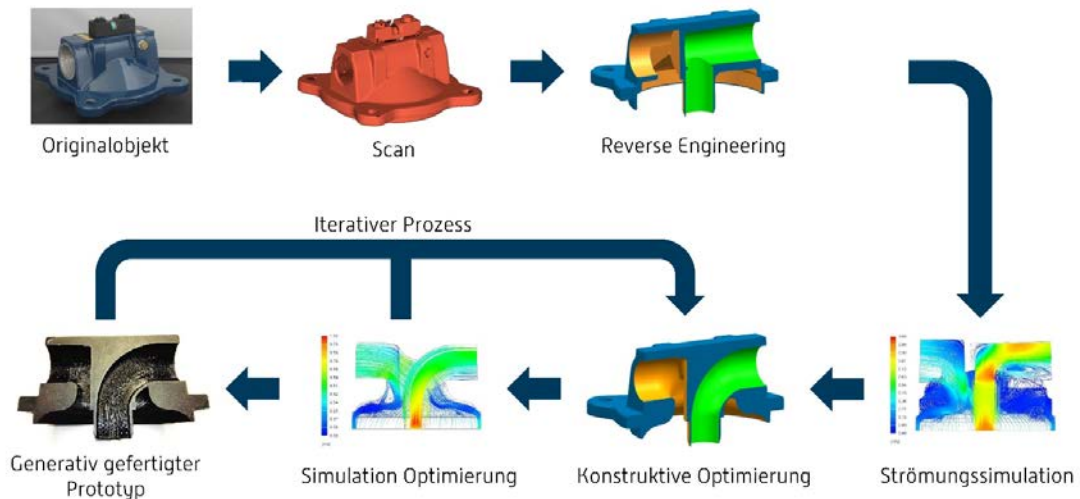


Abbildung 9: Der Ablauf eines Reverse Engineering Prozesses

Durch den Einsatz von hochpräzisen 3D-Scannern können nicht mehr lieferbare Bauteile digitalisiert und reproduziert werden. Hierbei wird die gesamte Oberfläche gescannt und in der Software als Punktwolke abgebildet. Aus der erzeugten Punktwolke kann unter Verwendung einer geeigneten Software ein CAD-Körper erstellt und in verschiedenen Formaten ausgegeben werden. Dieser Prozess wird als Reverse-Engineering bezeichnet.

Auch können individuell und präzise angepasste Bauteile speziell für den vorgesehenen Anwendungsfall konstruiert und hergestellt werden. Der hohe Individualisierungsgrad kann selbst innerhalb von Baureihen oder kundenspezifisch eingesetzt werden. Durch diese Digitalisierung ist ein Vorhalten von Ersatzteilen oder den Werkzeugen zur Fertigung dieser kann durch eine Datenbank ersetzt werden.

Ein weiterer Schritt in der Zukunft ist die Anwendung der Richtlinien für die Industrie 4.0, in der Informationen zum gesamte Produktlebenszyklus in Form von QR-Codes oder Datenchips direkt auf das generativ gefertigte Bauteil aufgebracht werden.

## LITERATUR

- [BIT2014] N. Paulsen. (2014). *Von 3D-Drucker: Erwartungen steigen*. Bitkom e.V. <https://www.bitkom.org/>
- [EAR2015] A. Earls (2015). *The road ahead for 3-D printers*. In: PwC. *The Future of 3-D Printing*
- [GEB2019] A. Gebhardt, J. Kessler, A. Schwarz (2019). *Produktgestaltung für die additive Fertigung*. Hanser, München
- [HEE2020] H. te Heesen, M. Wahl, M. Bremer, A. Huwer, J. Messemer (2020). *Heterogene Einsatzfelder der generativen Fertigung*. *Industrie 4.0 Management*. 5/2020. DOI: 10.30844/i40m\_20-4\_s25-25
- [MES2016] J. Messemer, T. Kaufmann, C. Martin, M. Neises, A. Schmidt, H. te Heesen (2016). *Untersuchung der Zugfestigkeit von FLM-Zugproben aus PLA bei Variation von Schichtdicke und Füllgrad*. *RTeJournal - Fachforum für Rapid Technologie*, Vol. 2016. Iss. 1
- [SCU2018] Sculpteo (2018). *The state of 3D printing*. Paris