



# maschinenbau

 **Leuze electronic**

the **sensor** people



**Sensordaten global verfügbar – über die lokale Unternehmenscloud hinaus**

**INDUSTRIEMAGAZIN:  
ZUM THEMA**

Höchstmögliche und  
kompakteste Sicherheit

**24**

**DOSSIER:  
SCHWEISSEN, SCHNEIDEN**

Festkörperlaser trifft  
auf Rohrbearbeitung

**56**

**DOSSIER:  
ANTREIBEN, BEWEGEN,  
AUTOMATION**

Flexible Automatisierungs-  
lösung für die Zukunft

**62**



Baden-Württemberg International

Gesellschaft für internationale  
wirtschaftliche und wissenschaftliche  
Zusammenarbeit mbH

**Ihr Partner bei der Internationalisierung**

[www.bw-i.de](http://www.bw-i.de)

# Additive Fertigung generiert Mehrwerte

Additive Fertigung oder 3D-Druck hat sich als zusätzliche Fertigungstechnologie in vielen Bereichen des Maschinenbaus etabliert. Die Vorteile der Additiven Fertigung sind insbesondere im Maschinen-, Leicht- und Werkzeugbau aber auch in der Medizintechnik offensichtlich. Kleine und mittlere Stückzahlen sind immer häufiger gefragt. Auch stehen kundenbeziehungsweise aufgabenspezifische Bauteile im Vordergrund, die über einzigartige Funktionen verfügen. Ebenso können oftmals mehrere Bauteile in einem integriert werden.

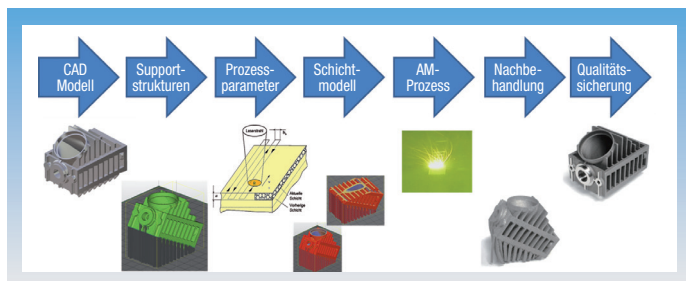


Bild 1: Prozesskette additive Fertigung am Beispiel des «Selective Laser Melting (SLM)».

Für die Entscheidung, ein Bauteil konventionell oder additiv zu fertigen, muss der Mehrwert durch einen 3D Druck klar definiert sein. Anwendungsbeispiele zeigen die Vorteile und den Mehrwert der Additiven Fertigung.

## Prozess der additiven Fertigung

Additive Fertigung ist die schichtweise Herstellung von Bauteilen von unten nach oben – im Gegensatz zu subtraktiven Fertigungsverfahren wie Drehen, Bohren oder Fräsen, bei denen von aussen nach innen Material abgetragen wird. Dank additiver Fertigung können komplexe Strukturen realisiert werden, die bis dahin nicht möglich waren.

## ZUM AUTOR

Andreas Kirchheim  
Leiter Advanced Production Technologies, Additive Manufacturing  
ZPP Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung  
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Lagerplatz 22  
CH-8401 Winterthur  
  
www.zhaw.ch/zpp  
andreas.kirchheim@zhaw.ch

Wie geht man dabei vor? Grundlegend wird ein vorhandenes 3D-CAD-Modell in Einzelschichten zerlegt. Mit dieser geometrischen Schichtinformation und den Prozessparametern kann ein additives Fertigungssystem (3D-Drucker) gesteuert werden. Ein Material wird schichtweise auf eine Arbeitsplatte aufgetragen und nach einem bestimmten additiven Fertigungsprinzip durch die jeweiligen Schichtinformationen selektiv verfestigt. Die Bauplatte wird anschliessend um die Schichtdicke abgesenkt und der Prozess wiederholt sich, bis das ganze Bauteil von unten nach oben aufgebaut ist. Für den eigentlichen 3D-Druckprozess bieten sich sehr viele unterschiedliche Technologien an. Für die additive Fertigung metallischer Teile ist das selektive Laserschmelzen, englisch «Selective Laser Melting SLM» das am weitesten verbreitete Verfahren. Das fertige Bauteil muss von der Bauplatte gelöst und oft noch thermisch nachbehandelt oder mechanisch nachbearbeitet werden (Bild 1).

Für das selektive Laserschmelzen stehen am Zentrum für Produkt und Prozessentwicklung

der ZHAW in Winterthur zwei Renishaw SLM-Maschinen für aF&E und für die Lehre und Weiterbildung zur Verfügung.

## Warum Additive Manufacturing?

Additive Fertigung oder 3D-Druck lohnt sich nur, wenn ein entsprechender Mehrwert in der Wertschöpfungskette generiert wird. Der Mehrwert zeigt sich beispielsweise bei Bauteilen, die wenig wiegen dürfen. Gewichts- und topologieoptimierte Teile finden sich insbesondere in der Luft- und Raumfahrt. Durch die additive Fertigung lassen sich Gitterstrukturen bis hin zu bionischen Strukturen realisieren, die konventionell gar nicht möglich sind. So kann die Zuladung eines Flugzeugs vergrössert oder der Treibstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoss verringert werden. Im Werkzeugbau können gewichtsoptimierte Werkzeuge leichter beschleunigt und verzögert werden. Kunden- oder anwendungsspezifische Produkte lassen sich durch den schichtweisen Aufbau direkt aus dem CAD realisieren. In der Medizinal- und Dentaltechnik finden Implantate, individuell an die Patienten angepasst, Anwendungen. Werkzeuge, Vorrichtung und Greifer können in der Fertigung produktspezifisch gefertigt und adaptiert werden. Goldschmiede und Juweliere können die Designfreiheit der additiven Fertigung im

Schmuckdesign optimal nutzen. Bauteilintegrationen (Reduktion Anzahl Bauteile) vereinfachen Montageprozesse. Durch Funktionsintegration im Sinne einer integrierten konturnahen Kühlung oder Temperierung lassen sich Spritzgussprozesse zeitlich und qualitätsmässig optimieren. Gleiches gilt für spanende Werkzeug die mit einer integrierten, angepassten Kühlung die Zerspanung verbessern.

Auch lassen sich häufig Prototypen oder Kleinserien ohne Werkzeuge direkt aus dem CAD-Modell im Sinne eines «Fast-Prototyping» schnell herstellen. Dadurch lassen sich insbesondere Entwicklungsprozesse beschleunigen und absichern (Bild 2).

## Additive Fertigung generiert Mehrwert

Wenn die Prozesskette vom richtigen «additiv gerechtem» CAD-Modell, der Auswahl der richtigen additiven Fertigungstechnologie mit den richtigen Parametern beherrscht wird, können Mehrwerte in der Wertschöpfungskette vom Prototyp bis zum fertigen Bauteil erzielt werden.

Ein Mehrwert kann das schnelle Bereitstellen von Prototypen sein, um in der Produktentwicklung sehr rasch ein Feedback zur Machbarkeit, Ergonomie, Haptik oder der Montagemöglichkeiten zu erhalten. Ein Beispiel aus dem Maschinebaustudium zeigt das Ergebnis einer Projektarbeit zur Entwicklung einer Ping-Pong-Maschine unter Nutzung von einfachen 3D-Druckern und Laser Cuttern. In nur einem Semester wurden in kleinen Studententeams Ping-Pong-Maschinen entwickelt, gebaut und erfolgreich präsentiert. Ein solches «Fast Prototyping» ist natürlich



Bild 2: Mehrwert durch additive Fertigung.

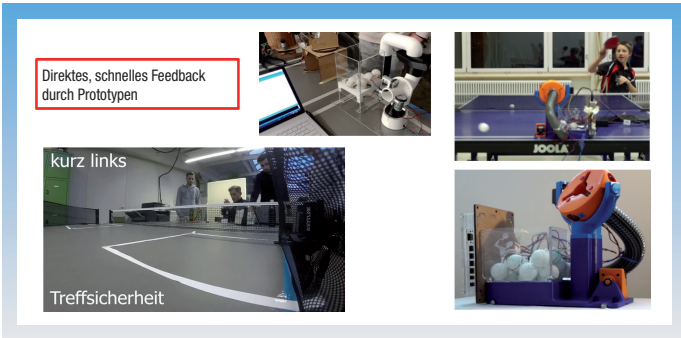


Bild 3: Additive Fertigung Prototypen Ping-Pong-Maschine, Mehrwert: Schnelles direktes Feedback in der Produktentwicklung.

aus keiner innovativen Entwicklungsabteilung mehr wegzudenken (Bild 3).

Die Gewichtsoptimierung hat insbesondere in der Luft- und Raumfahrt Bedeutung, ist aber auch bei schnell zu verfahrenen Werkzeugen und Vorrichtungen wichtig. Ein Beispiel zeigt die Aufnahmevorrichtung, wie sie in Flugzeugen zur Fixierung von Bordküchen oder Transportcontainer eingesetzt wird. Durch optimale Kombination von Topologieoptimierung und der additiven Fertigung angepassten Konstruktion konnte eine extreme Gewichtsreduktion von 82 Prozent bei gleichen Festigkeitswerten erreicht werden. Die additive Fertigung erfolgt mittels dem «Selective Laser Melting» (SLM), bei dem, in diesem Fall Titanpulver schichtweise mittels Laserstrahl aufgeschmolzen wurde (Bild 4).

Ein anderes Beispiel zeigt einen Hydraulikverteiler, der konventionell aus einem einfachen Stahlquader, der entsprechend der Randbedingungen und Anforderungen aufgebohrt beziehungsweise spanend bearbeitet wird.

In vielen Anwendungen spielt das Gewicht keine Rolle, so dass diese Lösung sicherlich die kostengünstigste ist. «Muss

der Hydraulikverteiler fliegen», sprich, wird dieser beispielsweise in einen Helikopter eingesetzt, ist er zu schwer. Reduziert auf die reine Verrohrung und Flanschfunktion zur Befestigung kann unter Einsatz der additiven Fertigung das Gewicht auf unter 5 Prozent des Originals verringert werden. Als Wärmetauscher kann mit dem selektiven Laserschmelzen sehr einfach ein Gitternetz über den Verteiler für eine bessere Kühlung gelegt werden (Bild 5).

Beim Spritzgiessen kann die Zykluszeit und die Oberflächenqualität der Spritzgussteile durch eine konturnahe Werkzeugtemperierung entscheidend verbessert werden. Das Beispiel eines Zweikavitäten-Werkzeugs zur Herstellung von Feststellmuttern eines Veloträgers aus Kunststoff zeigt, wie durch eine konturnahe Kühlung, die nur mittels additiver Fertigung herstellbar ist, die Zykluszeit um mehr als 60 Prozent reduziert wurde. Die Mehrkosten für das schichtweise aufgebaute Werkzeug in Werkzeugstahl (1.2709) konnte nach zirka 10'000 Shots amortisiert werden. Das Besondere an diesem Beispiel ist die Hybridkonstruktion, das heisst auf eine konventionell hergestellte Werkzeugplatte wurde

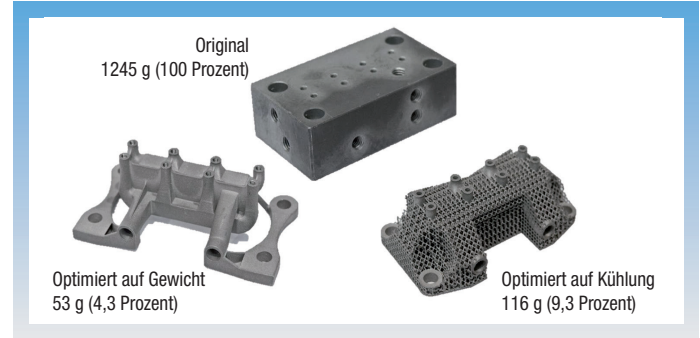


Bild 5: Additive Fertigung eines Hydraulikverteilers (1.4404), Mehrwert: Reduktion auf Funktionen, optimiertes Gewicht und optimale Kühlung.

das eigentliche Spritzgusswerkzeug mit konturnaher Kühlkanälen additiv aufgebaut (Bild 6).

Um die additive Fertigung erfolgreich anzuwenden, das heisst Mehrwert zu generieren sind folgende Voraussetzungen unabdingbar.

Am Anfang steht die Identifikation sinnvoller Komponenten und Bauteile, die sich aus technischer und wirtschaftlicher Sicht eignen. Des Weiteren ist ein vertieftes Wissen der additiven Fertigungstechnologien notwendig und es müssen die Konstruktionsregeln für die additive Fertigung, die richtigen Methoden zur Nachbehandlung und Qualitätssicherung Anwendung finden. Hilfreich am Anfang sind sicherlich auch zuverlässige und erfahrene Entwicklungs- und Fertigungspartner. Das Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung der ZHAW in Winterthur hat weitgehende Erfahrungen in folgenden Themen:

- Angepasste Produktentwicklung für die additive Fertigung,
- Wirtschaftliche und technische Machbarkeitsstudien
- Topologieoptimierung und Simulation
- Maschinenentwicklung für die additive Fertigung

- Anwendungsorientierte F&E-Projekte zur Produkt- und Prozessentwicklung in der additiven Fertigung
- Unterstützung in Form von Workshops und Schulung bei der Einführung der additiven Fertigung
- Allgemeine und kundenspezifische Aus- und Weiterbildung zum Thema Additive Fertigung

Neu in der Weiterbildung:

### Certificate of Advanced Study CAS "Additive Fertigung"

Das CAS "Additive Fertigung" vermittelt die verschiedenen additiven Fertigungsverfahren für Metall, Kunststoff und Keramik und die korrespondierenden Prozesse zur Vor- und Nachbereitung von diversen Anwendungen und vertieft diese in praktischen Übungen.

Datum, Ort

19. September 2019  
(Dauer: 15 Tage, 12 ECTS)  
ZPP/ZHAW  
Lagerplatz 22, CH-8400 Winterthur

Weitere Infos

<https://weiterbildung.zhaw.ch/de/school-of-engineering/programm/cas-additive-fertigung.html>

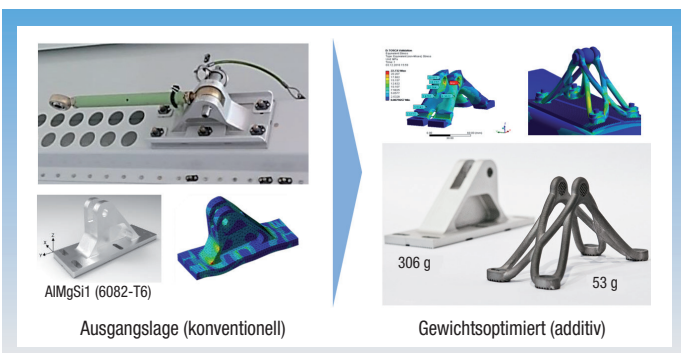


Bild 4: Additive Fertigung Aufnahmevorrichtung (Ti6Al4V), Mehrwert: 82 Prozent weniger Gewicht durch Topologieoptimierung und additive Fertigung.



Bild 6: Additive Fertigung eines Hybrid-Spritzgusswerkzeugs (1.2709), Mehrwert: Reduktion Zykluszeit Hybridwerkzeug mit konturnaher Kühlung.