

# Auch der Mittelstand SETZT AUF 3D-DRUCK

Die Anwendungsbereiche der additiven Fertigung sind vielfältig. Vor allem in großen Konzernen hat der 3D-Druck bereits zu Veränderungen der Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle geführt. Auch beim Mittelstand wächst das Interesse inzwischen deutlich. ▶ von Martin Bernhard



Bild: Marina Grigorivna/shutterstock.com

Laut einer Studie des VDMA setzen fast 80 Prozent aller Maschinenbauer auf additive Fertigung. Die Hälfte von ihnen gab an, die Technologie für das Prototyping zu nutzen, für die andere Hälfte ist sie vor allem für die Serienproduktion und zur Herstellung von Werkzeugen und Ersatzteilen relevant. Die Vorteile der additiven Fertigung liegen auf der Hand: Bauteile bestehen aus Dutzenden von Einzelteilen (Schrauben, Federn, Dichtungen etc.). Beim 3D-Druck können diese zu einem Bauteil fusioniert werden und dabei gleichzeitig ihre Funktionalität erweitern. Daraus ergeben sich eine stärkere Automatisierung, weniger Wartung, eine geringere Fehleranfälligkeit und weniger Arbeitsschritte. Im Vergleich zur konventionellen Fertigung wird bei der additiven Fertigung nur das wirklich benötigte Material verwendet. Dies ist vorteilhaft bei filigranen und leichten Bauteilen. Ein gerin-

gerer Werkzeugverschleiß, Betriebsstoffverbrauch und Stückkosten wirken sich positiv auf den Herstellungsprozess aus. Außerdem lassen sich mithilfe der additiven Fertigung kundenspezifische Bauteile und Produkte sowie Werkzeuge und Fertigungshilfsmittel erstellen, die vorher nicht im Handel verfügbar waren.

## Additiv versus konventionell

Doch nicht jedes Bauteil oder Produkt lässt sich besser oder günstiger additiv fertigen. Deshalb sollten Produktionsunternehmen im ersten Schritt sorgfältig prüfen, ob zukünftig additiv oder mit konventionellen Herstellungsverfahren gefertigt wird. Der Einsatz von additiver Fertigung ist sinnvoll, wenn beispielsweise folgende Aspekte gegeben sind:

- ▶ Eine Individualisierung des Bauteils oder Produktes bringt einen Zusatznutzen für den Kunden.

- ▶ Ein neues innovatives Produktdesign ist möglich.
- ▶ Bauteile lassen sich fusionieren, Arbeitsschritte reduzieren und die Automatisierung erhöhen. So besteht ein Mittelklassefahrzeug aus rund 7.000 bis 9.000 Einzelteilen, das überwiegend gedruckte Fahrzeug LM3D von Local Motors hingegen nur aus 80 bis 100 Einzelteilen.
- ▶ Die Materialeigenschaften und die additive Fertigung verbessern die Eigenschaften des gefertigten Bauteils, zum Beispiel Genauigkeit, Gewicht, Oberflächenbeschaffenheit, Durchbiegung oder Temperaturbelastbarkeit, um die Kundenanforderungen noch besser abzubilden.
- ▶ Die geforderten Materialeigenschaften können durch die additive Fertigung erbracht werden, beispielsweise Zugfestigkeit und Biegefestigkeit.
- ▶ Für die geforderten Eigenschaften existieren bereits additive Fertigungsverfahren für eine erprobte Serienfertigung.
- ▶ Die additive Fertigung lässt sich in die vor- und nachgelagerten Prozesse in der Entwicklung und Produktion (Vorbereitung, Werkzeugwechsel, Montagen, Hygiene, Reinigung etc.) integrieren.
- ▶ Durch die additive Fertigung können neue, innovative Geschäftsmodelle entstehen.
- ▶ Die variablen Kosten pro Kubikzentimeter eines Bauteils sind bei der additiven Fertigung günstiger als bei anderen Fertigungsverfahren. Demgegenüber stehen häufig die Beschaffungskosten, denn die Beschaffung der Maschinen für die additive Fertigung kann sehr kapitalintensiv sein, zum Beispiel „Selektives Lasersintern (SLS)“ und „Laserschmelzen (SLM)“.

## Anwendungsbereiche in der Produktion

Für den Einsatz von additiver Fertigung in der Produktion gibt es fünf verschiedene

Technologieguppen	Kurzbeschreibung	Beispielverfahren und primäre Materialien		
		Metall	Kunststoff	Sonstiges (Papier, Keramik, Sand)
<b>Vat Photopolymerization</b>	Flüssiges Photopolmer wird schichtenweise mit Lichtstrahlen ausgehärtet		- Stereolithography (SLA) - Digital Light Processing (DLP) - Continuous Liquid Interface Production (CLIP)	
<b>Material Jetting</b>	Werkstoff wird tropfenweise mit einer beheizten Düse selektiv auf das Objekt aufgetragen		Polyjet Printing (PJP)	
<b>Binder Jetting</b>	Bindemittel wird auf Pulverbett punktuell aufgetragen zur schichtenweisen Verbindung des Werkstoffpulvers	Three Dimensional Printing (3DP)		
<b>Material Extrusion</b>	Schmelzfähiger Werkstoff wird mit einer beheizten Düse schichtenweise auf das Objekt aufgetragen.		Fused Deposition Modeling (FDM)	
<b>Powder Bed Fusion</b>	Werkstoffpulver wird schichtweise durch thermische Energie (zum Beispiel Laser-, Elektronenstrahl) selektiv verschmolzen	- Electron Beam Melting (EBM) - Direct Metal Laser Sintering (DMLS/SLM)	Selective Laser Sintering (SLS)	
<b>Sheet Lamination</b>	Laminierte Werkstofffolien (z.B. Papier, Metall und anderes Folienmaterial) werden schichtenweise zugeschnitten, bspw. mittels Laser, Messer	Laminated Object Manufacturing (LOM)		
<b>Directed Energy Deposition</b>	Laserstrahl wird zum Aufschmelzen und gleichzeitigem Aufbringen eines Zusatzwerkstoffes genutzt	Laser Metal Deposition (LMD)		

Abbildung 1: Additive Fertigungsverfahren unterteilt nach ASTM/VDI-3405-Richtlinienreihe.

Anwendungsbereiche, die anhand von Beispielen vorgestellt werden:

1. Herstellung von Serienbauteilen: Die BMW Group hat zum Beispiel Ende 2018 in der Serienfertigung das einmillionste 3D-gedruckte Bauteil installiert, eine Fensterführungsschiene für den i8 Roadster. Die Komponente wird mithilfe der HP-Multi-Jet-Fusion-Technologie hergestellt, dadurch können bis zu 100 Fensterführungsschienen innerhalb von 24 Stunden produziert werden.
2. Individualisierung von Produkten (zusätzlich zur bestehenden Serienproduktion): Das niederländische Unternehmen Luxexcel fertigt 3D-gedruckte individuelle Brillengläser und Augenlinsen für seine Kunden. Früher hat man diese Produkte in aufwändigen abtragenden Schleifverfahren hergestellt, wodurch generell mehr Abfall vom eingesetzten Rohstoffstück produziert wurde, der nun vermieden wird.
3. Gesamte Fertigung eines Endproduktes: Der US-amerikanische Automobilhersteller Local Motors fertigt den Serien-PKW „LM3D“, der zu über 70 Prozent mit additiv gefertigten Bauteilen besteht. Die Bauteilanzahl wurde dabei drastisch reduziert.
4. Erstellung von Werkzeugen und Fertigungshilfsmitteln: Auch in der Produktion (neben anderen Bereichen wie Produktentwicklung und Instandsetzung) gibt es viele Anwendungsfälle, in denen sich handelsübliche Werkzeuge und Hilfsmittel nicht verwenden lassen. Diese dienen zur Unterstützung der Bediener, um präzise und sich wiederholende Arbeiten komfortabler zu erledigen. Beispiele sind Ford Deutschland mit additiv gefertigten Typenschildern und Volkswagen Autoeuropa in Portugal mit einer Pistolenschablone als Fertigungshilfsmittel, um ihren Schlagschrauber in die Felge zu führen.
5. Herstellung von Ersatzteilen: Die Bussparte von Mercedes Benz (Evobus) fertigt auftragsbezogen zirka 2.000 Kunststoff- und Metalleersatzteile im 3D-Druck. Dadurch entsteht unter anderem

## KOMPLEXES BAUTEIL GESUCHT

+ Komplettlösung gefunden

3D-DRUCK IN METALL BEI TOOLCRAFT –  
ALLES AUS EINER HAND

++ Komplexeste Bauteile aus High Performance-Legierungen ++  
Zugewinn an Wirtschaftlichkeit durch deutliche Ressourcen- und Gewichtsreduktion ++  
Topologie-Optimierung und FEM-Berechnung  
++ Neueste Anlagen, modernste Analyseverfahren sowie Wärmebehandlung im Vakuum

+ Mehr Details: [www.toolcraft.de/metall-laserschmelzen](http://www.toolcraft.de/metall-laserschmelzen)

# toolcraft

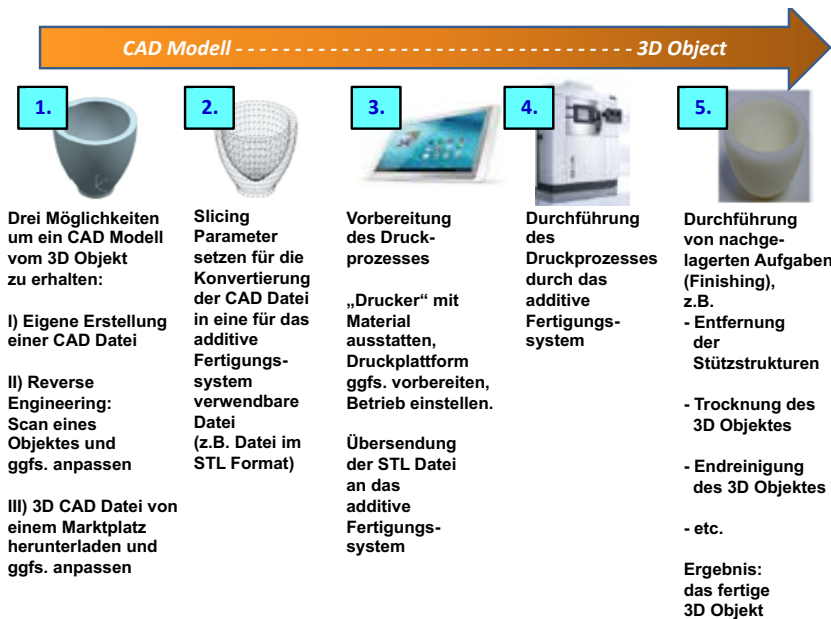


Abbildung 2: Der Additive Fertigungsprozess vom CAD-Modell hin zum 3D-Objekt.

Bild: ECG Management & Advisory Services

eine verbesserte Supply Chain mit verringerter Lagerhaltung (durch Digitalisierung der Ersatzteile) bei gleichzeitiger Kapitalkostenreduzierung.

## Prozesskette der additiven Fertigung

Bei der additiven Fertigung wird durch schichtweises Auftragen ein dreidimensionales Objekt gefertigt, das auf einer CAD-Datei basiert. Das Objekt kann aus Metall, Kunststoff, Keramik und zahlreichen anderen Materialien entstehen. Der Fügeprozess der Schichten findet durch Schmelz-, Härte- und auch Klebprozesse von Einsatzmaterialien statt, die aktuell meist in Drahtform, Pulverform, Fluid oder Folien vorliegen. Nach der ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)) und der VDI-3405-Richtlinienreihe werden sieben Technologiegruppen unterschieden: VAT Photopolymerisation, Material Jetting, Binder Jetting, Powder Bed Fusion, Material Extrusion, Sheet Lamination und Directed Energy Deposition. Diese sieben Technologiegruppen umfassen über 40 einzelne additive Fertigungsverfahren.

Durch ein additives Fertigungsverfahren werden jeweils spezifische Materialien für den Druckprozess vorgegeben. Häufig bietet der Hersteller eines 3D-Druckers auch die Materialien für den Druckprozess an. Für die über 40 verschiedenen Verfahren in der additiven Fertigung sind mittlerweile mehr als 1.000 verschiedene Materialien verfügbar (Kunststoffe, Metalle, Metalllegierungen, Keramik, Papier, flüssige Stoffe etc.).

Der Prozess von der CAD-Datei bis zum fertig gedruckten 3D-Objekt variiert abhängig vom spezifischen additiven Fertigungsverfahren. Der grundsätzliche Prozess von der CAD-Datei bis zum fertigen 3D-Objekt ist in Abbildung 2 dargestellt.

## 3D-Druck erfolgreich einführen

Der Einsatz der additiven Fertigung erfordert oft eine Umstellung und führt daher bei den Mitarbeitern zu Fragen und Umsetzungsschwierigkeiten. Daher ist es ratsam, sie früh mit ins Boot zu holen und in allen Umsetzungsschritten gezielt zu schulen. Wichtig ist auch, dass die Projektverantwortlichen das Ausmaß der Umstellungen richtig einschätzen sowie die Ansätze und Erfolgsfaktoren verstehen. Neben einer offenen Kommunikation und einem zeitnahen Training sollte man die betroffenen Mitarbeiter so einbeziehen, dass sie die Vorteile für sich selbst erkennen und das Projekt wirklich wollen. Es bieten sich alternative Einführungsmodelle an, wie eine stufenweise evolutionäre Einführung, eine flexiblere und potenziell experimentelle Form der Implementierung oder die Entwicklung einer gemeinschaftlichen schlüsselfertigen Lösung mit einem Lieferanten.

## Additive Fertigung – What's next?

Die 3D-Druck-Anwenderunternehmen gehen die weitere Nutzung der additiven Fertigung vom Prototyping hin zur stufenweisen Digitalisierung der Ersatzteilversor-

gung, Serienfertigung von Komponenten bis hin zur Fertigung einzelner Endprodukte sehr vorsichtig an. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich die additive Fertigung als ein zusätzliches Fertigungsverfahren weiter in der Industrie etablieren wird. Für die Serienfertigung spielen die Fertigungsgeschwindigkeit und die Verfügbarkeit eines konkreten additiven Fertigungsverfahrens eine große Rolle. Entsprechende Fertigungsstätten sind bereits in Einzelfällen in der Praxis zu finden. Sie zeichnen sich vor allem durch folgende Ausstattungselemente (oder eine Kombination daraus) aus:

- › Parallelisierung: mehrere parallel arbeitende additive Fertigungsverfahren
- › Der Einsatz von additiven Fertigungsverfahren mit mehreren parallel arbeitenden „Druckköpfen“, zum Beispiel dem Metalldrucksystem TruePrint 5000 von Trumpf, bei dem drei 500-Watt-Laserköpfe zeitgleich arbeiten. Ein weiteres Beispiel ist die HP-Multi-Jet-Fusion-Technologie.
- › Der Einsatz von „BAAM Systemen“ (BAAM = Big Area Additiv Manufacturing). Beispielsweise setzt Local Motors (<https://localmotors.com>) additive Fertigungssysteme mit großem Druckraum für die Fertigung der Fahrzeug-Chassis ein.
- › Einsatz von schnellen additiven Fertigungssystemen: ein Beispiel ist das Verfahren Continuous Liquid Interface Production (CLIP) AF von Carbon 3D Inc. ([www.carbon3d.com](http://www.carbon3d.com)) für Polymeranwendungen.
- › Teilweise Auslagerung von ausgewählten Bauteilen oder Komponenten an Fertigungsdienstleister, welche auf Serienfertigung spezialisiert sind.

## Praxisbeispiel für eine Produktionsstätte

General Electric hat bereits 2015 eine neue „multimodale Produktionsstätte“ in Chakan, Indien, eingeweiht. Ziel war es, in nur einer Produktionsstätte die Produkte für verschiedene Geschäftsbereiche (Öl, Gas, Luftfahrt und Transport) zu fertigen. Beispielsweise werden Bauteile und Komponenten für Dampfturbinen mit Wasseraufbereitungsanlagen und Strahltriebwerksteile hergestellt. Dies könnte zu einer massiven Veränderung in der globalen Fertigung führen. RT <

**Martin Bernhard** ist freiberuflicher Managementberater für Technologiethemata. Er gehört zum Netzwerk Comatch, einem Online-Marktplatz mit mehr als 9.000 freiberuflichen Managementberatern und Industrieexperten.