



ADDITIVE FERTIGUNG/3D-DRUCK

3D-Druck ist mit verschiedenen Materialien möglich

(Kunststoffe, Metalle, Harze, Sand/Keramiken, biologische Grundstoffe [bspw. Lebensmittel], etc.)

Grundlagen

- Schichtweiser Aufbau dreidimensionaler Produkte durch computergesteuerte Druckroboter
- Grundlage bilden Flüssigmaterialien, feine Materialpulver oder festes Vollmaterial (Metall, Kunststoff, etc.)
- Verschmelzung und Verhärtung des Grundmaterials im Verlauf des Herstellungsprozesses
- Häufige Verfahren:
 - ▶ Selektives Laser Sintern (SLS)/Selektives Laser Melting (SLM): erhitzen (beim Sintern) bzw. aufschmelzen (beim Melting) von Kunststoff- oder Metallpulver in einer Kammer durch Laser- oder Elektronenstrahl (s. Beispiel auf Folgeseite)
 - ▶ Multi-Jet Modeling (MJM): Schmelzen fester Acryl-Photopolymere, Ausgabe mittels mehrerer Düsen, Plandrücken und Aushärtung mittels UV-Licht
 - ▶ Stereolithografie (SLA/STL): Aushärten von flüssigem Epoxidharz mittels Laser in einer Kammer
 - ▶ Fused Deposition Modeling (FDM/FFF/FLM)/Schmelzschichtung: Schmelzen eines festen Kunststoffdrahts und Ausgabe mittels Düse
 - ▶ Polymergips-Drucken: Verkleben von pulverförmigem Kunststoff mittels Bindemittel in einer Kammer

Anwendungsfelder

Wichtigste Branchen mit Nutzung von 3D-Druck sind Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrtindustrie, Medizin.

Einsatz überwiegend zur Herstellung von Prototypen, Spezialanfertigungen und für Kleinserienprodukte.

Beispiele:

- kundenindividuelle Produkte (bspw. in der Zahn- und Allgemeinmedizin)
- Modelle zur Veranschaulichung (bspw. für Messe- und Vertriebsaktivitäten)
- industrieller Prototypenbau
- Kleinserienfertigung (bspw. in der Kunst- und Schmuckindustrie)
- Positiv- und Negativformen für Werkzeug-/Formenbau
- geometrisch komplexe Leichtbauteile (bspw. im Flugzeugbau)

Aktuelle Verbreitung und zukünftige Entwicklung (Literatur)

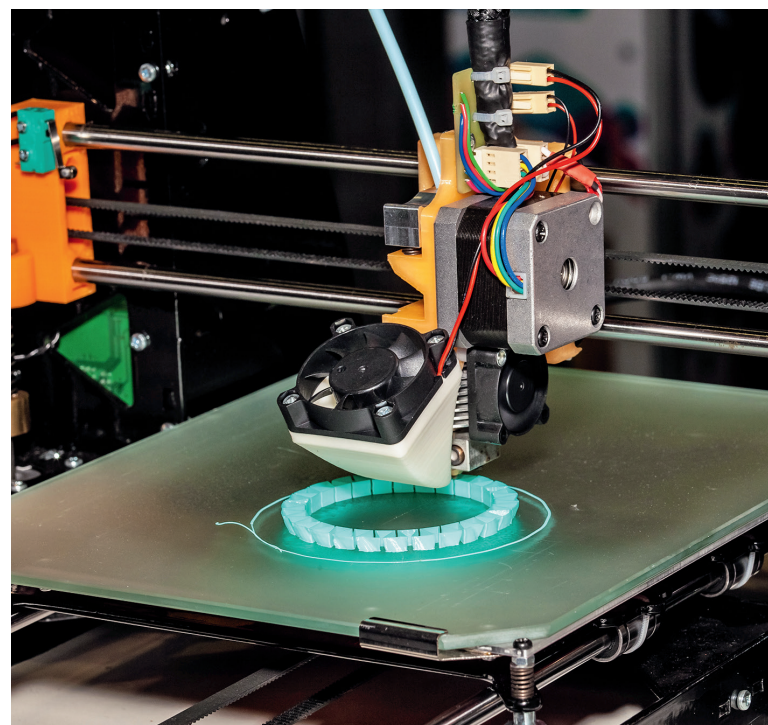
Aktuell:

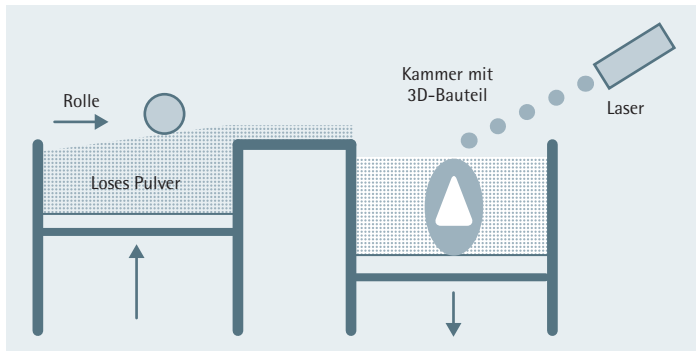
- Größter Hersteller von 3D-Druckern: XYZprinting
- In den ersten drei Quartalen 2015 wurden 174 000 3D-Drucker im Privatgeschäft verkauft und 8 700 Drucker im Industriebereich (Context, 2016)
- Nutzungsanteile für 3D-Druck: Prototypenbau 37 %, direkte Herstellung 29 % und Werkzeugbau mit 26 %, (Rest sonstige) (Hessen-Nanotech, 2015)

Zukünftig:

- 3D-Druck primärer Techniktrend 2016, Verkauf von 490 000 3D-Druckern erwartet (Gartner, 2015)
- Wachstum der 3D-Druckindustrie bis 2019 von 11 auf 27 Mrd. USD prognostiziert (IDC, 2016)
- Etablierung bei Endkunden, vollständige Akzeptanz und alltägliche Nutzung zwischen 2019 und 2024 erwartet (Gartner, 2014)
- 4D-Druck als weitere Entwicklungsstufe (mittels 3D-Druck hergestellte Polymerprodukte mit Formgedächtnis, die sich bei Temperaturänderung, Lichteinfall oder Feuchtigkeit verformen)

(siehe auch Hinweise zur Literatur)





Beispiel: Verfahren des Laser-Sinterns

Rohmaterial wird links nach oben geschoben, mit einer Rolle in den Arbeitsbereich nach rechts überführt und dort vom Laser zum fertigen Produkt aufgeschmolzen. Mit jeder produzierten Schicht fährt der Behälter mit dem Fertigprodukt je eine Schicht nach unten.

Vorteile

- neuartige Konstruktionen und Bauteilgeometrien umsetzbar, die mit konventionellen Fertigungsverfahren nicht herstellbar sind
- additive Fertigungsverfahren (kaum Materialverluste, keine Werkzeuge)
- nur ein Arbeitsgang
- schnelle Reproduzierbarkeit von Teilen
- keine Fixkosten für Werkzeuge
- bei Kunststoffdruck mehrere Werkstoffe und Farben verwendbar

Nachteile

- langsames Produktionsverfahren (bspw. im Vergleich zu Spritzguss), daher nur bedingt für größere Stückzahlen geeignet (Druckzeit beträgt – je nach Werkstoff, Druckanlage sowie Produktgröße und -geometrie – einige Minuten bis zu mehreren Tagen)
- mechanische und thermische Belastbarkeit in der Regel schlechter als bei konventionell hergestellten Vergleichsprodukten (wobei stetig technologische Verbesserungen des 3D-Drucks erarbeitet werden)
- Fertigungsgenauigkeit hängt stark von Material und Druckertechnologie ab

Wirtschaftlichkeit

- Aufbau einer eigenen 3D-Druckanlage und Nutzung eines 3D-Druckdienstleisters sind abzuwägen
- Anschaffungskosten von 3D-Druckern im Privatbereich i. d. R. < 5 000 EUR, professionelle(re) 3D-Drucker i. d. R. < 40 000 EUR, komplette Anlagen im High-Tech-Bereich bis zu 1,3 Mio. EUR
- Materialkosten liegen – je nach Verfahren und Material – zwischen 0,05 EUR/cm³ und 1,05 EUR/cm³
- Druckprozess kann unabhängig von der Anwesenheit von Mitarbeitern stattfinden (bspw. über Nacht, um günstigere Stromtarife nutzen zu können)
- (fast) keine Ausschusskosten
- SLS/SLM gelten als – mit Abstand – teuerste Verfahren und unterliegen den schärfsten Regularien (wg. Einsatz starker Laser)

Auswirkung auf Arbeitsorganisation

- Grundlage für 3D-Druck ist die Bauteil-Konstruktion am Computer (CAD-Kenntnisse erforderlich) oder das 3D-Scannen eines Modells (i. d. R. mit anschließender Nachbearbeitung am Computer)
- Produktherstellung erfordert keine Kenntnisse der Materialverarbeitung; Computerkenntnisse für Senden des Druckauftrags und Wartung des Druckers sind ausreichend
- Logistikaufwand kann entfallen, wenn Abnehmer Produkte – in Lizenz – selbst drucken (»dezentrale Produktion« durch austauschbare und örtlich unabhängige Druckkapazitäten)
- individualisierte bzw. auf Kleinserien ausgerichtete Produktion in kapitalintensiven 3D-Druckanlagen kann zu (Rück-)Verlagerung der Produktion in Länder mit höheren Arbeitskosten führen (Vorteil für BRD)

Technische Daten

- Druckgeschwindigkeit beeinflusst die Produktqualität
- druckbare Größen für Einzelteile liegen im Bereich bis ca. 1 500 mm x 1 250 mm x 740 mm (L x B x H)
- Schichthöhen betragen 0,1 mm bis 0,4 mm, Anzahl benötigter Schichten korreliert mit Schichthöhe
- Mindestwandstärken liegen zwischen 0,05 mm und 0,2 mm, je nach Verfahren
- Druckgeschwindigkeiten je Verfahren:
 - SLS/SLM: ca. 0,5 cm³/min für Metall, ca. 30 cm³/min für Kunststoffe
 - SLA/STL: ca. 0,5 cm³/min
 - FDM/FFF/FLM: ca. 100 cm³/min
- Grundlage für den Druck ist eine CAD-Konstruktion (zumeist im STL-Format gespeichert zur Übertragung an den Drucker)
- Beispiele kommerzieller Software für 3D-Drucke: AutoCAD, ProEngineer, Rhino, Maya und SolidWorks

Hinweise zur Umsetzung

- Einsatz erscheint sinnvoll bei kleinen Stückzahlen mit komplexen Geometrien
- genutzte 3D-Drucktechnologie ist auf eigene Produkthanforderungen abzustimmen
- eigene CAD-Konstruktionen können an (auf 3D-Druckerzeugnisse) spezialisierte Dienstleister gesendet und umgehend hergestellt werden
- hergestellte Oberflächen aus Metall und Kunststoff sind in der Regel leicht rau (ähnlich sandgestrahlten Oberflächen), Nachbearbeitung ist in Grenzen möglich
- Urheberrecht gilt auch im Rahmen des 3D-Drucks, ebenso Patente und Gebrauchsmuster sowie Markenrechtliche Aspekte
- Haftungsrechtliche Aspekte sind zu beachten (v. a. wenn Druck von Konstruktionen Dritter bei Dienstleistern oder auf eigenem 3D-Drucker erfolgt)



STUDIEN UND LITERATUR

Hagl (2015): Das 3D-Druck-Kompodium – Leitfaden für Unternehmer, Berater und Innovationstreiber, 2. Auflage, Springer/Gabler, Wiesbaden

Additive Fertigung – Der Weg zur individuellen Produktion, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Band 25 der Schriftenreihe der Technologielinie Hessen-Nanotech, 2015 [siehe http://www.hessen-nanotech.de/mm/mm001/Band_025_Additive_Fertigung_web.pdf]

Petschow/Ferdinand/Dickel/Flämig/Steinfeldt/Worobei (2014): Dezentrale Produktion, 3D-Druck und Nachhaltigkeit – Trajektorien und Potenziale innovativer Wertschöpfungsmuster zwischen Maker-Bewegung und Industrie 4.0, Schriftenreihe des IÖW 206/14 [siehe http://www.ioew.de/uploads/tx_ukioewdb/IOEW_SR_206_Dezentrale_Produktion_3D-Druck_und_Nachhaltigkeit.pdf]

Gebhardt (2014): 3D-Drucken – Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM), Carl Hanser Verlag, München

Bothmann (2014): 3D-Druck-Praxis – Alles für den Start, Verlag für Technik und Handwerk neue Medien

Zäh (2014): Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien – Anwenderleitfaden zur Auswahl geeigneter Verfahren, Carl Hanser Verlag

Berger/Hartmann/Schmidt (2014): Additive Fertigungsverfahren: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing, Europa Lehrmittel Verlag

VDI Statusreport (2014): Additive Fertigungsverfahren [siehe https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gpl_dateien/VDI_Statusreport_AM_2014_WEB.pdf]

Marktperspektiven von 3D in industriellen Anwendungen, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/Fraunhofer IGD/MC Marketing Consulting/Prognos AG, 2013 [siehe https://www.igd.fraunhofer.de/sites/default/files/3D_Maerkte_Prognos_IGD_MC.pdf]

Wirth/Rosenstock (2013): 3D-Druckereien in Europa – Eine Marktanalyse, Center for Digital Fabrication (CEDIFA) Arbeitsbericht 2 vom 21.05.2013, Universität Würzburg [siehe <http://cedifa.de/wp-content/uploads/2013/07/02-3D-DruckereienInEuropa.pdf>]

Fastermann (2012): 3D-Druck/Rapid Prototyping – Eine Zukunftstechnologie kompakt erläutert, Springer/Viewag, Berlin und Heidelberg

Ansprechpartner



Dr. rer. pol. Marc André Weber
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Fachbereich Unternehmensexzellenz
Telefon: 0211 54 22 63-36
E-Mail: m.weber@ifaa-mail.de