
Anhang

Grundprinzip	Verfahren	Material und Aggregatzustand	Kurzbeschreibung	Anwendungen
Polymere- risation	Stereolithographie	Flüssige Acrylate, Epoxidharze	Fotopolymer wird durch gezielte Bestrahlung (UV, Laser) lokal ausgehärtet	Modelle, Prototypen, In-Ohr-Hörgeräteschalen
	DLP	Flüssige Acrylate, Epoxidharze	Belichten eines Fotopolymers mit einem DLP (Digital Light Processing)- Projektor	Siehe Stereolithographie
Schmelz- verfahren	Druckverfahren wie Polymer-Jetting, MJM	Flüssiges Fotopolymer, Wachs	Flüssiger, lichtempfindlicher Kunststoff wird mit einem Druckkopf aufgetragen und unmittelbar mit Licht ausgehärtet	Modelle, Prototypen, Gussformen
	Selektives Lasersintern von Kunststoffpulver (Pulverbett)	Thermoplaste	Pulverpartikel werden durch Laser lokal aufgeschmolzen und backen beim Erkalten zusammen	(Funktions-) Prototypen, Kleinserien, Entwicklung in Richtung Serienproduktion
	Lasersintern von Metallen und Keramik	Metal- und Keramikpulverpartikel mit (oder ohne) Kunststoffhüllen, niedrig schmelzendes Metall zum Auffüllen der Hohlräume der porösen Struktur	Beim indirekten Verfahren werden im ersten Prozessschritt die Kunststoffhüllen aufgeschmolzen und verbinden die Hauptbestandteile »provisorisch«. Im zweiten Schritt wird in einem Ofenprozess der Kunststoff angetrieben und die Hohlräume werden mit einem niedrigschmelzendem Metall (i.d.R. Kupfer) aufgefüllt. Beim direkten Sintern werden hochschmelzende Pulverpartikel durch ein niedrigschmelzendes Metall fest verbunden.	Metal-Prototypen, Kleinserien, Entwicklung in Richtung Serienproduktion, schnelle Werkzeugherstellung für Kunststoffspritzguss und Druckguss, kundenindividuelle Produkte für Endanwender
Spritzver- fahren	Laserschmelzen (Pulverbett)	Metallpulver wie Edelstahl, Werkzeugstahl, Vergütungsstahl, Titan- und Aluminiumlegierungen ohne jegliche Zusätze	Die Metallpulver werden mit einem Laser vollständig aufgeschmolzen. Dabei verbindet sich die neu geschmolzene Pulverschicht mit der darunter liegenden, teilweise angeschmolzenen vorher aufgetragenen Schicht.	Siehe Lasersintern
	Pulverdüse	Metal- oder Keramikpulver	Pulver wird über Düsen direkt in ein vom Laserstrahl erzeugtes lokales Schmelzbad eingebracht	siehe Laserauftrag(s)-schweißen
3D-Printing	Laserauftrag(s)-schweißen	Metal als Draht oder Pulver	Draht oder ein pulverförmiger Werkstoff wird mit einem Laser schichtweise auf ein bestehendes Werkstück aufgeschweißt	Reparaturen, Beschichtungen, Einzelteile, Kleinserien
	Metallpulverauftrag (MPA), Hermle	Metallpulver wie Stähle, Schwermetalle, Leichtmetalle	Pulver und Substratoberfläche werden beim Aufprall stark plastisch verformt, durch die Verformung erwärmen sich die Anbindungsflächen zwischen den Partikeln	Werkzeuginsätze mit zwei Materialien im Hybridverfahren mit Zerspanungstechnik
	Pulver-Binder Verfahren	Stärke-Wasser (als Binder), Gips, Keramik- oder Kunststoffpulver	Verfestigung von Partikeln durch Binderfluid	Modelle, Prototypen, Gussformen, Show-and-Tell Modelle

Grundprinzip	Verfahren	Material und Aggregatzustand	Kurzbeschreibung	Anwendungen
Extrusion	Erwärmen und Auftragen durch Düse	Thermoplaste (Kunststoff), Wachs, Schokolade, Filament aus recyceltem Holz und Polymer (als Bindemittel)	Festes Material in Drahtform oder in Pellets wird erhitzt und im formbaren Zustand aufgespendet, härtet durch Abkühlen aus	Modelle, Prototypen, Konsumartikel
Schicht-Laminat-Verfahren	Auftragen durch eine Düse	Beton (faser-verstärkt), zähflüssig	Auspressen im formbaren Zustand, anschließende Erstarrung	Betonfertigteile
Physikalisch-/chemische Sondervverfahren	Laminated Object Manufacturing (LOM) von Cubic Technologies, Paper 3D Printing von MCor	Papier, Folie (Metall, Kunststoff)	Beispiel Paper 3D Printing: Auf ein Papierblatt werden Konturen in der angestrebten Oberflächenfarbe des Objekts gedruckt, ein Karbonmesser (es kann auch ein Laser oder Präser sein) schneidet entlang der Mitte der farbigen Streifen die Konturen aus, das nächste Blatt wird bedruckt, aufgeklebt und wieder entlang der Konturen ausgeschnitten	Modelle, Gussformen
	Elektrophoretische Abscheidung	Kolloide, d.h. in einem Dispersionsmedium fein verteilte Teilchen/Tropfen im Nano- oder Mikrometerbereich. Nanopartikel aus jeder Suspension, die sich für die elektrophoretische Abscheidung eignet.	Fotoleitende Elektroden und elektrische Felder werden genutzt, um gezielt Oberflächenbereiche anzuvisieren und darauf Material abzulagern. Der Materialaufbau findet in den Zielgebieten statt, wo das Licht mit der Oberfläche des Fotoleiters in Kontakt kommt. Es können mehrere Schichten erstellt werden	Forschungsstadium, Anwendungsbereiche könnten Bioprinting und Nanoprinting sein
	3D-Siebdruck, wasser- oder lösemittelbasierte Systeme mit optionaler Infrarot- oder UV-Härtung	Auf Metallpulvern basierende Paste aus Metallen und Legierungen auf Basis von Stahl, Kupfer, Aluminium, Titan, Refraktärmetallen oder seltenen Erden, Keramik und Glas	Durch ein Sieb wird die Paste Schicht für Schicht auf ein Trägermaterial gedruckt und durch Wärmezufuhr zu Bauteilen verfestigt	Geschlossene Kanäle, Strukturen ab 60 µm und freie Werkstoffkombinationen
Bioprinting	Verschiedene Verfahren	z.B. polymeres Gel auf Alginat-Basis mit lebenden Zellen; Hydrogel aus Biokunststoff, menschlichen Hautzellen und Fibroblasten	verfahrensabhängig	Lebergewebe zum Test von Medikamenten, Hautersatz, Knorpelersatz, arterielle Strukturen: noch im Forschungsstadium
Verschiedene Hybridverfahren	Kombination aus additiven und konventionellen Fertigungsverfahren	Verfahrensabhängig	z.B. Laserauftrag(s)schweißen oder MPA (Hermle) und Fräsen, ...	Einzelfertigung von Maschinenteilen

Literatur

- [1]. Altair Engineering GmbH. (2015). Altair und das Laser Zentrum Nord beschließen Trainingskooperation zum Thema: Bionisches Design für den industriellen 3D Druck. News. 20. November 2015. http://www.altairhyperworks.de/%28S%28stpmxpyc5c-1mqmuds1ffxz45%29%29/newsdetail.aspx?news_id=11205&news_country=de-DE. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [2]. Ambos, I., Koscheck, S., & Martin, A. (2014). Personalgewinnung von Weiterbildungsanbietern. Ergebnisse der wbmonitor Umfrage 2014. Bundesinstitut für Berufsbildung. (Hrsg.). Bonn (S.6–7, PDF-Seitenzählung S.7–8). https://www.bibb.de/dokumente/pdf/a22_wbmonitor_ergebnisbericht_umfrage_2014.pdf. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [3]. Bläsche, A., & Lappe, L. (2001). Qualifikationsbedarf und Qualifikationsentwicklung in der „New Economy“, Bundesinstitut für Berufsbildung. (Hrsg.). LIMPACT – Leitprojekte In-formationen Compact. Heft 4, August 2001, (S. 27, PDF-Seitenzählung S. 29). https://www.bibb.de/dokumente/pdf/a12ptiaw_limpact04_2001.pdf. Zugegriffen am 17.12.2015.
- [4]. Bundesgesetzblatt. (2009). Verordnung über die Berufsausbildung zum Technischen Modellbauer/zur Technischen Modellbauerin vom 27. Mai 2009, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 29, ausgegeben zu Bonn am 4. Juni 2009 (S.1196). <http://www.berufsinfo.org/Berufe/modellbauer.html/ao.pdf>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [5]. Bundesgesetzblatt. (2015). Verordnung über die Berufsausbildung zum Gießereimechaniker und zur Änderung der Verordnung über die Berufsausbildung zum Gießereimechaniker/zur Gießereimechanikerin und zum Verfahrensmechaniker/zur Verfahrensmechanikerin in der Hütten- und Halbzeugindustrie, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015 Teil I Nr. 28, ausgegeben zu Bonn am 9. Juli 2015. (S. 1139). <http://www.bibb.de/tools/berufesuche/index.php/regulation/giessereivo2015.pdf>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [6]. Bundesinstitut für Berufsbildung, Hrsg. (2015). Ausbildungsordnungen und wie sie entstehen. 7. überarbeitete Aufl. Juli 2015. Bonn. <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/id/2061/ausbildungsordnungen-und-wie-sie-entstehen.pdf>. Zugegriffen am 21.12.2015.

- [7]. Drei DION (3DION o.J.). 3DION – Die 3D-Druck-Initiative des RGF (Ring Grafischer Fachhändler). <http://www.3dion.org>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [8]. ECONOMIC ENGINEERING. (2015). Additive Fertigung: Engineering und Fertigung wachsen zusammen. <http://www.economic-engineering.de/>. Zugegriffen am 21.12.2015.
- [9]. FORM+Werkzeug. (2015). Rapid.Tech 2016. Fachmesse und Anwendertagung für Rapid-Technologie. Rapid Tech festigt Ruf als europäische Spitzenveranstaltung. <https://www.form-werkzeug.de/termine/messen/rapid-tech-messe>. Zugegriffen am 13.12.2015.
- [10]. Fraunhofer IFAM (Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung). (2014). 3D Drucken: Fraunhofer IFAM bietet individuelle Schulungen für die Industrie. Pressemitteilung 24.2.2014. http://www.ifam.fraunhofer.de/de/Presse/Schulung_Generative_Fertigung.html. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [11]. Gartner, Inc. (2014). Gartner says consumer 3D printing is more than five years away. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2825417>. Zugegriffen am 13.12.2015.
- [12]. Gebhardt, A. (Hrsg.). (2015). *3D-Drucken in Deutschland – Entwicklungsstand, Potenziale, Herausforderungen, Auswirkungen und Perspektiven*. Aachen: Shaker.
- [13]. Gebhardt, R. (2015). „Anfang einer Revolution“ Potential von Additive Manufacturing wird noch immer deutlich unterschätzt. 02.12.2015. <http://am.vdma.org/article/-/articleview/10997772>. Zugegriffen am 21.12.2015.
- [14]. Gotsch, D. (2014). Lichtgesteuerte elektrophoretische Abscheidung: Eine neue 3D-Druck-Technologie. 3Druck.com. 15. April 2014. <http://3druck.com/forschung/lichtgesteuerte-elektrophoretische-abscheidung-eine-neue-3d-druck-technologie-3217204>. Zugegriffen am 13.12.2015. Siehe auch Link zur Originalquelle: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201304953/abstract>. Zugegriffen am 13.12.2015.
- [15]. Grajewski, J. (2014). Mit 3D-Druck in die Zukunft: Johannes-Gutenberg-Schule Stuttgart veranstaltet Infotag, in: print.de. http://www.print.de/News/Weitere-News/Mit-3D-Druck-in-die-Zukunft-Johannes-Gutenberg-Schule-Stuttgart-veranstaltet-Infotag_7742?utm_source=print_daily_nl&utm_medium=email&utm_campaign=21112014. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [16]. Hackel, M. et al. (2012). Diffusion neuer Technologien. Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe (DifTech). Zwischenbericht. BIBB. Bonn (S. 14) https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/zw_41301.pdf. Zugegriffen am 15.12.2015.
- [17]. Hackel, M. et al. (2015). Diffusion neuer Technologien. Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe (DifTech). Abschlussbericht. BIBB. Bonn (S. 99). https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/eb_41301.pdf. Zugegriffen am 15.12.2015.
- [18]. Heinz-Piast-Institut (Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik an der Leibniz Universität Hannover). (2011). ZAHN4/11. Unterweisungsplan für einen Lehrgang der überbetrieblichen beruflichen Bildung zur Anpassung an die technische Entwicklung im Zahntechnikerhandwerk. http://www.hpi-hannover.de/bildung_uelu/pdf/ZAHN4-11.pdf. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [19]. Heinz-Piast-Institut. (2015). Alphabetische Liste aller Unterweisungspläne. Neue Berufenummern ab 1.1.2008. http://www.hpi-hannover.de/bildung_uelu/Rlp_Liste.htm. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [20]. Holwegler, B. (2000). Implikationen der Technologiediffusion für technologische Arbeitslosigkeit. Schriftenreihe des Promotionsschwerpunkts Makroökonomische Diagnosen und Therapien der Arbeitslosigkeit 13/2000 (S.3). https://www.uni-hohenheim.de/wi-theorie/globalisierung/dokumente/13_2000.pdf. Zugegriffen am 13.12.2015.

- [21]. IHK Akademie Schwaben. (2015a). Seminar „Additive Fertigungsverfahren – 3D-Druck – Rapid Prototyping“. <https://weiterbildung.ihk-akademie-schwaben.de/details.jsp?id=208286>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [22]. IHK Akademie Schwaben. (2015b). Fortbildung „Geprüfte/r Industrietechniker/-in IHK Fachrichtung Maschinenbau“. <https://weiterbildung.ihk-akademie-schwaben.de/details.jsp?id=211227>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [23]. Johannes-Gutenberg-Schule Stuttgart. (2014). Tradition trifft Moderne: 3D-Drucker neben historischer Schnellpresse. <https://www.jgs-stuttgart.de/index.php/pressemitteilungen/2518-jgs-3d-drucker-und-historische-schnellpresse-11-2014>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [24]. Johannes-Gutenberg-Schule (o. J.). Bildungsangebot Technisches Gymnasium Gestaltungs- und Medientechnik. <https://www.jgs-stuttgart.de/index.php/bildungsangebot-sp-57095163/2302-technisches-gymnasium-gestaltungs-und-medientechnik>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [25]. KMK. (2008). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Produktionstechnologe/Produktionstechnologin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.02.2008). <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Produktionstechnologe.pdf>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [26]. KMK. (2009). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Technischer Modellbauer/Technische Modellbauerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 23.04.2009). http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/TechnischerModellbauer09-04-23-E_01.pdf. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [27]. KMK. (2011). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Technischer Produktdesigner/Technische Produktdesignerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 27.05.2011). <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/TechnischerProduktdesigner11-05-27-E.pdf>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [28]. Kroh, R. (2015). Verfahrenskombination – Hybridmaschinen vereinen das Beste aus zwei Welten. Maschinenmarkt (Vogel Business Media), 05. März 2015. <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/hybridmaschinen-vereinen-das-beste-aus-zwei-welten-a-479561/>. Zugegriffen am 15.12.2015.
- [29]. Kubas, J. (2014). *Generative Fertigungsverfahren (Rapid Prototyping) – Werkzeuge für die schnelle Produktentstehung*. VS-Schwenningen: Internes Skript der Feintechnikschule im Fach Fertigungstechnik für die Fortbildung zum Staatlich geprüften Techniker der Fachrichtung Feinwerktechnik/Mechatronik mit dem Berufsprofil der Fertigungstechnik.
- [30]. LZN Laser Zentrum Nord GmbH. (2014). Aus- & Weiterbildung „RM-Fachkraft“. <http://www.lzn-hamburg.de/aus-weiterbildung/rm-fachkraft.html>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [31]. Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2014). Bildungsplan für die Fachschule. Fachschule für Technik. Fachrichtung Feinwerktechnik. Schuljahr 1 und 2. (S.67). http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I_Technik/FS_FT_FR-Feinwerktechnik_13_3866.pdf. Zugegriffen am 17.12.2015.
- [32]. Oppermann, B. (2015). Neue Perspektiven für die Medizin. Generative Fertigung: Dreidimensionale Strukturen – sogar aus Biomaterialien. *medizin&technik* 13.02.2014. http://www.medin-und-technik.de/schnell-ans-ziel/-/article/33568401/39037251/Neue-Perspektiven-für-die-Medizin/art_co_INSTANCE_0000/maximized/. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [33]. Pahl, J.-P. (2010). Fachschule. Praxis und Theorie einer beruflichen Weiterbildungseinrichtung. Bielefeld (S.29). Zitiert KMK 09.10.2009 (S.2). Siehe auch aktuelle Version von 2014: Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Rahmenvereinbarung über Fachschulen, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.11.2002 i.d.F. vom 25.09.2014 (S.2).

- [34]. Radig, G. (2014). Berufsbild „Verfahrens-Mechaniker additive Fertigung“, in: 3Druck.com 1. Dezember 2014. <http://3druck.com/gastbeitraege/berufsbild-verfahrensmechaniker-additive-fertigung-5927075/>. Zugegriffen am 13.12.2015.
- [35]. Reinhardt, M. (2015). Elektromotoren aus dem 3D-Siebdrucker. Forschungsprojekt der TU Chemnitz. print.de. 10. April 2015. http://www.print.de/3D-Druck/Elektromotoren-aus-dem-3D-Siebdrucker_5709?utm_source=print_daily_nl&utm_medium=email&utm_campaign=1042015. Zugegriffen am 13.12.2015.
- [36]. Schreier, J. (2015): Industrie 4.0 braucht keine neuen Ausbildungsberufe. www.maschinenmarkt.vogel.de. 31.03.2015. <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanale/managementundit/personalwesen/articles/484551/>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [37]. Sonnenberg, V. (2015). Paralleles Sägen, Bohren oder Fräsen steigert Produktion bis 80%. Maschinenmarkt (Vogel Business Media). 12. August 2015. <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanale/produktion/spanendefertigung/maschinen/articles/500715/>. Zugegriffen am 14.12.2015.
- [38]. VDI Wissensforum GmbH. (2015). Seminar „Grundlagen der additiven Fertigung - (3D-Druck)“. <https://www.vdi-wissensforum.de/fileadmin/redaktion/dokumente/programme/seminar/02SE016004.pdf>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [39]. Verbund Ingenieur Qualifizierung gGmbH (o.J.). Seminar „Konstruktion für den 3D-Druck“. <http://www.verbund-iq.de/seminare/ueberbetriebliche-seminare/konstruktion-fuer-den-3d-druck/>. Zugegriffen am 18.12.2015.
- [40]. WBA Aachener Werkzeugbau Akademie. (2015). Seminar „Klassische und generative Fertigungstechnologien im Werkzeugbau“. Seminarprogramm 2016. (S. 30–31). <http://www.werkzeugbau-akademie.de/cache/dl-WBA-Seminarprogramm-2016-617f3de71bac7bddc0cf5c8b5e39b9.pdf>
- [41]. Wheeler, A. (2015). The 2015 Wohlers report is out. ENGINEERING.COM. 7. April 2015, <http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/9908/The-2015-Wohlers-Report-Is-Out.aspx>. Zugegriffen am 13.12.2015.
- [42]. ZM-Online. (2014). Bachelor für Zahntechniker (Nachrichten/Zahnmedizin). 20 November 2014. http://www.zm-online.de/home/zahnmedizin/Bachelor-fuer-Zahntechniker_260131.html. Zugegriffen am 11.01.2016.