

# ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN (3-D-DRUCK)

Additive Fertigungsverfahren bzw. 3-D-Druck gelten als Fertigungstechnologien, die unsere Art und Weise, zu produzieren, in vielen Bereichen mittelfristig verändern und in einigen Bereichen vielleicht sogar revolutionieren werden. In diesem auch von den Medien mit hoher Aufmerksamkeit verfolgten Thema muss jedoch grundsätzlich zwischen den in der Industrie bereits seit Jahrzehnten etablierten, hochpräzisen und technisch anspruchsvollen Fertigungsverfahren und den 3-D-Druckern für weniger als 1.000 Euro für den Hausgebrauch unterschieden werden. Die Vorstellung, dass mit den günstig zu erwerbenden 3-D-Druckern, die im Wesentlichen auf einem schichtweisen Auftragen geschmolzenen Kunststoffes beruhen, der Heimanwender komplizierte Produkte und Ersatzteile herstellen kann, bleibt bis auf Weiteres unwahrscheinlich. Diesen und weiteren Fragestellungen zu den Potenzialen und zukünftigen Perspektiven und Auswirkungen additiver Fertigungsverfahren geht das TAB in einem Horizon-Scanning nach.

## HYPE 3-D-DRUCK

Mit dem Thema »Additive Fertigungsverfahren« (3-D-Druck) werden vor allem in den Medien wahre Wunder in Verbindung gebracht; sogar von der nächsten industriellen Revolution ist die Rede. Die folgenden Schlagzeilen vermitteln einen guten Eindruck des andauernden Hypes:

- > »Brrrt, ssst, fertig. Zahnkronen? Spielzeug? Autoteile? Kein Problem mit 3-D-Druckern. Die Maschinen werden immer leistungsfähiger – und sie können nun die Weltwirtschaft umkrepeln« (4.10.2012, Die Zeit),
- > »Fabrik auf dem Schreibtisch. Ich baue mir die Welt – Wie 3-D-Drucker unseren Alltag revolutionieren« (5.5.2014, Focus Online),
- > »3-D-Druck leitet dritte industrielle Revolution ein« (2.6.2014, Die Welt).

Das Auslaufen von Patenten und auch die Spekulationen um Anwendungsmöglichkeiten, die bis zum Druck von Organen als »Ersatzteile« für den Menschen reichen, verstärken diesen Hype. Nachdem vor einigen Jahren das Patent für das »fused deposition modeling« (FDM, hierbei wird erhitzter Kunststoff Schicht für Schicht zu dreidimensionalen Objekten aufgetra-

gen; praktisch alle 3-D-Drucker für den Heimgebrauch arbeiten nach diesem Prinzip) auslief, trug dies wesentlich zur Entstehung des lizenzfreien Open-Source-3-D-Druckers RepRap bei. RepRap kann/darf von jedermann ohne großen Aufwand aus gängigen Metall- und Elektronikkomponenten selbst nachgebaut werden; die benötigten Kunststoffteile können sinnvollerweise im 3-D-Druck erstellt werden. Auch das Angebot von kommerziellen Druckern stieg in den vergangenen Jahren stark an, was zu einer merklichen Preissenkung führte. Seit etwa 5 Jahren sind 3-D-Drucker auch für den Heimanwender erschwinglich (kleinere Geräte sind mittlerweile für unter 1.000 Euro erhältlich).

Den auf FDM-Basis arbeitenden Systemen, die bei Privatanwendern und in den Medien meist synonym für 3-D-Druck genannt werden, stehen verschiedene weitere additive Fertigungsverfahren gegenüber, die technisch erheblich anspruchsvoller sind, neben Kunststoffen auch Metall und Keramik als Materialien verarbeiten und überwiegend in der Industrie Anwendung finden. Additive Fertigungsverfahren sind neben dem FDM unter anderem das selektive Lasersintern, das Laser- und Elektronenstrahlschmelzen oder die Stereolithografie.

Da additive Verfahren gegenwärtig fast ausschließlich in Nischen eingesetzt werden und auch der 3-D-Druck in Privathaushalten noch eine Ausnahme darstellt, ist nur wenig über die möglichen Auswirkungen dieser Technologie bekannt: Welche gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Folgen ergeben sich aus der additiven Fertigungstechnologie? Welche Technologiereife haben die einzelnen Verfahren, und können Visionen wie die vom »Prosumenten« (der Verbraucher produziert seine Konsumgüter selbst), vom »reshoring« (das »Zurückholen« von in andere Länder ausgelagerten Produktionsschritten) und die Hoffnung auf eine Wiederbelebung regionaler Produktionsnetzwerke tatsächlich in den nächsten 5 bis 10 Jahren Wirklichkeit werden?

Die VDI/VDE-IT – Konsortialpartner des TAB – geht diesen Fragestellungen in einem Horizon-Scanning nach. In einem hypothesengeleiteten und durch Experteninterviews gestützten Untersuchungsansatz werden aktuelle Texte (wissenschaftliche Studien, Presseartikel, Namensbeiträge von Wissenschaftlern und Unternehmensvertretern, Interviews, Blogbeiträge) qualitativ ausgewertet. Zu diesem Zweck werden maßgebliche Textabschnitte (»Sinn-einheiten«) softwaregestützt nach einem detaillierten Schlagwortsystem codiert. In einer anschließenden Auswertung werden Mehrfachcodierungen untersucht, um so Querbezüge zwischen einzelnen Aspekten des Themas 3-D-Druck/additive Fertigungsverfahren zu identifizieren. Diese Querbezüge geben Hinweise auf schwache Signale, die für neue Entwicklungen stehen. Grundsätzlich zeichnet sich in der Untersuchung ab, dass eine Technikfolgenabschätzung sinnvollerweise zwischen dem 3-D-Druck für den Heimanwender und den additiven Fertigungsverfahren und ihren Einsatzmöglichkeiten in der Industrie differenzieren muss.

## WAS IST ADDITIVE FERTIGUNG (3-D-DRUCK)?

Anders als vor dem Hintergrund des Medienhypes angenommen werden könnte, existieren additive Fertigungsverfahren bereits seit mehr als drei Jahrzehnten – das erste Verfahren wurde 1983 von dem Amerikaner Charles Hull entwickelt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fertigungsverfahren wie Bohren, Fräsen oder Drehen besteht der Vorteil der additiven Fertigungsverfahren darin, dass Materialien nicht abgetragen, sondern computergesteuert schichtweise aufgetragen werden, um zum fertigen Produkt zu gelangen. Überdies müssen keine aufwendigen Werkzeuge oder Formen wie etwa beim Spritzgussverfahren erstellt werden. Verarbeitet werden beim 3-D-Druck flüssige, pulverförmige oder feste Werkstoffe, die mittels dreidimensionaler, im Computer erzeugter (»computer-aided design« [CAD]) Konstruktionsvorlagen in »zweidimensionale« Schichten überführt werden. Diese Schichten sind je nach Anwendung und verwendetem Verfahren üblicherweise zwischen 0,001 und 0,2 mm dick. Zu den typischen verarbeiteten Werkstoffen zählen Kunststoffe, Metalle, Kunstharze und Keramiken.

### ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN IN DER INDUSTRIE

Obwohl additive Fertigungsverfahren bereits seit geraumer Zeit industriell eingesetzt werden, ist ihr wesentliches Anwendungsfeld immer noch der Bau von Prototypen im schnellen Modellbau (»rapid prototyping«). Die tatsächliche Fertigung von Endprodukten (»rapid manufacturing«) ist vor allem in den Branchen Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie, Elektronik und Dentaltechnik zu beobachten. Hier können die additiven Fertigungsverfahren am wirksamsten ihre Vorteile gegenüber konventionellen Fertigungsverfahren ausspielen: Sie ermöglichen

Leichtbau, Individualisierung und die Integration von neuen Funktionalitäten in Bauteilen. Eine weitere Verbreitung der Technologie in andere industrielle Bereiche wird zurzeit noch durch eine Vielzahl von Faktoren gehemmt. Als einen dieser Faktoren hat das Horizon-Scanning die hohen Anforderungen an den Betrieb additiver Fertigungsanlagen identifiziert. So benötigen die bei der Metallverarbeitung eingesetzten Verfahren des (selektiven) Lasersinterns oder Elektronenstrahlschmelzens eine Schutzgasatmosphäre, um die Oxidation des Metalls und somit Materialunreinheiten zu verhindern. Die Materialpulver müssen von einer gleichbleibend hohen Qualität sein sowie fachgerecht gelagert und zugeführt werden. Ebenso erfordert jedes Material eine spezifische Parametrisierung der Fertigungsanlage.

### 3-D-DRUCK ZU HAUSE

Doch nicht nur die Industrie, auch der Heimanwender steht beim Betrieb der für den Hausgebrauch verfügbaren 3-D-Drucker vor Herausforderungen: Unter den am Markt verfügbaren 3-D-Druckern findet er keine Plug-and-Play-Anwendung, die ohne weitere Kenntnisse sofort an einen Computer angeschlossen und in Betrieb genommen werden kann (oft sind aufwendige Kalibrierungen nötig). Auch erfordert die Bedienung der 3-D-Drucker ein gewisses Know-how, insbesondere wenn mittels CAD-Programmen eigene Konstruktionen entworfen und anschließend gedruckt werden sollen. Generell können aufgrund der geringen Materialvielfalt sowie der Präzisionsmängel zu Hause nur vergleichsweise simple Produkte hergestellt werden; am einfachsten auf Basis von im Internet frei verfügbaren Formatvorlagen. Die langsame Druckgeschwindigkeit ist ein weiteres Argument gegen eine massenhafte Anwendung von 3-D-Druckern im Privatbereich. Im Horizon-Scanning

gab es keine Hinweise darauf, dass in naher Zukunft auch komplexe funktionale Produkte bequem im eigenen Heim ausgedruckt werden könnten. Der ausgedruckte Elektromotor wird bis auf weiteres eine Utopie bleiben.

### FABLABS UND PROFESSIONELLE DIENSTLEISTER

Viel wahrscheinlicher ist hingegen, dass für individualisierte Produkte sogenannte FabLabs – eine Art Copyshop für den 3-D-Druck, in dem sowohl die für den 3-D-Druck notwendigen Gerätschaften (Drucker, Scanner, Software) als auch Know-how rund um das Thema 3-D-Druck angeboten werden – eine zunehmende Bedeutung erlangen. Es wird erwartet, dass sich die Bekanntheit von Serviceanbietern wie etwa Sculpteo® oder Rapidobject® erhöht und deren Dienstleistungen infolgedessen verstärkt genutzt werden. Allerdings wird mit hoher Wahrscheinlichkeit auch durch diese professionellen/kommerziellen FabLabs zunächst nur ein Nischenmarkt im Hobby- und Luxusgüterbereich bedient werden und nur ausnahmsweise die Fertigung komplexer Produkte in Kleinserien auf diese Weise stattfinden.

### WIRTSCHAFTLICHE, ÖKOLOGISCHE UND RECHTLICHE IMPLIKATIONEN

Nach dem gegenwärtigen Untersuchungsstand im Horizon-Scanning werden sich bei jetziger Technologiereife die eingangs formulierten Visionen wie die vom »Prosumenten«, vom »reshoring« und von der Wiederbelebung regionaler Produktionsnetzwerke folglich noch nicht erfüllen. In den nächsten 10 bis 15 Jahren sind mit zunehmender Technologiereife allerdings tiefgreifende Veränderungen vor allem in Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen zu erwarten, wenn beispielsweise Unternehmen, die bislang

auf Vorprodukte von Zulieferern angewiesen waren, in der Lage sein werden, die Vorstufen ihres Endprodukts selbst herzustellen.

Auf Grundlage des Horizon-Scannings können noch keine eindeutigen Schlüsse hinsichtlich der ökologischen Bilanz der additiven Fertigungsverfahren gezogen werden. Durch die additiven Verfahren lassen sich im Gegensatz zu den herkömmlichen Produktionsmethoden einerseits Ressourcen wie Material und Energie einsparen. Die Einsparungen erfolgen entweder direkt im Produktionsprozess oder indirekt durch die Fertigung von Ersatzteilen bzw. Reparaturen von Gebrauchsteilen oder durch die Herstellung von Bauteilen mit besonderen Eigenschaften (z. B. Leichtbauteile). Negative Effekte sind hingegen andererseits von der zunehmenden Produktion von nutzlosen Produkten zu erwarten, wie sie etwa mit der FDM-Technologie im Heimgebrauch möglich ist, da so der Verbrauch an Kunststoffen zunimmt. Hier ergibt sich eine Analogie zum Aufkommen der 2-D-Computerdrucker für Heimanwender, das

zu einem massiven Anwachsen des Papierverbrauchs geführt hat.

Auch die rechtlichen Implikationen additiver Verfahren können im Horizon-Scanning in ihrer ganzen Tragweite noch nicht endgültig abgeschätzt und bewertet werden. Da der FDM-basierte 3-D-Druck für den Heimgebrauch stark von der Open-Source-Bewegung geprägt wurde, sind die rechtlichen Implikationen mit Blick auf den Schutz geistigen Eigentums hauptsächlich in diesem Bereich zu verorten und betreffen, abgesehen von durch Firmen betriebene Produktpiraterie, weniger die industrielle Anwendung. Fragen nach Zertifizierung und Produkthaftung stellen sich für beide Anwendungsbereiche, doch sind diese im industriellen Kontext jenen vergleichbar, die für Produkte gelten, die mit »herkömmlichen« Verfahren hergestellt werden. Im Fokus stehen für den Heimanwender der freie Zugang zu CAD-Dateien und die Möglichkeit, diese zu verändern. In diesem Kontext bleiben noch viele Fragen offen, z. B. wie Urheberrechte und Patente

gewahrt werden können. Zu klären ist auch, welcher Grad der Weiterentwicklung bestehender Baupläne als kreative, schützenswerte Eigenleistung gilt. Zu guter Letzt muss sicherlich die Frage beantwortet werden, wer für fehlerhafte Baupläne haftet, die zu Produkten führen, die nicht oder nicht wie vorgesehen funktionieren und die ggf. materielle Schäden oder solche an Leib und Leben verursachen. Damit verbunden ist die Frage nach einer Qualitätskontrolle von im Heimgebrauch erstellten Elementen bzw. das Sabotagepotenzial von bewusst fehlerhaft konstruierten und veröffentlichten 3-D-Plänen (Maker-Viren).

#### *Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck)*

Dezember 2014 – Mai 2015

Kontakt:  
Simone Ehrenberg-Silies  
+49 30 310078-187  
simone.ehrenberg@vdivde-it.de