

Generative Fertigung

Ressourcenschonungspotenziale von Schichtbauverfahren

Ist es die nächste Industrielle Revolution oder eine Nischenanwendung ohne große Zukunft auf weite Verbreitung? Wohl kaum ein anderes Thema industrieller Fertigung wird zurzeit so kontrovers diskutiert wie die generativen Verfahrenstechniken (GF). Etwa seit Beginn der 1990er Jahre am Markt, erfreut sich das Thema im Moment großer Aufmerksamkeit. National (z. B. Der Tagesspiegel) und international (z. B. The Times, The Economist, Wall Street Journal) berichten auch populäre Massenmedien über die neue Produktionstechnik und betonen zumeist die faszinierenden Zukunftsaussichten. Als ein wesentliches Element wird dabei stets die übertragende Materialeffizienz der Verfahren angeführt. Anders als bei den aktuell verbreiteten abtragenden Verfahren in der spanenden Produktionstechnik wie Fräsen, Bohren und Schleifen wird in der generativen Fertigung aufbauend produziert und im Idealfall nur genau so viel Material verbraucht, wie im Endprodukt enthalten ist.

Der folgende Text will die wichtigsten aktuell nutzbaren Techniken kurz vorstellen und hinsichtlich abfallreduzierender Potenziale beleuchten. Als Grundlage für diese Literaturübersicht dienen Praxisberichte aus der Wirtschaft sowie aus Forschung und Entwicklung verschiedener Institute, da gezielte Studien zur Nachhaltigkeit

und Ressourcenschonung bislang kaum existieren. Trotzdem lassen sich durchaus Einsatzbereiche identifizieren, die für eine Nutzung der generativen Fertigungsverfahren nicht nur infrage kommen, sondern in denen dies ökologisch und ökonomisch als interessante Alternative angesehen werden kann.

Generative Fertigungsverfahren

Einen einheitlichen Begriff für die Gruppe der hier vorgestellten Verfahren gibt es nicht. Die VDI-Richtlinie 3404 [1] führt schon im Titel neben dem Begriff „Generative Fertigungsverfahren“ das Synonym „Rapid-Technologien“ ein, das im Text noch durch die Unterkategorien „Rapid Prototyping“, „Rapid Tooling“ und „Rapid Manufacturing“ spezifiziert wird. Daneben wird in der deutschen Literatur unter anderem auch von Schichtbauverfahren gesprochen. In angelsächsischen Texten ist der Begriff „Additive Manufacturing“ wohl am weitesten verbreitet. Häufig ist gleichbedeutend aber auch „Direct Digital Manufacturing“, „Generative Manufacture“ oder „3D Printing“ zu finden.

Als Grundlage für den Schichtbauprozess dient ein vollständiges 3D-CAD-Volumenmodell. Dieses virtuelle

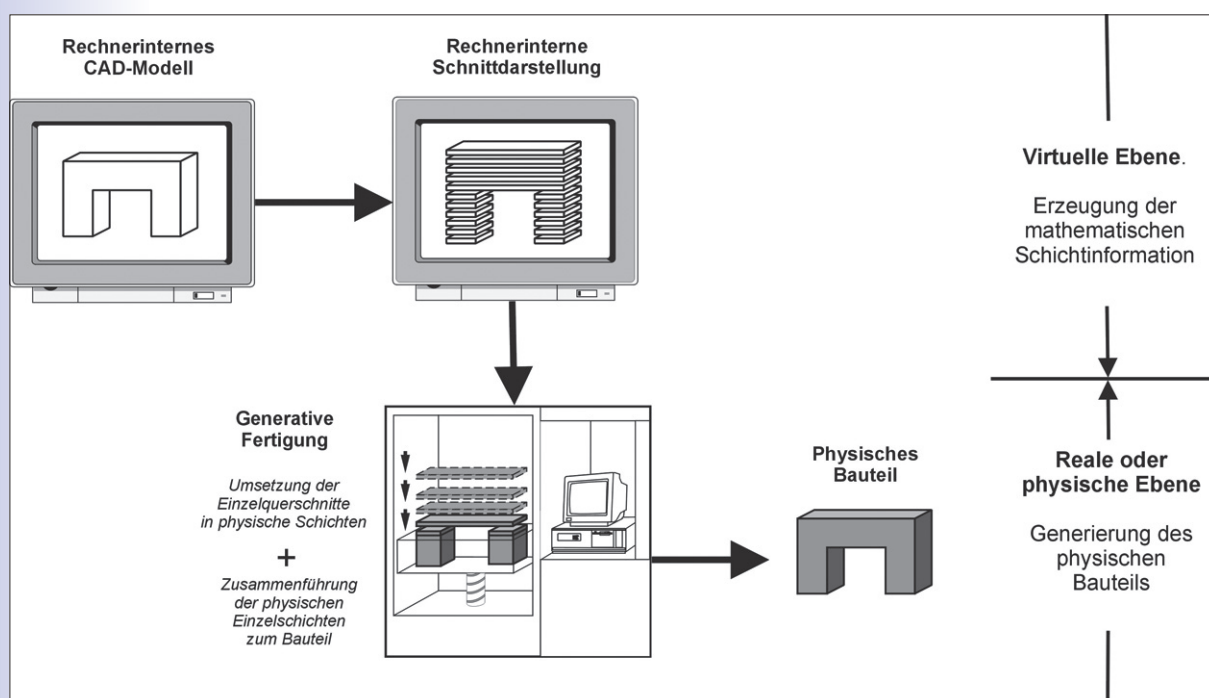


Abb. 1: Prinzip der Generativen Fertigung

Modell, das auch durch Messungen, z. B. mit Scannern, ermittelt werden kann, wird anschließend mathematisch in viele gleich dicke (etwa 0,1 mm) Schichten zerschnitten. Die generative Fertigungsanlage fügt mit Hilfe dieser Schichtdaten jeweils eine Scheibe des Bauteils inklusive der exakten äußeren und inneren Berandung an die bereits schon vorher gefertigten Scheiben so an, dass Schicht für Schicht (von unten nach oben) ein dreidimensionales Bauteil entsteht (Abb. 1).

Die einzelnen generativen Verfahren unterscheiden sich in der Art der Schichtgenerierung, in dem Material, aus dem das Bauteil gefertigt wird, in der Art der Verbindung mehrerer Schichten untereinander und darin, wie komfortabel der gesamte Prozess per CAD und Steuerrechner bedient werden kann. Obwohl inzwischen eine Vielzahl verschiedener Techniken von diversen Herstellern angeboten wird, können die wichtigsten industriell verfügbaren GF-Verfahren im Grunde den folgenden Verfahrensfamilien zugeordnet werden ([1], [2]):

1. Schicht-Laminat-Verfahren

Die einfachste Methode besteht darin, die einzelnen Konturen aus vorgefertigten Folien gleicher Stärke aus Papier, Hochpolymeren, Metallen oder Keramik mittels Laser, Messer oder Wasserstrahl auszuschneiden und aufeinander zu kleben (Laminat Verfahren oder Layer Laminat Manufacturing). Industriell ist sie als Laminated Object Manufacturing (LOM) bekannt.

2. Polymerisationsverfahren

Mit der Laser-Stereolithographie bietet die selektive Polymerisation das älteste Verfahren und das Verfahren mit der höchsten Detaillierung, den besten Oberflächen und der höchsten Genauigkeit. Der schichtweise Aufbau entsteht durch lokale Verfestigung eines flüssigen bis pastösen Monomer-Kunstharzes im Beisein von Photoaktivatoren unter Einwirkung eines ultravioletten Laserstrahls. Dort, wo der Laserstrahl auf die Oberfläche des Harzbades auftrifft, polymerisiert, also verfestigt sich das Harz. Anschließend wird die Plattform mit dem Bauteil um eine Schichtdicke nach unten gefahren, eine neue Harzschicht aufgetragen und diese wie oben beschrieben polymerisiert. Auf diese Weise entsteht das Bauteil von unten nach oben. Da das Bauteil in der Maschine nur zu ca. 95% polymerisiert wird, muss es außerhalb der Maschine nachvernetzt und anschließend mit Lösungsmitteln gereinigt werden. Je nach Geometrie des Bauteils sind Stützen notwendig, die nach dem Bau manuell entfernt werden müssen.

Zu den Polymerisationsverfahren gehört auch das Poly Jet Modeling, bei dem das Monomer-Photoaktivator-Gemisch nicht in einem Bad, sondern mittels Düsen aufgetragen und durch eine mitlaufende Hochleistungslampe (UV) unmittelbar verfestigt wird. Neben einer geringen Schichtdicke besteht ein weiterer Vorteil des Verfahrens in der Möglichkeit, mehrere Materialien in einem Prozess verarbeiten zu können.

3. Schmelz- und Sinterverfahren

Besonders weit verbreitet im industriellen Bereich sind zurzeit die Schmelz- und Sinterverfahren. Bei diesen Prozessen werden in einem Pulverbett angeordnete, typischerweise 20-50 µm große Partikel aus Kunststoff, Metall oder Keramik durch einen Laserstrahl lokal erhitzt und dabei entweder unvollständig (Sintern) oder vollständig (Schmelzen) aufgeschmolzen. Nach dem Abkühlen bilden diese dann eine feste Schicht, das Pulverbett wird um eine Schichtdicke abgesenkt und aus einem Vorratsbehälter eine neue Schicht Material aufgetragen. Durch das Pulverbett wird das Bauteil von außen gehalten, so dass zusätzliche Stützen entbehrlich sind. Abschließend muss das Bauteil von lose anhaftendem Pulver gereinigt werden.

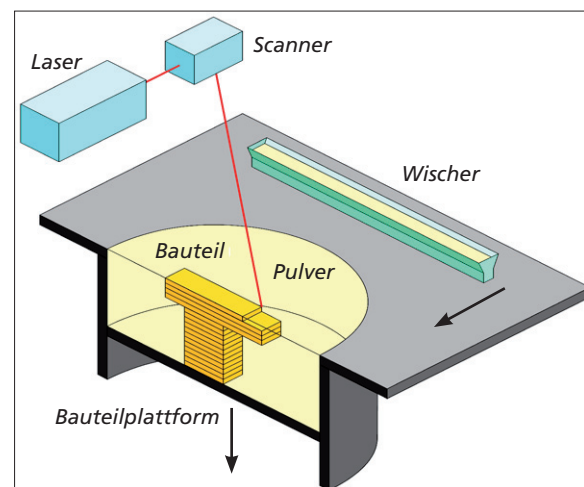


Abb. 2: Anlagenaufbau Lasersintern

Anders als bei den Polymerisationsverfahren können auch verschiedene Metalle (z. B. Bau-, Edel- und Werkzeugstähle, CoCr, Hasteloy und Edelmetalle) oder Keramiken verarbeitet und somit auch wesentlich stabilere und hoch belastbare Bauteile erstellt werden.

4. Extrusions-Verfahren

Beim Extrudieren thermoplastischer Materialien (Fused Layer Modeling oder Fused Deposition Modeling) werden strangförmige Hochpolymere (bei Bedarf mit Füllstoffen) durch eine beheizte Düse oder einen Druckkopf aufgeschmolzen und lokal schichtweise aufgetragen (extrudiert). Die Verfestigung der jeweils neuen Schicht erfolgt durch Wärmeleitung beim Kontakt mit dem teilfertigen Modell. Durch die Möglichkeit der Verarbeitung von Serienkunststoffen wie ABS lassen sich auch Bauteile mit den Eigenschaften von Endprodukten herstellen.

5. 3D-Printing

Anders als beim Extrusionsverfahren wird beim 3D-Printing-Verfahren, das vom Massachusetts Institute of Technology als eigenständiges Verfahren patentiert wurde und nicht mit dem allgemeinen Synonym für Generative Fertigungstechnik gleichzusetzen ist, nicht das Grundmaterial mit einem Druckkopf aufgetragen, sondern ein flüssiges Bindemittel, das entsprechend der Kontur

der zu bauenden Schicht in die Oberfläche eines Pulvers gesprüht wird. Ähnlich wie bei einer Sintermaschine wird durch Anheben des Bodens aus einem Vorratszylinder die notwendige Pulvermenge bereitgestellt und mittels einer Walze über den um eine Schichtdicke abgesenkten Boden des Bauraumes verteilt. Durch die Verklebung mit dem Binder entsteht die neue Schicht.

Die Maschine ist vergleichsweise schnell und in der Anschaffung und vor allen Dingen im Betrieb sehr preiswert, da z. B. handelsübliche Ink-Jet-Druckerköpfe verwendet werden können. Zudem lassen sich durch entsprechende Wahl der Pulver-Binder-Kombination neben Kunststoffen eine Vielzahl von Werkstoffen verarbeiten, so zum Beispiel auch Keramiken oder Metalle, organische Materialien und Medikamente. Das erhaltene Bauteil ist allerdings recht fragil und muss nach Entfernung des anhaftenden Pulvers nachbearbeitet werden, um eine höhere mechanische Belastbarkeit zu erlangen. Dazu können Kunststoffteile zum Beispiel mit Epoxidharz infiltriert oder Keramiken gesintert werden.

Sollen die Eigenschaften der Bauteile zum Beispiel hinsichtlich der Oberflächengüte, der mechanischen Eigenschaften oder der Haptik nachträglich verbessert werden, so ist im Anschluss an die aufgeführten generativen Fertigungsverfahren eine Nachbehandlung mit etablierten Technologien möglich.

Abfallvermeidung durch Generative Fertigung

Für die Herstellung hochwertiger Produkte aus Metall und zahlreichen anderen Werkstoffen sind heute Werkzeugmaschinen Stand der Technik, die durch den Einsatz moderner Steuerungstechnik in der Lage sind, Werkstücke mit hoher Präzision auch für komplexe Formen automatisch herzustellen. Bei der spanenden Bearbeitung mit solchen CNC-Maschinen (Computerized Numerical Control) fallen notgedrungen abgetragenes Material des Werkstückes und meist auch Kühlschmierstoffe als Abfälle an. Zudem unterliegen die Werkzeuge einem beachtlichen Verschleiß und müssen dementsprechend häufig gewechselt werden.

Wie oben ausgeführt können Werkstücke mit generativen Fertigungsverfahren nahezu abfallfrei erstellt werden, sowohl was die Rohstoffe als auch was (gefährliche) Hilfs- und Betriebsstoffe betrifft. Die generative Fertigung ermöglicht darüber hinaus Produktdesigns, die mit anderen Herstellungsverfahren nicht realisierbar sind. So sind zum Beispiel leichtere Produkte mit Gitterstrukturen möglich, die bei gleicher Stabilität weniger Material benötigen, als die konventionell mit CNC-Maschinen hergestellten Teile. Werden solcherart gewichtsreduzierte Produkte bewegt, verursachen sie zudem einen geringeren Energieverbrauch. Diese Aussagen werden auch durch die größte Studie gestützt, die bislang explizit zu Fragen der Nachhaltigkeit generativer Fertigung gemacht wurde: ATKINS - Manufacturing a Low Carbon Footprint. Unter der Projektleitung durch die Additive

Manufacturing Research Group an der Loughborough University in Leicestershire konnten mehrere Industriepartner, darunter Bentley, Delphi und Boeing, die oben genannten Effekte vor allem unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus' der Produkte nachweisen.

Die Gestaltung eines Bauteils lässt sich bei generativer Fertigung ohne Änderung am Maschinenaufbau beliebig oft ändern. Dadurch ist die Gestaltung der Produkte in hohem Maße flexibel und individualisierbar. So führt der Einsatz von Schichtbauverfahren letztendlich auch zu neuen Geschäftsmodellen und Lieferketten. Andererseits wird die Nutzung generativer Fertigungstechniken bislang durch die relativ geringe Produktionsgeschwindigkeit und die begrenzte erzielbare Bauteilgröße limitiert und eignet sich daher zum jetzigen Zeitpunkt vor allem für die Herstellung hochwertiger Einzelteile oder von Kleinserien. Beim Selektiven Laser-Sintern von Polymeren wie dem weit verbreiteten Polyamid 12 wird zudem durch die notwendige Erwärmung das Badmaterial in seinen Eigenschaften so ungünstig verändert, dass 30 bis 50 Prozent verworfen und durch Frischmaterial ersetzt werden müssen [4]. Die gewünschte Abfallreduktion kann bis zur Einführung entsprechend optimierter Polymere daher bei diesen Verfahren vor allem beim Einsatz von Metallen oder Keramiken erzielt werden.

Eine Alternative zur kostengünstigen Herstellung von Massenware im Spritzguss sind die generativen Verfahren folglich im Moment sicher nicht. Durch die rasante Weiterentwicklung der Fertigungsmaschinen und der einsetzbaren Grundstoffe werden die Anwendungsmöglichkeiten jedoch ständig erweitert. Eine Maschine, die große Titanteile achtmal schneller bauen kann als die aktuell am Markt befindlichen Geräte, ist gerade in der Entwicklung. Am anderen Ende der Skala wird an Nanoprinting-Verfahren gearbeitet, die die Herstellung von Bauteilen mit Ausdehnungen unterhalb eines Mikrometers erlauben. Damit lassen sich zum Beispiel für die Pharma- und Biotechnologie Gerüststrukturen aus ungiftigen, reaktiven Proteinmonomeren generieren, in die Modellorganismen eingebettet sind.

Hinsichtlich neuer Grundstoffe laufen wiederum erfolgreiche Versuche am Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT, Bauteile aus verschiedenen Kupferlegierungen mit einer Metaldichte bis zu 99,9 % generativ zu fertigen und so die Palette der handelsüblichen Pulverwerkstoffe für Selektives Laser Sintern von Metallen, die bislang vor allem Edelstahl, Werkzeugstahl, Titan-, Aluminium-, Kobalt- und Nickellegierungen umfasst, weiter auszubauen. Auch an den Einsatzmöglichkeiten hochfester Keramiken aus Zirkonoxid (ZrO_2) und Aluminiumoxid (Al_2O_3) wird dort geforscht.

In vielen Fällen können aber auch schon heute besonders zeit- und materialintensive Prozesse deutlich schneller und abfallärmer gestaltet werden. Eine Auswahl praktischer Anwendungsbeispiele soll im Folgenden ver-

deutlichen, welche Effizienzpotenziale im Bau von Prototypen und Werkzeugen, aber auch in zunehmendem Maße in der Endproduktfertigung und bei Instandhaltung und Reparatur vorhanden sind.

Prototypen

Die Herstellung von Prototypen war eine der ersten Nutzungen der generativen Fertigung und bildet bis heute ein wichtiges Anwendungsfeld. Viele Interessenten, die sich erstmals mit den Verfahren befassen, sind schnell überzeugt von den Möglichkeiten, die ihnen ein kostengünstig hergestellter Prototyp bei der Entwicklung, aber auch bei der Vermarktung eines neuen Produkts bietet.

Anfangs konnten diese Prototypen in erster Linie als Kommunikationsmittel angesehen werden. Anders als bei der 3D-Simulation am Computer hat man mit dem gedruckten Modell eine stoffliche Vorlage, die man anfassen und Kunden zeigen kann. Mit der Entwicklung immer neuer Grundstoffe für die Generative Fertigung konnten zunehmend Prototypen aus hoch belastbaren Kunststoffen oder Metalllegierungen mit der vollen Produktfunktionalität erstellt werden. Da der aufwändige Werkzeug- und Formenbau dabei entfällt, der für die konventionelle Prototypenerstellung notwendig ist, werden nicht nur Ressourcen geschont, sondern die iterative Produktentwicklung wird auch enorm beschleunigt und verbilligt. Optimierungen lassen sich sofort umsetzen und am Produkt testen. Schwachstellen werden frühzeitig erkannt und Fehlentwicklungen vermieden. Die Nutzung der auch als Rapid Prototyping bezeichneten Verfahren ist inzwischen weitgehend etabliert und steht für eine Vielzahl von Produkten zur Verfügung.

Wie formgenau und belastbar diese Art von Prototypen ist, zeigt die Tatsache, dass sie gerade im Automobil- und Motorradrennsport weit verbreitet ist. Dort werden die generativ gefertigten Bauteile zur schnellen Lösung konstruktiver Verbesserung genutzt und müssen sich statt in kontrollierten Testumgebungen direkt im Renn-einsatz bewähren.

Werkzeuge

Obwohl eigentlich ein konkurrierendes Verfahren, ergänzt die generative Fertigung die verbreiteten Spritzgussverfahren hervorragend. Eines der größten Probleme bei der Gestaltung neuer Gussformen ist die kontrollierte Kühlung der Form. Die generative Fertigung überwindet die Beschränkungen bei der Führung der Kühlkanäle, die bei traditioneller Herstellung der Formen zu beachten sind. In einem eigenen Projekt konnte zum Beispiel die Firma Gardena, ein Hersteller von Gartengeräten, nicht nur eine Verbesserung der Produktqualität, sondern auch eine Beschleunigung der Umlaufzeiten durch den Einsatz generativ gefertigter Gussformen erzielen. Insgesamt lässt sich dadurch sowohl Abfall vermeiden als auch eine Verringerung der Stückkosten erreichen. Entsprechende Erfahrungen konnten auch in einem Projekt für das Pôle Européen de Plasturgie (PEP),

einem europäischen Kompetenzzentrum der Kunststoff-industrie, gemacht werden.

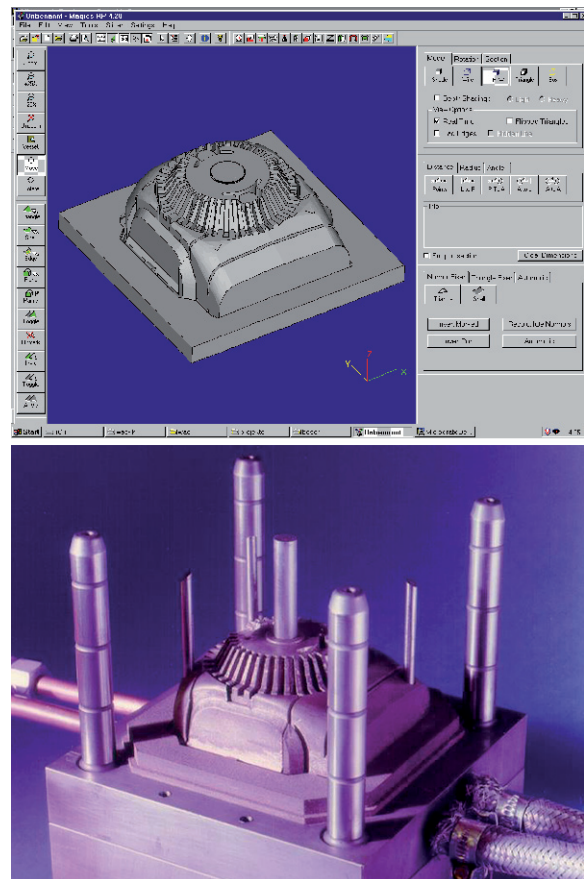


Abb. 3: Fertigung eines Spritzgusswerkzeugs
oben: Konstruktion im STL-Format
unten: Bauteil im Metallsinterverfahren

Durch die schnellere und kostengünstigere Erstellung von neuen Gussformen lassen sich auch kleinere Serien ökonomischer und abfallärmer produzieren. Durch eine geeignete Verknüpfung beider Produktionstechniken kann sogar im Einzelfall kurzfristig entschieden werden, ob kleine Lose oder Teile mit besonders komplexen Formen direkt gedruckt oder ob eine Spritzgussform designed und generativ gefertigt werden soll.

Bei größeren Gussformen macht sich die Möglichkeit, die Muster mit Hohlräumen in einer Wabenstruktur zu bauen, in mehrfacher Hinsicht bezahlt. Da das Muster bei der Herstellung der Gussform herausgeschmolzen werden muss, wird Material eingespart, das später letztlich verloren geht. Auf diesem Weg werden zum Beispiel mittels Stereolithographie Turbinen für regional angepasste, mittelgroße Wasserkraftwerke produziert, die traditionell unter deutlich größerem Zeit- und Materialeinsatz mit CNC-Maschinen gefertigt werden.

Nicht nur für die Guss-, sondern auch für die Umformverfahren lassen sich mit Generativer Fertigung abfallarm Werkzeuge erstellen. Das Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU hat sich zum Ziel gesetzt, am Beispiel eines Schmiedegesenks die Vor-

teile und Besonderheiten der generativen gegenüber der konventionellen Werkzeugfertigung über die gesamte Prozesskette unter produktionsähnlichen Bedingungen zu ermitteln.

Bei BMW wiederum hat man erkannt, dass sich die für die Prototypenherstellung angeschafften 3D-Drucker auch für die Unterstützung der Produktion nutzen lassen. Mit dieser Technik war es möglich, nicht nur die Form tragbarer Montagewerkzeuge optimal an die eigenen Bedürfnisse anzupassen, sondern durch konventionell nicht realisierbare materialreduzierte Leichtbaustrukturen über 70 % an Gewicht bei diesen Geräten einzusparen.

Produkte

Der Übergang von der generativen Herstellung von Prototypen zur Produktion von (Klein-)Serien ist oft fließend. Da die Prototypen aus Metall und auch aus manchen der neuen Polymergrundstoffe durchaus Endproduktqualitäten aufweisen, können diese auch als solche eingesetzt werden. So funktionierte der Prototyp eines neu entwickelten schlauchlosen Vakuumgreifers der Firma Digital Mechanics AB aus Schweden, der mit Fused Deposition Modeling hergestellt wurde, so gut, dass er fortan direkt auf diesem Weg produziert wurde. Bei der Sørlandets Aluminiumprodukt (SAP) aus Norwegen, einem Hersteller für Schiffsausrüstung, kam bei der Entscheidung noch Zeitdruck hinzu. Als ein Termin nicht mehr zu halten schien, entschloss man sich kurzfristig, fehlende Teile eines Führerstuhls für einen Offshore-Bohrer mit FDM zu produzieren, da die Belastbarkeit sich als mehr als ausreichend erwiesen hatte. Heute stellt SAP hunderte verschiedene Teile auf diese Weise her, die sonst im Spritzguss gefertigt werden würden.

Die werkzeuglose Fertigung ist auch als Alternative zum Druckguss lohnend, wenn die Losgrößen klein sind, wie zum Beispiel bei Spezialanfertigungen für besonders hochwertige Endprodukte, bei der Forderung nach Individualisierung der Produkte oder bei Ersatzteilen. Spezifische Bauteilgeometrien und Leichtbauweisen sind mit anderen Verfahren sogar überhaupt nicht zu realisieren und machen die GF in diesen Fällen konkurrenzlos.

Da bei der Schichtbaufertigung die Kosten nicht mit dem Individualisierungsgrad oder der Komplexität der Produkte steigen, findet sich die größte Verbreitung der Techniken in der Herstellung von Endprodukten, die genau solche Anforderungen haben. Klassische Beispiele solcher Produkte sind Zahnkronen, medizinische Implantate und Hörgerätegehäuse. Aber auch Messinstrumente und Schmuck sind Produkte, die vermehrt in generativer Fertigung erstellt werden. Denkbar ist fernerhin die Herstellung individualisierter Konsumartikel. Nicht nur zu Designprodukten wie Lampen, sondern auch zur Herstellung von auf den Träger angepassten Schuhen gibt es erste Erfahrungen. Im Vorfeld der Olympischen Spiele in London wurden an der Loughborough Universität in

Großbritannien Laufschuhe entwickelt, deren Sohlen mittels selektivem Lasersintern für jeden Läufer spezifische Elastizität verliehen bekamen. Langfristig sollen diese Versuche zur Herstellung personalisierter Schuhe für alle Konsumenten führen, die abfallarm produziert und langlebig sind.

In der Luftfahrtindustrie werden häufig Teile in spanender Fertigung erstellt, bei denen 90% des Ursprungsmaterials als Abfall anfallen (buy-to-fly-ratio). Mit GF können solche Teile (z. B. Verbindungsklammern und Türhalterungen) aus Titan nahezu abfallfrei hergestellt werden. Airbus hat solche Klammern entwickelt, die 50 bis 80 % leichter sind, und investiert wesentliche Mittel, um diese Entwicklung weiter zur Produktion zu bringen. Und auch Boeing verbaut im neuen 787 Dreamliner eine Reihe nicht kritischer Teile, die im selektiven Lasersintern erstellt wurden. Neben den Möglichkeiten, durch Leichtbauweise Gewicht und Kosten zu sparen, führen die immer weitergehenden Anforderungen an die kundenspezifische Gestaltung der Jets zu immer mehr generativ gefertigten Teilen in der Luftfahrtindustrie.

Auch in der Elektro- und Elektronikindustrie stoßen die Schichtbauverfahren zunehmend auf Interesse. Zurzeit laufen Forschungsprogramme, wie elektronische Komponenten in passgenauer Form für die Produkte, in die sie integriert werden sollen, gedruckt werden können. Entsprechende Entwicklungen gibt es hinsichtlich Batterien, RFIDs, Drucksensoren und elektronischen Kontrollstrukturen zum Beispiel an der Universität von El Paso in Texas (UTEP). General Electric nutzt bereits 3D Printing, um eine völlig neu gestaltete Sonde zur Ultraschalluntersuchung zu bauen. Während alle anderen Teile des Gerätes immer kleiner wurden, konnte die Sonde erst durch GF in der Größe reduziert und somit deutlich kostengünstiger hergestellt werden. Auch das am Fraunhofer ILT entwickelte Verfahren des Mikro-Laserauftragschweißens von Goldkontakten führt zu erheblichen Material- und Kosteneinsparungen gegenüber dem herkömmlichen galvanischen Kontaktieren.

Die Firmen Netfabb und Within Technologies bieten Softwareprodukte an, mit denen sich neuartig strukturierte Wärmetauscher generativ fertigen lassen, die deutlich effizienter sind und dabei geringere Produktionskosten aufweisen.

Neue Ideen können mit GF sehr schnell in konkrete Produkte umgesetzt werden. An der Universität Southampton in Großbritannien haben Wissenschaftler gemeinsam mit Studenten eine unbemannte Flugdrone mit einer Spannweite von 120 Zentimetern entwickelt. Das Southampton University Laser Sintered Aircraft (SULSA) hat eine Reichweite von 45 km bei einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h, wurde in zwei Tagen designed und in fünf Tagen ohne weitere Werkzeug- oder Maschinenbeschaffung auf 3D-Printern gedruckt.

Ein völlig neues Produkt ist auch der „FinGripper“ der Festo AG in Esslingen. Dieser bionische Greifer wurde nach dem Vorbild der Fischflosse entwickelt. Für die Umsetzung seiner komplexen filigranen Struktur eignet sich das Selektive Laser Sintern ganz besonders. Dadurch lässt sich der Greifer nicht nur kostengünstig produzieren, sondern ist auch noch 90 % leichter als herkömmliche Modelle aus Metall.

Über die generative Herstellung von Urmodellen und Keramikschalen für einen anschließenden Feinguss sind auch Werkstoffe und Legierungen verwendbar, die in 3D-Maschinen direkt nicht genutzt werden können. Selbst Werkstücke mit unerreichbaren Hohlräumen und Hinterschnitten sind so produzierbar. Auch die nachträgliche Infiltration poröser GF-Bauteile mit Metallen auf elektrochemischem Weg ist möglich und führt zu äußerst widerstandsfähigen Produkten.

Laut Wohlers [3] ist der Anteil der Herstellung von Endprodukten unter allen Schichtbau-Anwendungen von 4 % im Jahr 2003 auf ca. 20 % im Jahr 2010 gewachsen. Bis 2016 wird mit einem weiteren Wachstum auf 50 % und bis 2020 auf 80 % gerechnet.

Instandhaltung und Reparatur

Werden Ersatzteile generativ gefertigt, ist es nicht mehr nötig, diese in großer Stückzahl und Vielfalt für jedes Produkt vorab herzustellen und zu lagern. Lediglich die digitalen Modelle der Teile müssen vorliegen, um nach Bedarf das entsprechende Stück zu drucken. Dies kann an jedem Ort der Welt geschehen, an dem ein geeigneter 3D-Printer steht. Das vermeidet die übliche Überproduktion, Lagerhaltung und ggf. längere Transporte.

Liegen die 3D-Daten vor, können Ersatzteile sehr schnell produziert werden. Ein Teil, das die Brauerei Anheuser-Busch dringend für ihre Etikettiermaschine benötigte, sollte ursprünglich wie das Original in Aluminium nachgefertigt werden. Die beauftragte Firma stellte statt dessen nach Rücksprache ein voll funktionsfähiges identisches Kunststoffteil mit einem 3D-Drucker her. Anstelle der veranschlagten zwei bis drei Wochen konnte das Teil nach 72 Stunden geliefert und die Produktionskosten um über 70 % verringert werden. Mit dem Replicator der britischen Firma Cybaman Technologies können Objekte hingegen sowohl produziert als auch eingescannt werden. Auf diese Weise ist es z. B. möglich, ein Teil, das als Ersatzteil nicht mehr zur Verfügung steht, zu scannen, am Computer virtuell zu reparieren und erneut zu generieren. So können wertvolle Maschinen länger betrieben werden.

Mit LENS-Systemen (Laser Engineered Net Shaping) können kleinere, aber bedeutsame Schäden an Metallteilen additiv repariert und die Teile so weiter genutzt werden. Im Gegensatz zu anderen Verfahren entstehen dabei metallurgische Verbindungen, die selbst bei thermisch hochbelasteten Teilen besonders stabil sind. Da diese

Reparaturen nicht in einer Kammer stattfinden müssen, sind sie auch bei sehr großen Elementen möglich (z. B. Gas- oder Flugzeugturbinen) [3].

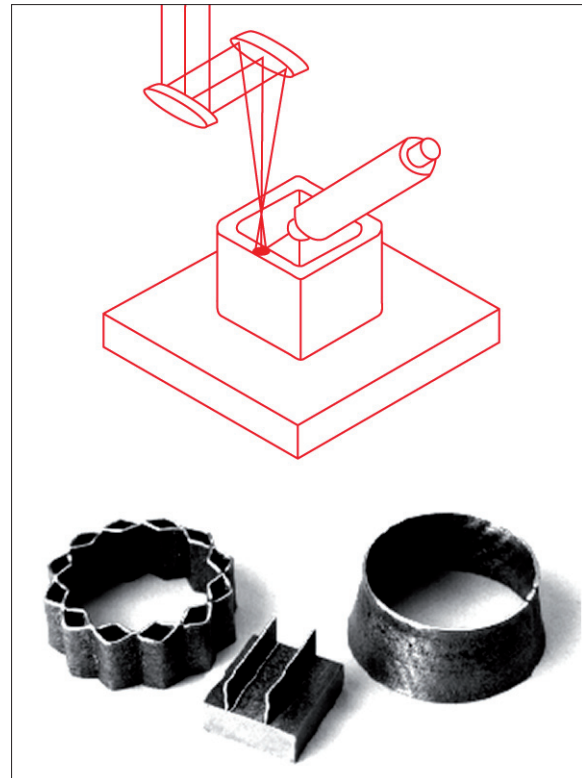


Abb. 4: Lasergenerieren
oben: Verfahrensprinzip
unten: Versuchsbauteile

Die Eignung der additiven Techniken für die Produktion von Ersatzteilen für die Flugzeugwartung wurde in dem EU-Projekt FANTASIA geprüft. Forscher des Fraunhofer ILT fanden heraus, dass sich auch komplex geformte Triebwerksteile kostengünstig mit selektivem Laserschmelzen fertigen lassen. Durch die lasergestützten Verfahren lassen sich die Durchlaufzeiten der Instandhaltung um mehr als 40 % verkürzen und bis zu 50 % des notwendigen Materials verringern. Daraus ergibt sich eine Einsparung von mindestens 40 % der Reparaturkosten.

Informationen und Kontakte

Wer sich über die vorgestellten Verfahren und deren Einsatzmöglichkeiten weiter informieren will, kann als Einstieg auf die unten angegebenen Quellen zurückgreifen. Dort findet man in knapper Form einen Überblick über den Stand der Technik.

Als zentrale Anlaufstelle für alle, die einen Ansprechpartner hinsichtlich Fragen zur Entwicklung, Anwendung und Umsetzung generativer Fertigungsverfahren suchen, hat sich die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung etabliert. Sie integriert deutschlandweit elf Institute, kann aber auch Kontakte zu Universitäten oder Anlagenbauern vermitteln. Neben dem direkten Einsatz der generativen Technologien sind auch Mate-

rial- und Anwendungsentwicklung Themen der Allianz und ihrer Partner. Nähere Informationen finden Sie unter <http://www.generativ.fraunhofer.de/>, die Allianz ist per E-Mail unter info@generativ.fraunhofer.de oder telefonisch unter (0241) 8904-130 zu erreichen.

Mit der Additive Manufacturing Research Group an der Loughborough University in Leicestershire befindet sich eine weitere renommierte Forschungseinrichtung in diesem Bereich in England. Sie ist auch für die Ausrichtung der jährlichen International Conference on Additive Manufacturing & 3D Printing verantwortlich, die in diesem Jahr am 9. und 10. Juli 2013 an der Nottingham University stattfinden wird und den Fokus auf die Produktion von Endprodukten richtet. Auf der Internetseite <http://www.am-conference.com/> erhält man nicht nur alle Informationen zu dieser Veranstaltung, sondern kann auch die Proceedings der Konferenzen seit 2006 beziehen.

Weiterführende Informationen

- [1] Generative Fertigungsverfahren. Rapid-Technologien (Rapid Prototyping). Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen. VDI-Richtlinie 3404; Düsseldorf; 2009
- [2] RTejournal - Forum für Rapid Technologie. Fachhochschule Aachen; <http://www.rtejournal.de/>

- [3] Additive Manufacturing: Status and Opportunities. Justin Scott, Nayanee Gupta, Christopher Weber, Sherrica Newsome, Terry Wohlers, Tim Caffrey; Science and Technology Policy Institute; Washington, DC; 2012
- [4] DDM - An Approach Towards Sustainable Production? Jürgen Bertling, Jan Blömer, Marcus Recheberger, Sabrina Schreiner; Fraunhofer UMSICHT; Vortrag auf der Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference am 14./15.3.2012 in Berlin
- [5] Sustainability issues in laser-based additive manufacturing. R. Sreenivasan, A. Goel, D. L. Bourell; Physics Procedia 5; Elsevier B.V.; 2010
- [6] Generative Fertigungsverfahren. Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Rapid Manufacturing. Andreas Gebhardt; 3. völlig überarbeitete Auflage; Hanser Verlag; München, Wien; 2007
- [7] Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung. <http://www.generativ.fraunhofer.de/>

Abbildungsnachweis

Abbildung 1: A. Gebhardt
Abbildungen 2, 3, 4: Fraunhofer-Gesellschaft