



Zukunft aus dem Drucker

In China stehen die ersten gedruckten Häuserfassaden, die Luftfahrtbranche hat mit der Serienfertigung gedruckter Bauteile begonnen. Berufsfelder wie Zahntechnik oder Industrie-Design sind schon heute nicht wiederzuerkennen.

Was passiert hier?

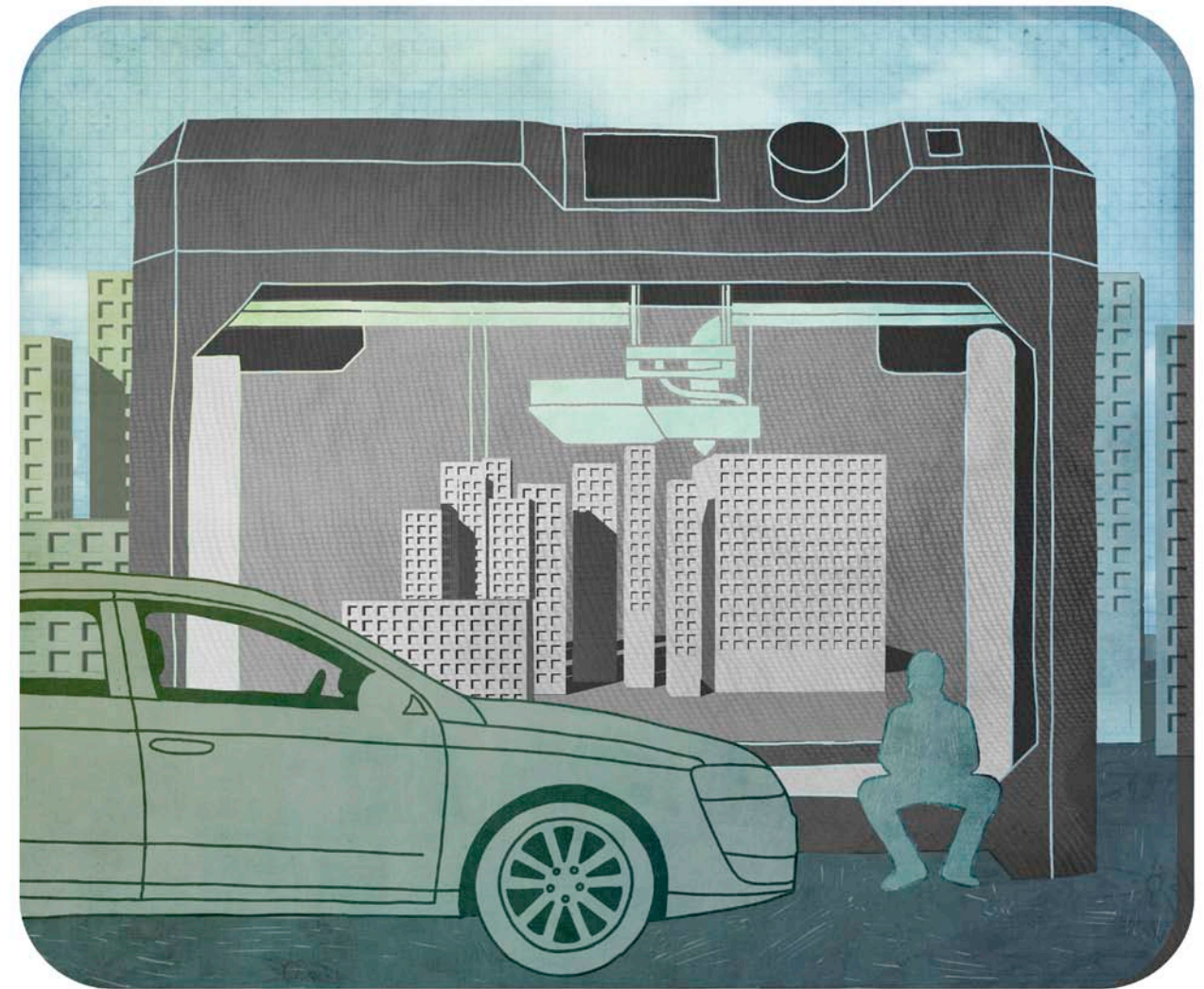
Die additive Fertigung, umgangssprachlich meist als 3D-Druck bezeichnet, hat den Status des reinen Prototypenverfahrens längst hinter sich gelassen. Mittlerweile verändert sie ganze Geschäftsmodelle – nur fällt das im Alltag kaum auf. Es sei denn, man erlebt gerade beim Zahnarzt, dass neue, perfekt angepasste Kronen oder Implantate schon nach ein, zwei Tagen einsetzbar sind. Das liegt meist nicht an einem sehr fleißigen Zahntechniker, sondern an Metall- oder Keramikdruckern, die die Kronen Schicht für Schicht nach 3D-Scan-Vorgaben ausdrucken. Es ist kein Zufall, dass die additive Fertigung gerade in der Medizintechnik mit ihren individualisierten Produkten häufig das Fertigungsverfahren der Wahl ist.

Ihr großer Vorteil ist die vergleichsweise günstige Losgröße-1-Fertigung. Und genau wie für Innenohrhörgeräte bekommt man beispielsweise auch für Knie-Operationen

bereits individuell angepasste und ausgedruckte Produkte – im Fall der Knie-OP bietet ein spezialisierter Dienstleister die erforderliche Bohrschablone, ausgedruckt nach Knie-Daten aus dem CT.

Die ersten gedruckten Bauteile sind - natürlich zertifiziert - in der Luft.

Für Außenstehende noch weniger sichtbar ist das Vordringen gedruckter Teile in der Luftfahrt. Im Flugzeugbau werden Teilbereiche komplett auf additive Fertigung umgestellt, die ersten gedruckten Bauteile sind – natürlich zertifiziert – in der Luft. Einige der Argumente: große Materialfreiheit, kurze Entwicklungszeiten, hohes Zukunftspotenzial. Unter letzterem darf man sich beispielsweise bionische Strukturen vorstellen



oder die Idee, schon während des Schichtaufbaus der Bauteile funktionale Komponenten zu integrieren, was letztlich Gewicht und Fertigungszeit spart.

Am Produktionstechnischen Zentrum und am Laser Zentrum Hannover arbeiten Wissenschaftler mit unterschiedlichem Fokus an der additiven Fertigung der Zukunft (siehe Kurzportraits auf den folgenden Seiten). Grundsätzlich ist die Forschungsagenda riesig. Beispiel „sensorische Strukturen im Innern eines Bauteils“. Der schichtweise Aufbau der additiven Fertigung bietet sich dafür geradezu an – aber wie lassen sich die zusätzlichen Materialien für die Komponenten in den Aufbauprozess integrieren? Beispiel „Kühlkanäle in der Motortechnik“. Die Kanäle beim Drucken einfach auszuspüren, ist eine triviale Sache, aber rundherum müssen schließlich stabile Zylinderköpfe entstehen. Beispiel „bessere 3D-Drucker“. Eine

höhere Genauigkeit der Ausdrücke, der schnelle Wechsel der zu druckenden Materialien und eine sparsame Ressourcennutzung sind nur einige der Ziele, die die Entwickler neuer Anlagen für die additive Fertigung im Blick haben.

„Wie lässt sich Glas drucken?“ - „Wie druckt man organische Materialien?“

Sicher ist, dass die Materialwissenschaften einen Boom erleben werden. Die Fragen sind vielfältig: „Kann man faserverstärkt drucken?“, „Wie lässt sich Glas drucken?“, „Wie druckt man organische Materialien?“ oder „Wie optimiert man den Umgang mit hochreaktivem Metallpulver wie Magnesium?“ Neue Möglichkeiten bieten auch sogenannte gradierte Werkstoffe: Denkbar sind etwa Werkstoffe, die bedingt durch unterschiedliche

Fotos: LZH (2), China Hopson (5), Illustration: Dorota Gorski

Aushärteeigenschaften später an einigen Stellen leitfähig sind, an anderen nicht. Zu den neuen Materialien kommen die neuen Freiheiten in den Köpfen, wenn Konstrukteure und Designer die neuen Gestaltungsmöglichkeiten wirklich verinnerlicht haben.

Die additive Fertigung ist die einzige Möglichkeit, sich schnell ein Ersatzteil zu beschaffen, wenn man 400 Kilometer über der Erde in der ISS sitzt.

Tatsächlich gibt es auch in der Raumfahrt Bedarf. Im Freifallsimulator, der zurzeit auch unter Beteiligung von PZH-Wissenschaftlern als Teil des HITech (Hannover Institut für Technologie) entsteht, sind Experimente mit der additiven Fertigung in der Schwerelosigkeit geplant. Aus gutem Grund: Die additive Fertigung ist die einzige – noch theoretische – Möglichkeit, sich schnell ein Ersatzteil zu beschaffen, wenn man 400 Kilometer über der Erde in der ISS sitzt und etwas kaputtgegangen ist. Dabei möchte man natürlich weder Pulver noch Flüssigkeiten in der Raumstation herumschweben haben – auch diese Randbedingung dürfte noch einige Forscher herausfordern.

Insgesamt befeuern sich neue Technologien, neue Einsatzideen und neue Materialien auf so dynamische Weise, dass es extrem schwierig ist, einen halbwegs verlässlichen Blick in die Zukunft zu werfen. Steffen Kleinert vom Institut für Transport- und Automatisierungstechnik hat es oft genug versucht: „Immer wenn ich mein Tutorium zum Thema aktualisiere, muss ich den Ausblick in die Zukunft korrigieren, weil einiges von dem, was im letzten Jahr noch ein ferner Ausblick war, zwischenzeitlich möglich geworden ist“. Diese Dynamik wird nicht zuletzt zum Problem für Wissenschaftler, wenn sie Forschungsanträge zum Additiven Fertigen einreichen und davon ausgehen müssen, dass ihre Idee von der Zeit überholt sein wird, noch bevor eine Bewilligung zu erwarten ist.

Stühle gäbe es dann, ergonomisch optimiert, aus dem Drucker; auf Wunsch aus Holzpulver.

Ob additive Verfahren in ein, zwei Jahrzehnten massentauglich sein werden und auch den sogenannten Consumer-Markt aufgerollt haben, dazu bleiben die Meinungen geteilt. Die Mehrheit der PZH-Experten meint, dass ein schnöder Kuli auch in Zukunft nicht 3D-gedruckt werde, weil das einfach zu lange dauere. Für realistisch halten sie dagegen eine zum Teil individuelle Möblierung: Stühle gäbe es dann, ergonomisch optimiert, aus dem Drucker; auf Wunsch aus Holzpulver.

„Wir nutzen unsere 3D-Drucker vor allem für die Fertigung von Prototypen sowie in unserer Gießerei für den Modell- und Formenbau. Know-how gibt's bei uns unter anderem in der mechanischen Prüfung additiv gefertigter Bauteile.
In der Forschung interessieren uns zum Beispiel die Fragen, wie man die Mikrostruktur metallischer Werkstoffe beim Drucken gezielt beeinflussen und ändern kann oder wie man beim additiven Fertigen einen Plagiatschutz integrieren kann.“



Florian Nürnberger,
Oberingenieur am Institut für Werkstoffkunde

„Wir haben am Institut eine FDM- und eine MJM-Anlage, und gemeinsam mit dem Laser Zentrum seit Ende 2015 eine neue Anlage zum Metalldrucken; eines der ersten Geräte aus einer neuen Serie, also absolut aktueller Stand. Wir nutzen die kleineren Anlagen unter anderem zum Ausdrucken von eigenen Ersatzteilen und Versuchsträgern und sehr viel für die Lehre.
In der Forschung beschäftigen wir uns seit einigen Jahren damit, klassische Offset-Druckverfahren zum Herstellen technischer Strukturen, etwa Lichtwellenleitern, weiterzuentwickeln. Unsere Ergebnisse und Ansätze entwickeln wir mit den neuen Möglichkeiten letztlich jetzt mit einer zusätzlichen Dimension weiter.“



Steffen Kleinert, Leiter des Bereichs „Automatisierungstechnik“ am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik

„Wir bieten als Dienstleister am PZH auch Konstruktion und Prototypenentwicklung. Mein aktueller Auftrag ist es, für den Zulieferer eines Schokoladenherstellers einen Schokolade-Drucker zu entwickeln. Die Herausforderung ist dabei nicht, die Schokolade – und wir wollen echte Schokolade und nicht nur Glasur – zu verflüssigen, sondern sie gezielt abzukühlen. Schokolade ist ein echt schwieriger Werkstoff.“



Thorsten Schnebeck,
Konstrukteur bei TEWISS – Technik und Wissen GmbH

Was ist additive - oder

Additiv bedeutet: das Bauteil wird erzeugt, indem der Werkstoff – üblicherweise – Schicht für Schicht aufgebaut wird. Anders als bei den klassischen Verfahren wie Fräsen oder Drehen wird bei der Fertigung Material also nicht weggenommen, sondern addiert. Gegenüber einem urformenden Verfahren wie dem Spritzgussverfahren hat die additive Fertigung den Vorteil, dass das aufwendige Herstellen von Formen und der Formenwechsel wegfallen. Insbesondere komplexe Strukturen lassen sich oft nur additiv herstellen. Es gibt die unterschiedlichsten Verfahren; hier sind einige davon:

Beim selektiven Laserschmelzen oder -sintern (SLM und SLS) wird Pulver in einer dünnen Schicht auf eine Arbeitsfläche aufgetragen. Ein Laser schmilzt einzelne Bereiche des Pulvers auf, die sich beim Erstarren mit dem direkt umgebenden Material verbinden. Die Daten für die Führung des Lasers generiert dabei ein 3D-CAD-Modell. Die Arbeitsfläche wird anschließend etwas abgesenkt, die nächste Schicht Pulver

auch: generative - Fertigung?

wird eben aufgetragen, der Laser schmilzt wieder einzelne Bereiche auf ... – so wächst aus dem Metall-, Polymer- oder Keramikpulver ein Bauteil, das so gute mechanische Eigenschaften aufweist, dass es als Endprodukt einsetzbar ist. Das Verfahren nennt sich deshalb auch Rapid Manufacturing, in Abgrenzung zum Rapid Prototyping, bei dem oft nur modellhaft die Anmutung eines späteren Bauteils dargestellt wird. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens: Während der Entstehung wird das Bauteil vom umgebenden Pulver gestützt; es braucht daher, wenn überhaupt, nur minimale Stützstrukturen. Am Ende wird überschüssiges Pulver abgeklopft und kann – insbesondere bei Metallpulver – teilweise recycelt werden.

Bei der Laser-Stereolithographie (STL) lassen sich quasi frei im Raum aus einem flüssigen, lichtaushärtenden Kunststoff Werkstücke schichtweise aufbauen. In einem Bad, das mit den Basismonomeren des lichtempfindlichen Kunststoffes gefüllt ist, härtet der Laser, der über bewegliche Spiegel gesteuert wird,

Schicht für Schicht aus. Bei der Mikrostereolithografie werden keine Stützstrukturen gebraucht – wenn die Bauteile größer werden, ändert sich das.

Als Multi-Jet-Modeling (MJM) bezeichnet man ein Verfahren, bei dem ein Bauteil aus flüssigen, UV-empfindlichen Photopolymeren durch einen Druckkopf, ähnlich dem in einem Tintenstrahldrucker, schichtweise und mit hoher Auflösung aufgebaut wird. Direkt nach dem Aufdrucken werden die Monomere durch UV-Licht polymerisiert und dabei fest. Erforderliche Stützgeometrien müssen mitgedruckt werden – sie lassen sich später entfernen; mechanisch, thermisch oder chemisch. Das Verfahren, das auch bei Privatanwendern verbreitet ist, ist das **Schmelzschicht-Verfahren (FDM)**. Wie bei einem 2D-Drucker wird ein Raster von Punkten auf eine Fläche aufgetragen. Dafür wird drahtförmiger Kunststoff oder Wachs erwärmt und verflüssigt, mit einer Düse aufgetragen und anschließend gezielt durch Abkühlen erhärtet.

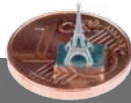
„Insbesondere natürlich bei den eingesetzten Lasern bieten wir – als Laser Zentrum – für unterschiedlichste Druckverfahren eigene Grundlagen und Entwicklungen, aber auch komplette eigene Anlagen. Dazu gehört beispielsweise eine Laser-Stereolithographie-Anlage, die bis zum Armaturenbrett alles drucken kann, und eine weitere in der Nanotechnologie.

Einige unserer aktuellen, anwendungsnahen Projekte: Wir arbeiten daran, einen 3D-Druck für Multimaterialanwendungen zu entwickeln; für den Druck bioresorbierbarer Implantate beschäftigen wir uns mit einer Anlage für Magnesiumwerkstoffe, für Cochlea-Implantate entwickeln wir eine Methode, um Elektroden aus einer Nickel-Titan-Formgedächtnis-Legierung zu drucken, und mithilfe des Auftragschweißens, ebenfalls ein additives Fertigungsverfahren, sollen Reparaturverfahren an Turbinenschaufeln vereinfacht werden.“

„Wir haben uns in der CAX-Entwicklung auf Wunsch eines Industriepartners damit beschäftigt, inwieweit man einen additiven Prozess, der zu den drei Dimensionen noch zwei weitere (Rotations-) Achsen dazubekommt, als reversiblen Fräsprozess betrachten kann: Statt in einem Fünf-Achs-Bearbeitungszentrum Material abzutragen, würden analog mit einer Düse in fünf Freiheitsgraden Kunststoffropfen aufgetragen. Ganz so einfach ist es aber nicht. Für die gewünschte Programmierung konnten wir zwar auf unserer Software-Entwicklung aufsetzen, mussten aber durchaus Arbeit reinstecken.“



Oliver Suttmann, Abteilungsleiter Produktions- und Systemtechnik des Laser Zentrums Hannover



Volker Böß, Leiter CAX-Entwicklung, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen

Wie umweltverträglich ist 3D-Drucken?

Es gibt einige Aspekte, die für die additive Fertigung als eine grundsätzlich eher umweltverträglichere Fertigungslösung sprechen:

1. Man kann energieintensive Transporte um die halbe Welt, zum Beispiel von Ersatzteilen, reduzieren. Vor Ort braucht man nur einen Drucker, die Daten, Pulver, Flüssigkeit.
2. Man reduziert den Materialverbrauch: Bei einigen hochwertigen, komplexen Bauteilen insbesondere in der Luftfahrt fallen bei der klassischen Herstellung durch Fräsen extreme Mengen minderwertiger Späne an. Beim Drucken fallen keine Späne an.
3. Kommunen stärken mit leistungsstarken 3D-Druckern ihre Resilienz, weil sie Produktion und Produktionsmittel stärker in kommunalen Kreisläufen halten können.

Es gibt allerdings auch Argumente gegen eine gute Umweltbilanz des 3D-Druckens:

1. Mit den Möglichkeiten des individuellen additiven Fertigungs wird auch der – zusätzliche – Bedarf danach geweckt; der Materialverbrauch nimmt zu. Transportiert wird immer noch, wenn auch Pulver statt fertiger Teile.
2. Überschüssiges Pulver lässt sich bislang nur in wenigen Fällen gut recyceln – Material für Stützstrukturen ist bei den meisten Verfahren ohnehin Abfall. Bei den flüssigen Ausgangsstoffen sind unter anderem Lösungsmittel ein Problem. Welche Eigenschaften künftige Druck-Werkstoffe haben, ist offen.
3. In die Umweltbilanz muss auch die Produktion aller der künftigen Anlagen zur additiven Fertigung einfließen, die erhebliche Mengen an Ressourcen und Energie benötigen.