

# Drucken in der dritten Dimension

Wie generative Fertigungsverfahren die Industrie verändern

Bei der generativen Fertigung werden Produkte schichtweise nach einer digitalen Vorlage «ausgedruckt». Die Technik ist heute so weit ausgereift, dass sie sich auch für Endprodukte in grösseren Serien lohnen kann.

Hanna Wick

Selten herrscht in der englischsprachigen Medienwelt so viel Einigkeit: Ob «Economist», «New York Times», «New Scientist», «Wired» oder «Technology Review», alle schreiben sie von einer zweiten industriellen Revolution, die sich im Stillen anbahnt und «jeden einzelnen Aspekt unseres Lebens verändern» werde. Warum die Aufregung? Die Rede ist von einer Technologie, die umgangssprachlich unter dem Namen 3-D-Druck bekannt ist, präziser aber als generative Fertigung oder Additive Manufacturing bezeichnet wird. Der Begriff bringt verschiedene Verfahren unter einen Hut, die alle dasselbe Grundprinzip haben: Ein Objekt wird nicht mehr gegossen, gefräst oder gedreht, sondern stattdessen Schicht für Schicht nach einer digitalen Vorlage aufgebaut – je nach Prozess aus Metall oder Kunststoff. Die entsprechenden Maschinen können gross, teuer und präzise sein, wie sie die Industrie benötigt; es gibt aber auch kleine, preiswerte 3-D-Drucker für den Hausgebrauch.

## Jedes Haus eine Fabrik

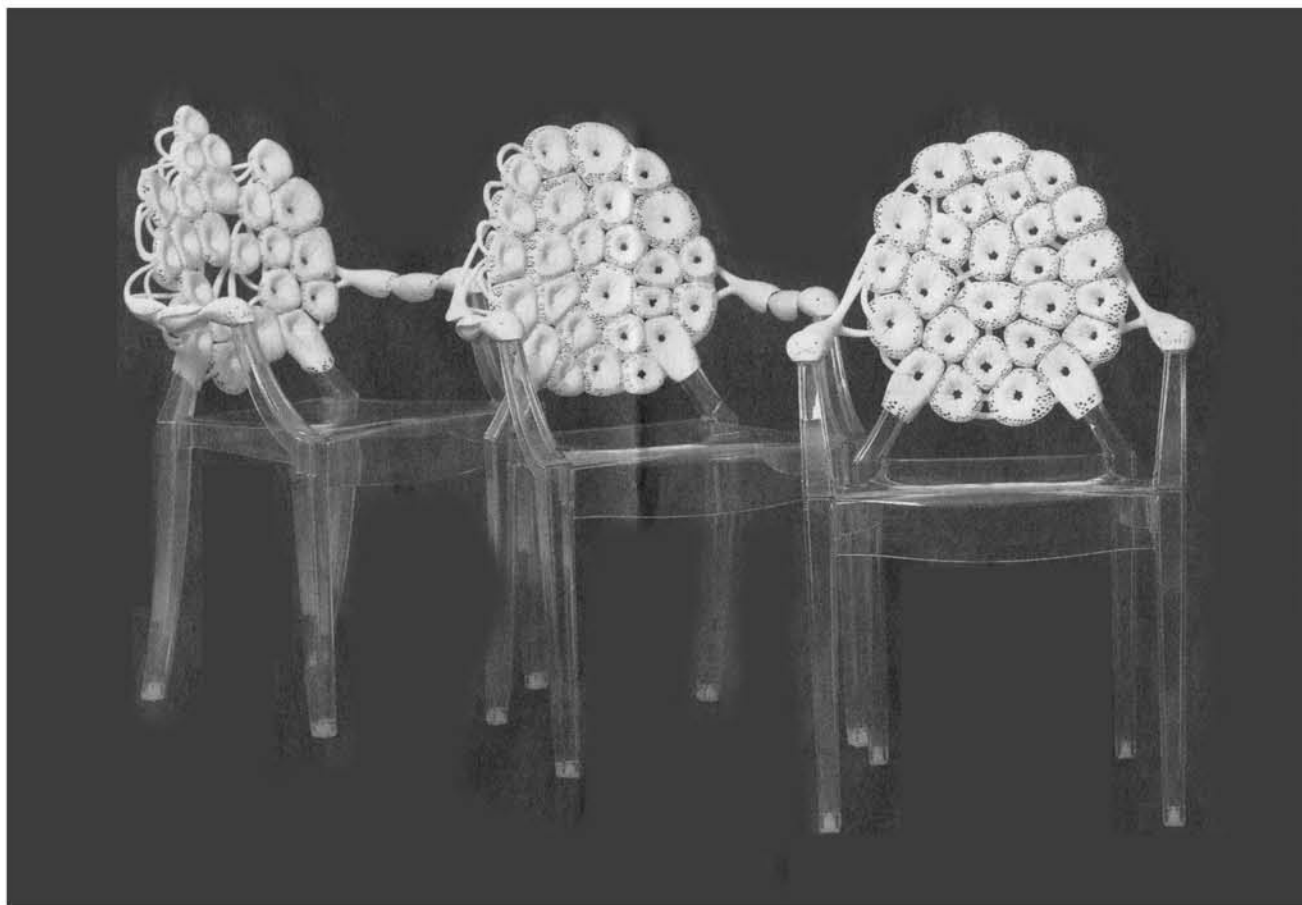
Visionäre geraten vor allem ob dieser Heimdrucker ins Schwärmen. Sie sehen eine neue Wirtschaftsordnung voraus, in der nicht mehr konsumiert wird, sondern kreiert. Konkret heisst das: Geht in Zukunft ein Teil der Spülmaschine kaputt oder braucht man einen neuen Lampenschirm, lädt man sich ganz einfach aus dem Internet den entsprechenden Bauplan herunter und entwirft selbst ein digitales Modell. Dann füllt man Material in den Drucker, drückt auf den Print-Knopf, und schon spuckt das Gerät das gewünschte Teil aus. Jeder Haushalt würde so zur Fabrik. Statt eines fertigen Produkts kaufte man nur noch Baupläne und Rohstoffe.

Noch ist es nicht ganz so weit. Noch betreibt erst eine kleine – wenn auch explosionsartig wachsende – Gemeinde von Bastlern zu Hause einen 3-D-Drucker. Denn der Betrieb braucht Geduld und technisches Flair. Das zeigt sich auch beim Besuch im FabLab an der Hochschule Luzern, dessen Leiter Roman Jurt gerade dabei ist, den selbstgebaute 3-D-Drucker zu flicken.

Das Labor ist ähnlich ausgerüstet wie andere Hochschulwerkstätten, etwa jene an der Zürcher Hochschule der Künste oder der ETH Zürich. Anders als diese ist das FabLab aber nicht nur Akademikern zugänglich, sondern steht allen offen. «Jeder soll die Möglichkeit haben, die digitale Fabrikation kennenzulernen und zu nutzen», sagt Jurt. Das Labor beruht auf dem Vorbild des FabLab am Massachusetts Institute of Technology (MIT), das vor knapp zehn Jahren vom 3-D-Pionier Neil Gershenfeld gegründet wurde. Weltweit gibt es heute bereits 67 solcher Labs.

Der 3-D-Drucker, an dem Jurt arbeitet, ist seit kurzem unter dem Namen Ultimaker erhältlich. Ein Baukasten kostet knapp 1200 Euro, das liegt in derselben Grössenordnung wie der Preis für andere Heimdrucker (z. B. den Makerbot). Die Maschine besteht aus einem simplen Holzgerüst, in dem eine Plattform aufgehängt ist. Darüber befindet sich eine bewegliche Einspritzdüse, aus der im Betrieb ein dünner Faden aus flüssigem Kunststoff austritt – so wie Schlagrahm aus einem Spritzsack.

Nach einer digitalen Vorlage spritzt die Düse zuerst die erste Schicht eines



Generative Verfahren ermöglichen ganz neue, filigrane Formen. Im Bild ein lasergesinterter Plasticstuhl.

FUTUREFACTORIES

Objekts auf die Plattform, dann die zweite, die dritte usw., bis das Objekt fertig ist. Die heissen Kunststoffäden verbinden sich zu einer festen Form. Dem Endprodukt merkt man den Herstellungsprozess deutlich an: Die Oberfläche ist sicht- und fühlbar gerippt. Von einem solchen Selbstbau-Drucker bis zu den hochprofessionellen Maschinen der Industrie sind es Welten. Trotzdem treten zwei Vorteile des Additive Manufacturing schon im FabLab offen zutage: der geringe Materialverbrauch und die riesigen Gestaltungsmöglichkeiten.

Anders als beim Fräsen, wo die Endform quasi aus einem Block herausgeschält wird, baut eine generative Fertigungsanlage immer nur dort Material auf, wo es nötig ist (additiv statt subtraktiv). Ausserdem lassen sich ganz andere Formen herstellen wie filigrane Strukturen oder Hohlräume, die nicht mühsam ausgespart werden müssen. Ein vielgenanntes Beispiel sind Luftkanäle aus Polyamid für Kampfflugzeuge. Wegen ihrer komplizierten Hohlstrukturen mussten diese Komponenten früher aus über zehn Stücken montiert werden. Dank der generativen Fertigung entstehen sie nun in einem Schritt und sind erst noch leichter, was Treibstoff spart.

## Leicht und individuell

Kein Wunder, sind all jene Industriezweige an der neuen Technik besonders interessiert, in denen Leichtbau ein wichtiges Thema ist, allen voran die Automobilbranche und die Luftfahrt. Teilweise werden heute schon grössere Teile von unbemannten Flugzeugen mit generativer Fertigung hergestellt. Auch Firmen wie Boeing und Airbus oder aber BMW und General Motors engagieren sich in diesem Bereich.

Bei den industriellen Anwendungen seien die USA Europa deutlich voraus, sagt Gideon Levy, der Leiter des Institute for Rapid Product Development (IRPD) in St. Gallen, das zur Inspire AG der ETH Zürich gehört. Auch im konservativeren Europa habe man das Potenzial der neuen Technik aber erkannt. Die EU fördert verschiedenste Forschungsprojekte mit der Industrie, zum Beispiel «DirectSpare». Dessen Idee ist, Ersatzteile für Kraftwerke, Autos, Helikopter oder Haushaltsgeräte direkt an Ort generativ zu fertigen, anstatt sie in grossen (vielleicht zu grossen) Stückzahlen in Lagern bereitzuhalten und dann rund um die Welt zu verschif-

fen. So würden Lagerkosten, Materialbedarf und Transportaufwand reduziert.

Ein interessantes Gebiet für generative Verfahren ist auch die Medizin. Hier sticht ein weiterer Vorzug der Technik: die Individualisierbarkeit. Individuelle Implantate für Hüften und Gebisse werden bereits in grösseren Serien hergestellt. Auch künstliche Gewebe oder Organe könnten dereinst gedruckt werden; diese Anwendung befindet sich aber noch im Forschungsstadium.

Für künstliche Blasen und Blutgefässe nutzen die Forscher den Inkjet-Druck, der vom Prinzip her ähnlich funktioniert wie der 3-D-Drucker im FabLab in Luzern – nur mit lebenden Zellen oder sonstigen Biomaterialien als Werkstoff statt mit Plastic. Meistens kommen in der Industrie aber andere generative Techniken und Maschinen zum Zuge, etwa die Stereolithografie und das selektive Lasersintern, die sich für die Herstellung von hochwertigen Endprodukten aus Kunststoff eignen.

Beide Verfahren basieren auf Lasern: Bei der Stereolithografie wird das Objekt mit einem Laserstrahl lagenweise in flüssigen Kunstharz «hineingeschrieben». Wo der Harz belichtet wird, härtet er aus. Diese Technik wird heute schon in Massen angewendet für passgenaue Hörgeräte. Beim Lasersintern ist das Ausgangsprodukt ein Kunststoffpulver, das mit einem Laser Schicht für Schicht aufgeschmolzen wird und sich beim Abkühlen verfestigt. Genauso funktioniert auch das selektive Laserschmelzen, eine jüngere Technik, mit der man Teile aus Metall fertigen kann.

Mittlerweile ist die Materialpalette für die generative Fertigung schon recht breit. Beim Kunststoff reicht die Auswahl von Polyamid über Kunstharz und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) bis zu Polyolefin und Polyetheretherketon (PEEK). Beim Metall umfasst sie Edelmetalle und Werkzeugstähle ebenso wie Legierungen aus Kobalt und Chrom, Aluminium und Titan sowie nickelbasierte Legierungen. Mit den hochwertigen Werkstoffen lassen sich heute auch belastbare Endprodukte herstellen, nicht nur Prototypen wie früher. «Dieser Wandel ist bei den Unternehmen angekommen», sagt Martin Schäfer von Siemens. «Viele Grossfirmen prüfen, wie sie die generative Fertigung nutzen könnten.»

Damit sich die Technik serienmässig durchsetzt, braucht es aber noch eine bessere Qualitätssicherung. «Zuverlässigkeit ist der Dreh- und Angelpunkt»,

sagt Johannes Schilp von der TU München. «Wir müssen sicherstellen, dass der gleiche Job auf der gleichen Maschine am Tag X dasselbe Resultat bringt wie am Vortag», ergänzt Schäfer. Das sei heute längst nicht immer der Fall.

## Reif für die Norm

Um zu definieren, was Qualität bei der generativen Fertigung bedeutet, sind in den USA und in Europa Normierungsbestrebungen im Gang. Das ist kein leichtes Unterfangen: Die Palette der Anwendungen ist riesig, und die Verfahren sind heterogen. Bis die Normen stehen, dauert es also noch. Schon jetzt haben die Normierungsaktivitäten aber Signalwirkung. «Sie sind ein Zeichen dafür, dass die Technologie die erste Stufe der Industriereife erreicht hat», sagt Levy – auch wenn es an breiter Akzeptanz noch fehlt.

Ein Problem ist laut Levy, dass die Firmen umdenken müssen. «Die generative Fertigung ist nicht wirtschaftlich wegen der hohen Stückzahlen, sondern wegen der neuen Funktionalitäten und der Individualisierbarkeit.» Für einfache Geometrien werde sie sich nie lohnen. Er rechnet damit, dass das Additive Manufacturing in 5 bis 10 Jahren im Mainstream angekommen sein wird. Die Beratungsfirma Wohlers Associates sagt für das Jahr 2016 branchenweit ein Umsatzwachstum von 3,1 und für 2020 gar von 5,2 Milliarden Dollar voraus.

Von einer zweiten industriellen Revolution zu sprechen, halten die befragten Experten für übertrieben. Die Technik des Additive Manufacturing habe aber durchaus revolutionäres Potenzial, sagt Ralf Schindel vom IRPD – und zwar im Designbereich. Um die neue Gestaltungsfreiheit auszuschöpfen, müssten die Ingenieure die Verfahren allerdings besser kennen. Heute lerne man in der Ausbildung immer noch, dass man nicht «ums Eck bohren» könne, so Schilp. Doch mit der neuen Technik stimme das nicht mehr. Wie seine Kollegen plädiert auch er deshalb dafür, die generative Fertigung in die Ingenieur-Grundausbildung aufzunehmen. Dabei haben Werkstätten wie das FabLab in Luzern eine tragende Rolle: Hier können angehende Ingenieure die Technik kennenlernen, damit sie neue Ideen entwickeln. Und alle Nichtingenieure können ausprobieren, wie der Drucker funktioniert, der dereinst zu Hause auf dem Tisch stehen könnte.