

# Der schöne Traum vom 3D-Printer

Tintenstrahl war gestern. Inzwischen können spezielle Drucker auch die dritte Dimension gestalten – wenigstens ein bisschen. Enthusiasten rufen schon die Revolution der Konsumenten aus, andere warnen vor Produktpiraterie. Doch die neue Technologie hat ihre Tücken.

VON ROBERT GAST

Eine Stunde lang erfüllt ein Surren die Frankfurter Dachgeschosswohnung. Als es endlich verstummt, beugt sich Alexander Schrörs über den durchsichtigen Kasten, der auf der Waschmaschine steht, und entnimmt ein milchig weißes Stück Plastik. „Ist es nicht toll, wenn sich Menschen Sachen wieder selber bauen?“, fragt Schrörs und präsentiert seinen neuen Flaschenöffner. Für die Bastelerei genügt dem Ingenieur allerdings ein Mausklick am Computer, die eigentliche Arbeit erledigte dann der 3D-Drucker.

Es ist noch gar nicht so lange her, da durfte man beeindruckt sein, wenn ein Tintenstrahl Fotografien besonders schön aufs Papier malte. Doch inzwischen ist die dritte Dimension erreicht: Es werden Gegenstände gedruckt. Die Industrie nutzt die sogenannten 3D-Drucker schon seit den 1990er Jahren, die Geräte sind überall dort gefragt, wo nur kleine Stückzahlen benötigt werden und sich die Herstellung einer eigenen Gussform nicht lohnt: Modelle für erste Tests im Windkanal etwa, speziell angepasste Hörgeräte, Zahn-

## Menschen teilen ihre Ideen gerne. Und wie steht es dabei um das Urheberrecht?

prothesen oder künstliche Gelenke. Bald sollen damit auch komplizierte Flugzeugteile gefertigt werden und Gehirnmodelle anhand von computertomografischen Bildern entstehen.

Die für Medizin und Wirtschaft nötige Technologie kostet mehrere zehntausend Euro, wenn nicht sogar sechsstellige Beträge. Doch es gibt abgespeckte Versionen, die einen 3D-Drucker auch für Privatpersonen interessant machen. Alexander Schrörs hat seinen für knapp 1000 Euro im Internet bestellt. Geliefert wurde ihm von der britischen Firma BitsfromBytes ein großes Paket mit Hunderten Schrauben und Muttern, Dutzenden Plastikplättchen und Metallstangen sowie Gurten und Kabeln. Für den doppelten Preis hätte er ein vormontiertes Gerät erhalten, stattdessen musste der 39-Jährige alles selbst zusammensetzen. Ein paar Wochen tüftelte Schrörs mit Unterstützung der Online-Hilfe in seinem Werkraum, wenn seine drei Kinder nicht im Haus waren. Dann konnte er seinen Computer anschließen.

Schrörs profitiert dabei von der Pionierarbeit eines britischen Ingenieurs von der Universität Bath: 2006 entwickelte Adrian Bowyer „RepRap“, den ersten 3D-Drucker für Bastler. Im Vergleich zu den Hightech-Druckern der Industrie (siehe „Per Mausklick...“) ist das Funktionsprinzip bestechend einfach. Der RepRap fertigt Objekte, indem er ihr Material wie mit einer Tortenspritze aufträgt. Dazu fließt eine computergesteuerte Düse über eine Plastikplatte in der Mitte des Geräts; ein hauchdünner Kunststoffaden wird in der Düse geschmolzen und anschließend herausgepresst, um kurz darauf zu erstarren. So entsteht im Inneren des Druckers Schicht für Schicht in gewünschter Form ein Gegenstand.

Mehrere Startup-Unternehmen haben das Prinzip übernommen und zusammen mit ihren Kunden weiterentwickelt. Ein kleiner Markt war, aber einer mit Potential: 2010 wurden laut einer Studie der amerikanischen Unterneh-

mensberatung Wohlers Associates weltweit etwa 6000 Heim-3D-Drucker verkauft – immerhin dreimal so viele wie im Jahr zuvor.

Schnell auf Knopfdruck produzieren, was man gerade braucht: Der Replikator der Fernsehserie Star Trek mag Science-Fiction sein und Schrörs' Kasten Lichtjahre davon entfernt. Er verlangt von seinem Besitzer viel Geduld und liefert auch nur Plastikgegenstände, die höchstens 27 Zentimeter messen. Aber für die ersten Nutzer sind die Heimgeräte der aktuellen Generation sowieso nur der Anfang, vergleichbar mit den frühen Personalcomputern der 1980er Jahre. Wer hätte damals geahnt, dass die digitale Revolution aus klobigen Rechnern schicke Infotainmentapparate macht und die Datenweitergabe derart vereinfacht und beschleunigt? Nach Bits und Bytes ist jetzt die Materie an der Reihe, und deren Aussehen bestimmt der Nutzer: Computer-aided Design (CAD) heißt das Verfahren.

Die Dateien dafür entstehen entweder mit Hilfe eines dreidimensionalen Bildbearbeitungsprogramms. Oder ein begehrtes Objekt wird von einem 3D-Scanner erfasst. Amateure können auch zum iPhone greifen, den Gegenstand von allen Seiten fotografieren und die Bilder mittels der App „Trimimensional“ zu einem digitalisierten Modell zusammenfügen.

Natürlich fehlt es nicht an Visionen, in denen bald jeder Haushalt zur Kleinfabrik wird, die ein neuer Menschentyp beherrscht: der sogenannte Prosument. Ein Hybrid aus Konsument und Produzent sei das, der selbst über die Gestaltung seiner gegenständlichen Welt entscheidet. Die Vorlagen, mit denen er sein Leben nach Belieben austaffeln könnte, finden sich bereits zu Tausenden im Internet, zum Beispiel im Thingiverse ([www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)). Dort existieren allerlei CAD-Dateien, für Plastik-Osterhasen ebenso wie für Türangeln, aufziehbare Spielzeugroboter oder Alexander Schrörs' neuen Flaschenöffner: „Die Idee von Thingiverse ist, sich gegenseitig Sachen zu zeigen und sie zu teilen“, sagt der Ingenieur. Außerdem sei diese Plattform eine große Hilfe, wenn man etwas reparieren müsse. Kürzlich sei eine der Ecken des Druckers gebrochen, erzählt Schrörs. Das Ersatzteil habe er im Thingiverse entdeckt und es sich kurzerhand ausgedruckt.

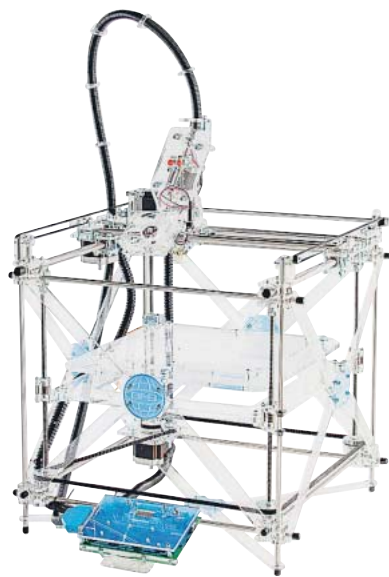
So faszinierend diese Technologie ist, sie birgt auch die Gefahr von Missbrauch. Im Thingiverse wurde bereits das Modell eines Schalldämpfers sowie das eines Magazins einer Handfeuerwaffe gesichtet. Und bei dem virtuellen Copyshop i.materialise, wo man sich CAD-Dateien ausdrucken lassen kann, die daraufhin per Post verschickt werden, ging der Auftrag für eine Vorrichtung ein, die das Ausspionieren von PIN-Nummern an Geldautomaten ermöglicht. Die Firma lehnte die Order zwar ab und machte sie publik, aber natürlich könnte mittlerweile ein anderes Unternehmen die Bestellung erledigt haben.

Nicht immer sind es kriminelle Absichten, die weitreichende Fragen aufwerfen: Im Februar hatte ein Nutzer das Thingiverse um ein Projekt erweitert, das CAD-Dateien für das Brettspiel „Die Siedler von Catan“ umfasst. Die Spielteile sehen etwas anders aus als das Original und lassen sich mit Heim-3D-Druckern bisher nur unter großem Aufwand reproduzieren. Die Catan GmbH zeigt sich dennoch nicht erfreut und lässt gerade prüfen, ob in diesem Fall ihre Markenrechte verletzt werden. Das Beispiel veranschaulicht ein Problem, über das in Blogs und Internetforen seit Mo-



**Auf Wunsch entsteht eine Säule mit 16 Millionen Facetten aus dünnen Pappscheiben: An den Universitäten experimentiert man mit Technologie der Spitzenklasse. Für Heimwerker gibt es 3D-Drucker in einer schlichten Version – rund 1000 Euro kostet eine Maschine zur Selbstmontage.**

Fotos: Michael Hansmeyer, BitsfromBytes



naten debattiert wird: Was passiert, wenn man Gegenstände druckt, die durch Patent-, Marken- oder Urheberrecht geschützt sind?

Die Pioniere des 3D-Drucks fürchten inzwischen, als Objektpiraten abgestempelt zu werden, bevor die Technologie überhaupt in Privathaushalte Einzug halten kann. Eine einzelne digitale Blaupause, mit der ihr Erschaffer, ohne es zu wissen, ein Patent verletzt, werde noch nicht die Aufmerksamkeit eines Patentinhabers erwecken, vermutet Michael Weinberg von der amerikanischen Bürgerrechtsgruppe Public Knowledge. „Aber wenn die Geschichte des Internets uns eine Sache beigebracht hat, ist es die: Menschen teilen gerne ihre Ideen.“ Erfolgreiche Designs könnten sich rasch verbreiten und so dem Patentinhaber auffallen. Und da es einzelnen Personen schwer nachzuweisen wäre, dass sie ein geschütztes Objekt heruntergeladen und anschließend ausgedruckt haben, würden Rechteinhaber womöglich versuchen, die Hersteller der 3D-Drucker zu belangen. „Dann werden Letztere nicht mehr in der Lage sein zu überleben“, resümiert Weinberg. Die Heimfabrik bliebe Science-Fiction.

„Jemand, der sich einen geschützten Gegenstand für den privaten Gebrauch ausdruckt, verstößt nicht gegen bestehendes deutsches Recht“, sagt der auf Urheberrecht spezialisierte Rechtsanwalt

Till Kreuzer des Informationsportals iRights.info. Denn hierzulande würden Unternehmen das Design ihrer Produkte vor allem mit dem Geschmacksmusterrecht schützen. Ein derart geschützter Gegenstand dürfe im privaten Bereich durchaus nachgebaut oder kopiert werden, nur die gewerbliche Nutzung sei verboten.

Kreuzer geht allerdings davon aus, dass sich die Rechtslage ändert, wenn kopierte Gegenstände zu Umsatzeinbußen der Hersteller

führen, ähnlich wie im Fall kopierter Musik-CDs. Vielleicht ziehen 3D-Drucker tatsächlich einmal Gesetzesänderungen nach sich – noch scheint es allerdings schwer vorstellbar, dass die Kästen zu allmächtigen Kopiermaschinen werden. „Manchmal verziehen sich Materialien oder Schrauben fallen ab“, berichtet Alexander Schrörs. Sein Erstlingsdruck, ein Fingerhut, war undicht. Als er mit ihm auf die neue Technik anstoßen wollte, lief er aus.

## Per Mausklick fräsen, lasern, spritzen

**Digitale Fertigungsverfahren**, mit denen sich dreidimensionale Objekte herstellen lassen, davon gibt es eine ganze Reihe. Allen ist gemein, dass man eine „Computer-aided Design“-Datei (CAD) an eine Maschine schickt, die daraus ein Objekt macht. Am einfachsten geht das mit programmierbaren Fräs- oder Schneidemaschinen, die überschüssiges Material abtragen.

**Raffinierter** sind additive Verfahren, bei denen das Computermodell in einzelne Schichten zerlegt wird, die dann nacheinander aufgetragen werden. Sie fallen unter den Sammelbegriff „Rapid Prototyping“, da sich damit sehr schnell Modelle herstellen lassen. In der Industrie ist zum Beispiel die Stereolithografie beliebt, bei der ein Laser eine mit speziellem Polymer-Harz gefüllte Wanne be-

strahlt. Wo der Laser das Harz trifft, erstarrt dessen oberste Schicht, woraufhin diese absinkt und der Laser die darüberliegende Schicht aushärten kann. Auf ähnliche Weise funktioniert das selektive Lasersintern, nur kommt dabei ein pulverförmiger Grundstoff zum Einsatz, wodurch auch Objekte aus Metall gedruckt werden können.

**Besonders günstig** ist eine additive Methode, die nur so viel Material verarbeitet, wie tatsächlich benötigt wird. So schmilzt etwa eine Spritzdüse eine Plastikschur und trägt die Paste in millimeterdünnen Schichten auf. Die Geräte können zum Teil Gegenstände aus verschiedenen Materialien fertigen. Für die Maschinen, die sich auch für den Heimgebrauch eignen, hat sich die Bezeichnung „3D-Drucker“ durchgesetzt. roga

## Phantastische Bauten für jedermann

Am Computer entstehen die Häuser von morgen

Schönheit steht in der real existierenden Architektur selten an erster Stelle. Denn wie ein Gebäude am Ende aussehen muss, entscheiden meist andere Parameter: die Statik, das Klima oder die Nachbarschaft. Will ein Architekt doch einmal aus der Norm ausbrechen, ist der Aufwand groß. Eine verzierte Fassade etwa muss gefräst werden – das ist mühsam und entsprechend teuer. Dabei sieht am Computer alles so einfach aus. Dort lassen sich komplexeste Modelle erschaffen, nur mit der Realisierung hapert es.

Das könnte sich schon bald ändern. Durch digitale Fertigungsverfahren wie 3D-Drucker (siehe „Der schöne Traum...“) oder programmierbare Schneide- und Fräsmaschinen. Nach Vorbild eines dreidimensionalen Computermodells gestalten diese ein physisches Objekt. Und ganz gleich, wie kompliziert die gewünschte Form ist: Der Aufwand, sie herzustellen, bleibt derselbe. Bisher werden 3D-Drucker in Architekturbüros nur eingesetzt, um puppenhausgroße Modelle anzufertigen, nun sollen begehbare Gebäude entstehen.

Dass der Phantasie dann keine Grenzen gesetzt sind, stellt der Architekt Michael Hansmeyer bereits heute unter Beweis. Der 37-Jährige lässt an der ETH Zürich Säulen wachsen, die scheinbar mit Drachenleder bezogen sind: 16 Millionen Facetten haben die Ornamente ihrer Oberfläche. „Die Strukturen entstehen durch einen Algorithmus“, sagt Hansmeyer, der früher als Programmierer für Unternehmensberatungen arbeitete. Seinen Wunsch, selbst etwas zu erschaffen, lebt er nach dem Architekturstudium nun aus, indem er die Baukunst der Zukunft am Computer entwickelt. „Dreidimensionale Fertigungsverfahren werden es uns zunehmend erlauben, Konzepte losgelöst von der Kostenfrage zu entwickeln und auch umzusetzen“, ist Hansmeyer überzeugt.

Noch vergehen Wochen und Monate, bis seine digitalen Säulen in der physischen Welt Gestalt annehmen. Das erste Exemplar wurde im Keller des Instituts für Architektur der ETH hergestellt. Hansmeyer hatte seine Designdaten an Laserschneidegeräte verfrachtet, die die vorgegebenen Formen aus millimeterdünnen Pappscheiben schnitten. Drei Maschinen brauchten insgesamt 255 Stunden, bevor die einzelnen Pappen in Handarbeit zur zweieinhalb Meter hohen Säule gestapelt werden konnten. Dem Endprodukt ist das Schichtwerk kaum anzusehen, doch die nächsten Säulen will Hansmeyer aus Plastikplatten fräsen, die deutlich dünner sein werden. Mit Stahlträgern im Inneren sollte es gar möglich sein, sie in einem Gebäude zu verbauen.

Wenn es nach dem italienischen Architekten Enrico Dini geht, könnten eines Tages ganze Häuser komplett dem 3D-Drucker entstammen. Seiner Firma D-Shape ist es bereits gelungen, einen zwei Meter hohen, eiförmigen Pavillon zu drucken, der an die Architektur des Spaniers Antoni Gaudí erinnert, wenn auch aus Sand gebaut: Von einem Roboterarm Schicht für Schicht aufgetragen, wird die Masse mit einem speziellen Bindemittel besprüht, danach ist sie hart wie Stein.

Dem Material Beton widmet sich derzeit eine Arbeitsgruppe am Media Lab des Massachusetts Institute of Technology. Der Drucker soll nicht nur Gebäudeteile erstellen, sondern obendrein die Porosität beliebig variieren können. Damit ließe sich Beton sparen, denn in herkömmlichen Gebäuden wird der Baustoff überall mit gleicher Dichte verwendet, unabhängig davon, ob ein bestimmtes Segment weniger stark als andere beansprucht wird. Die unterschiedliche Belastung ließe sich per Computer simulieren. Dass das Prinzip funktioniert, konnte Gruppenleiterin Neri Oxman an einem Möbelstück demonstrieren. Sie analysierte, an welchen Stellen ein Mensch beim Sitzen irgendwelchen Druck auf die Unterlage ausübt. Entsprechend designte sie einen Stuhl und druckte ihn aus. Zu bewundern ist das Einzelstück jetzt im Museum der Wissenschaften in Boston. Ein Prototyp, so schön wie teuer, doch er könnte zu erschwingerlicher Massenware inspirieren. Robert Gast