

Druck dir deine Welt

PRODUKTION | Zahnersatz, Turbinendüsen oder Lampenschirme kommen immer öfter aus dem Drucker. Die neue Technik revolutioniert nicht nur die Industrie, sie schafft auch neue Geschäftsmodelle. Bald wollen Forscher sogar Häuser und Organe drucken.

Spinner oder Genie? Hört man Enrico Dini über die Häuser der Zukunft sprechen, könnte man den italienischen Bauingenieur für übergeschnappt halten. Der 49-jährige Konstrukteur aus dem Toskana-städtchen Pontedera will Gebäude nicht mehr aus Stein und Zement mauern oder aus Beton gießen. Dini will seine Bauten drucken.

Das klingt wie die abgedrehte Vision eines italienischen Daniel Düsentrieb – und ist doch alles andere als ein Hirngespinnst: Den dafür notwendigen Drucker hat Dini bereits entwickelt. Er steht in einer Halle in einem Gewerbegebiet bei Pisa. D-Shape nennt der Unternehmer seine Maschine, die an das Bühnengerüst eines Open-Air-Konzerts erinnert. Nur hängen an den Eisenträgern weder Lampen noch Lautsprecher – sondern ein Kasten, so groß wie ein Hartschalenkoffer.

Dieser Kasten ist das Pendant zu den Druckköpfen normaler Tintenstrahldrucker, deren Düsen Buchstaben und Bilder aufs Papier zeichnen. „Nur fließen hier Sand, Mineralstaub und Bindemittel auf die Druckfläche“, sagt Dini. Schicht für Schicht wächst der Bau nach oben. Ist eine Lage fertig, hebt die Maschine den Druckkopf an und druckt die nächste.

Umgeben vom Surren der Stellmotoren, vom Zischen der Druckluft und dem Rau-

schen des Sandes, steht Dini da und strahlt. Jahre hat er an der Technik gearbeitet – nun lässt er aus selbstgemischtem Sandstein Sitzbänke entstehen, Nachbildungen archäologischer Funde, Prototypen einer Skulptur. Oder eben Häuser: Ein Gartenhaus vom Format einer Pkw-Garage hat er bereits gedruckt. Aber das, glaubt der Erfinder, sei erst der Anfang.

GEDRUCKTER ZAHNERSATZ

Was Dini noch als Experiment betreibt, ist in den Laboren des Dentaltechnikexperten Bego bereits Alltag. Das Bremer Unternehmen produziert Zahnersatz mit einem ähnlichen Druckverfahren wie Dini seine Bauten: In einem Gewitter aus Laserblitzen verschmilzt Pulver aus Kobaltchrom in 700 Mikrometergroßen Schichten zu Kronen, Brücken und Implantaten. Fachleute nennen das Verfahren Laser-Sintern. In dem Feuerwerk, das an eine brennende Wunderkerze erinnert, entstehen bis zu 400 Zahnersatzteile gleichzeitig. Jedes einzelne angepasst an das Gebiss des künftigen Trägers – und in einem Bruchteil der bislang benötigten Zeit gefertigt.

Auch der britische Stararchitekt Norman Foster nutzt 3-D-Drucker fast täglich: Statt seine Architekturmodelle mit Schere, Säge und Klebstoff in Form zu bringen, schichten die Druckerdüsen feinste Kunststofflagen aufeinander, jede kaum dicker als ein

menschliches Haar. „Anfangs dachten wir, das ist eine Nischenanwendung“, sagt Xavier de Kestelier, Associate Partner bei Foster in London. „Heute nutzen wir 3-D-Druck in fast jedem Projekt.“

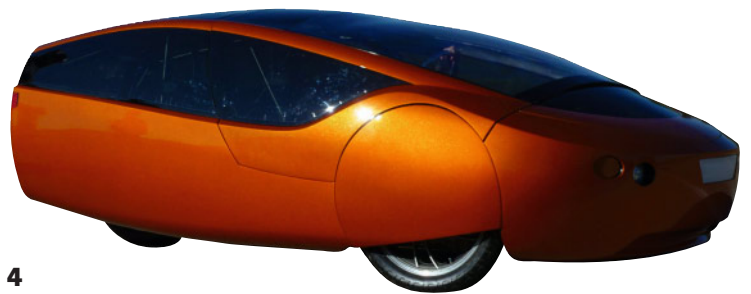
Mit atemberaubender Geschwindigkeit erobert die Technik quer durch die Industrie immer weitere Einsatzfelder: Lampenschalter, Hüftimplantate, Fahrräder, Musikinstrumente, Autokarosserien oder Flugzeugbauteile kommen aus dem Drucker, neuerdings sogar künstlich erzeugte Blutgefäße.

Es ist ein gewaltiger Wandel. Denn die Technik beendet ein jahrhundertealtes Prinzip. Ob Steinzeitjäger, mittelalterlicher Bildhauer oder Konzern-Designer: Stets haben sie Werkstück-Rohlinge zurechtgeschliffen, geschnitten oder gestanzt. So blieb am Ende – neben einem Haufen Verschnitt – das gewünschte Produkt übrig. Subtraktive Fertigung heißt dieser höchst ineffiziente Prozess.

Beim 3-D-Druck geschieht das Gegenteil: Kunststoffe, Glas, Keramik, Stahl oder Edelmetalle werden zu einem Werkstück zusammengeklebt, geschmolzen oder gebacken. Die Drucker setzen dabei nur so viel Material ein, wie für das Produkt tatsächlich benötigt wird. Abfall entsteht praktisch nicht mehr.

Im Wesentlichen nutzen Forscher, Entwickler und Ingenieure dafür vier ver- ➤

- 1. PLASTIK-BAUSATZ** Architekten und professionelle Prototypenbauer, wie etwa das renommierte Büro Ogle in London, ersetzen beim Bau ihrer Modelle Schere, Säge und Klebstoff immer öfter durch Konstruktionen aus dem Drucker;
- 2. AUS SAND GEBAUT** Ein ganzes Gartenhaus aus einem Guss hat der italienische Bauingenieur Enrico Dini mit seinem raumhohen 3-D-Drucker D-Shape aufgebaut;
- 3. OPULENTER AUFTRITT** Diese Nylon-High-Heels von Pauline van Dongen hat ein Laserstrahl Schicht für Schicht aus Kunststoffpulver aufgebaut;
- 4. FLIESENDE FORMEN** Beim Hybridauto Urbee sind Karosserie und Fenster aus Kunststoff gedruckt;
- 5. KUNST AM BAUCH** N12, wie der Nylontyp, aus dem er besteht, heißt dieser von Mary Huang und Jenna Fizel entworfene Bikini



» verschiedene Verfahren: Entweder erzeugen die Drucker mikrometerdicke Materialschichten mit geschmolzenem Kunststoff oder mit Gips, der mit Bindemittel fixiert wird. Alternativ lässt fokussiertes UV-Licht bei der Stereolithografie flüssiges Kunstharz dort aushärten, wo der Lichtstrahl auf die Oberfläche trifft. Oder aber ein Laserstrahl schmilzt beim Laser-Sintern zu Pulver zermahlene Werkstoffe in mikrometergroßen Schritten zu massiven Körpern zusammen (siehe Seite 77).

So rasch sich die Technik auch verbreitet – wie tief greifend der Wandel sein wird, zeichnet sich erst langsam ab. „Die 3-D-Druck-Technik wird nicht nur die Machtverhältnisse in der industriellen Fertigung neu definieren, sondern die Wirtschaftswelt als Ganzes erschüttern“, prognostiziert Neil Gershenfeld, der das Center for Bits and Atoms am Massachusetts Institute of Technology (MIT) leitet.

Gershenfeld war einer der ersten Wissenschaftler, der das Potenzial der Technologie erkannte und in Büchern beschrieb. Etwa die neuen Möglichkeiten des Handels: Interessiert sich ein Europäer für die Lampe eines australischen Designers, muss er sie im Zeitalter von 3-D-Druck nicht mehr um die halbe Welt transportieren lassen. Der Designer schickt nur noch die Konstruktionsdaten per E-Mail, mit denen der Kunde die Lampe selbst drucken kann. Für Gershenfeld ist klar: „3-D-Druck wird Industrie und Handel komplett umkrempeln“ (siehe auch Interview Seite 78).

Vor allem, weil die Technik bisher Unmögliches möglich macht: Mithilfe des 3-D-Drucks sind Designer und Ingenieure plötzlich in der Lage, Teile herzustellen, die sie bislang nie hätten produzieren können.



MAGISCHE LAMPE

So verschlungene Ornamente wie an dieser Lampe lassen sich nur räumlich drucken

Ein paar davon stehen in einem Ausstellungsraum der Deutschland-Zentrale des Luft- und Raumfahrtkonzerns EADS in Otobrunn bei München. Einspritzdüsen aus Metall, Montagewinkel, Scharniere – das meiste davon ist auf den ersten Blick unspektakulär. Claudio Dalle Donne, Chef des Forschungsbereichs Metallische Technologien und Oberflächentechnik bei EADS, greift in ein Regal und wiegt zwei Metallstreben mit den Händen ab. Obwohl äußerlich nicht zu unterscheiden, ist eine mehr als ein Drittel leichter. „Trotzdem sind beide gleich stabil“, sagt Dalle Donne.

Beim Bau der Leichtbaustrebe haben die EADS-Experten den menschlichen Körper kopiert: So wie in stark belasteten Knochen oft nur ein Netz aus Streben für Stabilität

sorgt, haben die Forscher auch bei den Flugzeugbauteilen überall dort auf Metall verzichtet, wo es keine tragende Funktion hat. Abgesehen von einem stabilisierenden, schwammartigen Geflecht aus Metall, sind die Streben innen hohl. „Mit traditionellen Verfahren wäre so etwas undenkbar“, sagt der EADS-Ingenieur.

In Zukunft soll additive Fertigung von technischen Bauteilen bei EADS zum Standard werden: in der Produktion von Stützen, Streben oder Montagewinkeln – für Hubschrauber, Satelliten oder Flugzeuge. Die Kunden können das kaum erwarten. Denn sind die Bauteile ihrer Maschinen leichter, können die Airlines ihre Kosten senken. Pro eingespartem Kilo fallen im Jahr rund 3000 Dollar Treibstoffkosten weniger an. Zugleich sinkt der CO₂-Ausstoß.

Mehr und nachhaltiger produzieren mit weniger Materialeinsatz – dieses Ziel treibt die gesamte Industrie: Ob im Automobil- oder Maschinenbau, bei architektonischen Stahlkonstruktionen oder der Entwicklung ebenso leichter wie stabiler Prothesen – überall setzen Controller und Designer gleichermaßen auf den 3-D-Druck.

IMMENSE EFFIZIENZVORTEILE

„Die Technik verspricht immense Kosten- und Effizienzvorteile“, sagt Dalle Donne. Schließlich bleibe bei so manchem Bauteil in der traditionellen Fertigung nach dem Bearbeiten nur noch zehn Prozent des Rohlings übrig. Der Rest ist Verschnitt – mitunter sogar extrem teurer Verschnitt.

Denn manche Werkstücke lassen sich in traditioneller Fertigung nur mit extremem Kostenaufwand bearbeiten. Einzelne Turbinenteile beispielsweise. Sie bestehen aus hoch widerstandsfähigen Legierungen,

Schnell, schön, chic Die interessantesten gedruckten Produkte



MODELL-FLIEGER Wissenschaftler der University of Southampton haben dieses Elektroflugzeug entworfen, das aus fünf aus Kunststoff gedruckten Bauteilen besteht

GLANZSTÜCK Auch zu Pulver gemahlenes Silber lässt sich Schicht für Schicht mit Spezialdruckern zu Schmuck aufbauen – wie bei diesem Ring



LESEHILFE Mit dem Erlös der ersten – per 3-D-Druck gefertigten – Serie ihres iPhone-Halters Glif haben die Designer dann die Massenproduktion finanziert

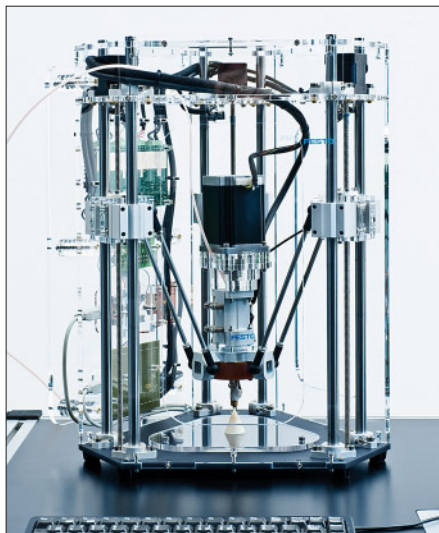
weil sie mehr als 2000 Grad Hitze ausgesetzt sind. Diese Bauteile herzustellen geht gleich doppelt ins Geld. Schon die Rohlinge sind extrem teuer, und der Verschnitt schmerzt somit erst recht. Und dann benötigen die Konstrukteure auch noch teure Spezialmaschinen, um die Metalle überhaupt in Form bringen zu können.

„Wie viel vernünftiger wäre es da, Stützen oder Streben nur noch dort entstehen zu lassen, wo man sie braucht“, sagt EADS-Ingenieur Dalle Donne. Mit seinem Team arbeitet er daher auch daran, geeignete Speziallegierungen zu finden, die sich erst zu Metallpulver verarbeiten und dann per Laserstrahl zu komplexen, robusten Bauteilen zusammenschweißen lassen.

Der Flugzeugbauer Boeing schlägt einen ähnlichen Kurs ein wie der europäische Rivale. Das US-Unternehmen hat per 3-D-Druck Zehntausende bereits komplex geformter Kunststoffkanäle hergestellt, die in Militärmaschinen den Luftstrom zu Triebwerken und Aggregaten leiten.

Und es sind längst nicht mehr nur Weltkonzerne wie EADS oder Boeing, die mit dem dreidimensionalen Druck Innovationen vorantreiben. Auch mittelständische High-Tech-Unternehmen wie Festo aus Esslingen machen mit der Technik inzwischen undenkbar Scheinendes denkbar.

Wie jenen an einen Elefantenrüssel erinnernden Kunststoffarm, den die Ingenieure des schwäbischen Spezialisten für Industrieautomatisierung entwickelt und per 3-D-Druck gebaut haben: Wie von Geisterhand gesteuert, windet sich der Greifer an der Spitze um Ecken oder in Fugen und ist dort in der Lage, Gegenstände zu packen. Erst bei genauem Hinsehen zeigt sich, dass die einzelnen ineinander beweglichen



RAUMGESTALTER

Der iFab-Drucker von Festo verarbeitet neben Kunststoff und Silikon auch Schokolade

Glieder des Arms nahtlos miteinander verbunden sind.

„Eine derart flexible, leichte und zugleich stabile Konstruktion wird erst durch die neue Technik möglich“, sagt Klaus Müller-Lohmeier. Er leitet den neuen Geschäftsbereich Fast Factory bei Festo, der die innovative Produktionstechnik industriell nutzbar machen soll. Unter anderem entwickelt und fertigt Festo dort bereits räumlich gedruckte Bauteile und Komponenten für Kunden oder das eigene Haus. Das soll den Schwaben helfen, neues, zukunftsträchtiges Geschäft zu erschließen.

Denn traditionell stellt Festo Bauteile in großen Stückzahlen her. „Mit der additiven Fertigung dagegen arbeiten wir nun auch bei Serien von einigen Hundert Stück pro-

fitabel“, sagt Müller-Lohmeier. Je kleiner die Stückzahl und je komplizierter das gewünschte Bauteil geformt sei, desto eher rechne sich der 3-D-Druck. Aber selbst bei Mengen von 12 000 Stück sei die 3-D-Produktion mitunter schon wirtschaftlicher gewesen als die herkömmliche Fertigung von Spritzgussteilen. Schließlich senke der Verzicht auf die 20 000 bis 30 000 Euro teuren Formen bei Kleinserienteilen die Kosten pro Bauteil um rund die Hälfte, rechnet Müller-Lohmeier vor.

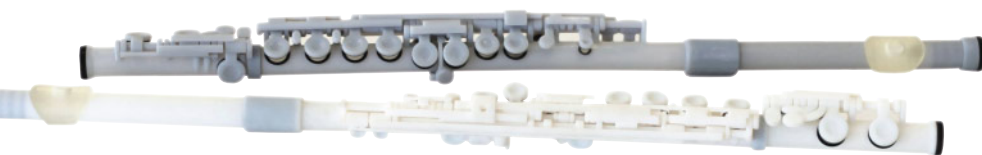
ZEHNTAUSENDE EURO GESPART

Und weil Festo auch die Prototypen seiner Bauteile inzwischen fast immer selbst druckt, sinken auch die Kosten für die bisher extern gefertigten Teile: „Lag das Budget vor wenigen Jahren noch bei mehreren Hunderttausend Euro im Jahr, kommen wir heute mit wenigen Tausend Euro aus“, sagt Festo-Mann Müller-Lohmeier.

All das spricht sich herum. Und so summiert sich das weltweite Geschäft mit 3-D-Druckern, Verbrauchsmaterial und Dienstleistungen im vergangenen Jahr auf rund 1,3 Milliarden Dollar. „Das ist ein Plus von knapp 25 Prozent im Jahresvergleich“, sagt Terry Wohlers, Chef des auf additive Fertigung spezialisierten US-Marktforschers Wohlers Associates. 2020 soll das Marktvolumen bereits 5,2 Milliarden Dollar erreichen.

Und das ist noch zurückhaltend geschätzt. Zumal die Profidrucker immer leistungsstärker werden.

Unternehmen etwa können mit ihren High-End-Maschinen dank neuer Hochleistungslaser immer größere und komplexere Bauteile schneller fertigen. Zudem übertreffen „per Laserstrahl in Form >>



FLOTTE FLÖTE Der israelische Entwickler Amit Zoran hat eine Querflöte am PC entworfen und in 15 Stunden aus verschiedenen Kunststoffen gedruckt



BISS AUS BYTES Computergesteuerte Laserblitze lassen beim Dentalspezialisten Bego Kobaltchrompulver zu Zahnersatz verschmelzen

FAHR-WERK Modelle wie dieser Spielzeug-Strandbuggy mit Elektroantrieb finden sich zu Tausenden auf der 3-D-Design-Plattform Thingiverse im Internet



» geschmolzene Metallwerkstücke in Härte und Robustheit vielfach schon Teile, die traditionell gegossen und gefräst wurden“, sagt Claus Emmelmann. Der Spezialist für Laser- und Anlagensystemtechnik an der Technischen Universität Hamburg-Harburg leitet zugleich das Laser Zentrum Nord in Hamburg.

Gleichzeitig werden Einsteigerdrucker erstmals auf breiter Front für Selbstständige oder Privatkunden bezahlbar. Die Geräte bauen mit einer Druckdüse schichtweise Gegenstände aus geschmolzenem Kunststoff auf. Der Designjet 3D von Hewlett-Packard etwa kostet nur noch knapp 15 000 Euro. Das semiprofessionelle Gerät druckt von der Buchstütze über Obstschalen bis zum Türgriff alle Arten von Gegenständen, die nicht größer sind als ein Schuhkarton.

Noch billiger sind die Geräte von Anbietern wie MakerBot Industries oder Bits from Bytes: Ihre Kunststoffdrucker für den Hausgebrauch sind bereits ab 1000 Euro zu haben. Der neue Printrobot soll sogar nur noch rund 500 Euro kosten, wenn er im Februar auf den Markt kommt.

Und selbst die Designsoftware für Einsteiger ist inzwischen kaum mehr schwerer zu bedienen als ein besseres Bildbearbeitungsprogramm. Damit können auch technische Laien Ohrringe, Kerzenständer oder einen Nachbau des abgebrochenen Kleiderhakens entwerfen und als Plastikbauteil selbst ausdrucken.

3-D-Drucker für Privatkunden kommen vorwiegend aus den USA. Hier dominieren Hersteller wie Stratasy und 3D Systems das Feld. Das Geschäft mit High-End-Maschinen dagegen, die Werkstücke mithilfe von Laserlicht oder UV-Strahlen aus Metallpulver oder speziellen Flüssigkunststoffen erzeugen, ist größtenteils in deutscher Hand.



SPRITZ-GEBÄCK

Räumliche Drucker können nicht nur Plastik in Schichten verarbeiten, sondern auch Teig

„Vergangenes Jahr stammten zwei Drittel aller weltweit verkauften Maschinen für Laserschmelz-Technik aus deutscher Produktion“, so Marktforscher Wohlers.

Mit gut 40 Prozent Marktanteil größter Anbieter ist EOS Electro Optical Systems aus Krailling bei München. Ein weiteres Viertel des Weltmarktes bestückten die Unternehmen Concept Laser aus dem oberfränkischen Lichtenfels, Realizer aus Borcheln in Ostwestfalen sowie SLM Solutions aus Lübeck.

DEMOKRATISIERUNG VON DESIGN

Die Entwicklung bietet jede Menge wirtschaftliche Chancen – nicht nur für die Hersteller der Drucker selbst. Die beiden New Yorker Designer Tom Gerhardt und Dan Provost etwa haben einen ebenso

nützlichen wie simplen iPhone-Halter Glif entwickelt. Damit lässt sich das Multimedia-Handy problemlos zum Fotografieren auf ein Stativ montieren. Zugleich dient der Halter als Stütze, um das Gerät beim Lesen von Texten oder bei Videotelefonaten leicht geneigt auf den Tisch zu stellen.

Co-Designer Gerhardt erinnert sich an die Anfänge seines Unternehmens: „Wir haben erst einen Versuchsballon gestartet und die ersten 500 Stück per 3-D-Druck hergestellt.“ Dadurch blieben ihnen zunächst die Kosten der Massenproduktion erspart. Erst als die Nachfrage groß genug war, stellten die beiden Gründer auf Serienproduktion um.

Längst begeistert die Technik auch immer mehr Privatleute: Einer der prominentesten ist der amerikanische Late-Night-Talker Jay Leno. Mit seinem 3-D-Drucker baut der Oldtimer-Fan bei Bedarf seltene Ersatzteile für seine Modelle selbst. „Ob Lampenschalter oder Lüftungsgitter, mitunter gibt es Bauteile, die kriegst du nicht mal mehr auf Sammler-Börsen“, sagt Leno. „Jetzt scanne ich sie ein und drucke sie einfach nach.“

Den Service übernehmen auf Wunsch auch 3-D-Druckanbieter wie Shapeways, Sculpteo, i.materialise, Rapidobject, Ponoko oder Fabberhouse. Diese Copy-Shops der Zukunft drucken so ziemlich alles – egal, ob es sich um einen selbst entworfenen Ring, fehlende Legosteine, eine Kaffeetasse oder die Kopie einer zerbrochenen Rucksackschnalle handelt. Einzig bei fälschungsgefährdeten Gegenständen wie etwa Kopien von Münzen verweigern die Dienstleister den dreidimensionalen Nachdruck.

Wer die Konstruktionsdaten der Gegenstände auf die Server der Online-Anbieter lädt, bekommt die fertigen Teile wenige Tage später per Post zugeschickt. Die selbst ge-



DRUCK-AUFTRAG Nach Kundenentwurf fertigen 3-D-Druckdienstleister Gegenstände wie diesen Roboter

LICHT-GEDICHT

Den Text für den Teelichthalter „Light Poems“ gibt der Käufer im Web-Shop ein, die persönliche Lampe schickt der Druckdienstleister dann per Post



SPIELMOBIL Teile des futuristischen Interieurs von Hyundays Concept Car Qarmaq hat das auf 3-D-Fertigung spezialisierte Designbüro Freedom Of Creation per Kunststoffdruck hergestellt

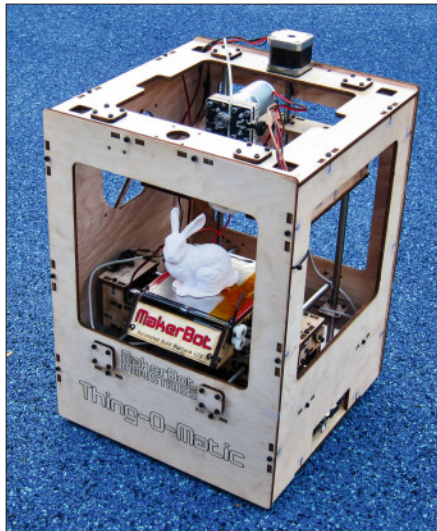
staltete iPhone-Hülle aus schwarzem Kunststoff gibt's für knapp 20 Euro, die Halskette aus Edelstahl mit Goldauflage schlägt mit rund 280 Euro zu Buche. Letztlich bedeutet der 3-D-Druck auch eine Demokratisierung des Designs.

Im Internet eröffnet eine wachsende Zahl von Marktplätzen für selbst entworfene, druckbare Gegenständen. Bei thingiverse.com etwa können Nutzer Konstruktionsdaten austauschen oder eigene Entwürfe verkaufen. Das Angebot reicht von chinesischen Xiangqi-Spielfiguren über Plastikbausätze Furcht einflößender Riesenspinnen bis hin zu Ausquetschhilfen für Zahnpastatuben. Sogar die dreidimensionalen Sehenswürdigkeiten im digitalen Globus Google Earth lassen sich nun ausdrucken.

Doch egal, ob digitale Nachbauten von Eiffelturm und Freiheitsstatue, ob ultra-leichte Bauteile künftiger Düsenjets oder Kleinstserien innovativer Designerstücke – kein Anwendungsfeld für den Einsatz der 3-D-Drucker ist so außergewöhnlich wie die Pläne der US-Forscher Anthony Atala und Hod Lipson von der Wake Forest University aus North Carolina und der Cornell University aus dem US-Bundesstaat New York.

Die Wissenschaftler wollen die Technik nutzen, um eines der größten Probleme der modernen Transplantationsmedizin zu lösen: den dramatischen Mangel an Spenderorganen. „Wie wir heute schon in der Lage sind, Blutgefäße mithilfe von Druckern herzustellen, so sollte es in Zukunft möglich sein, auch beschädigte Organe nachzudrucken“, sagt Atala, der am Institut für regenerative Medizin forscht.

Auch er will mit 3-D-Druckern räumliche Strukturen aus biologisch abbaubarem Trägermaterial erzeugen, in denen sich dann menschliche Zellen einnisten und so neue



KISTENPRODUKTION

3-D-Drucker für zu Hause, wie von MakerBot, kosten bereits weniger als 1000 Euro

Nieren, Lebern oder Blasen entstehen lassen. Noch klingt das wie Science-Fiction, doch die ersten per Drucker erzeugten Venen zeigen, dass die Technik zumindest bei einfacheren Geweben bereits funktioniert.

Für Lipson ist es denn auch nur noch eine Frage der Zeit, bis sich nicht mehr nur Ersatzteile für Knochen und Gelenke, sondern auch komplexere Ersatzorgane für den menschlichen Körper industriell herstellen lassen. Der Wissenschaftler forscht unter anderem an von biologischen Vorbildern inspirierten Robotern und der Reproduktion verschleißanfälliger Körperteile wie Knochen, Sehnen oder Meniskuslappen. Eines jedenfalls ist für ihn klar: „In 20 Jahren sind Organe aus dem Drucker medizinischer Mainstream.“

thomas.kuhn@wiwo.de

3-D-DRUCK

Laser, Licht und Gummi

Wie räumliche Werkstücke gedruckt werden.

Im Kern geht es bei der sogenannten additiven Fertigung immer darum, Bauteile Ebene für Ebene in mikrometerdicken Schichten aufzubauen. Die dafür genutzten Techniken aber unterscheiden sich zum Teil deutlich:

- Die einfachsten Systeme erinnern tatsächlich an Kreuzungen aus Tintenstrahldruckern und Heißklebepistolen. Aus ihrem Druckkopf fließt geschmolzener Kunststoff statt Tinte. Ist eine Lage fertig, wird der Druckkopf angehoben, und der Prozess beginnt neu.
- Ähnlich arbeiten Drucker, die Schicht für Schicht Gips, Farbe und ein Bindemittel auf eine Trägerplatte auftragen. So lassen sich sogar farbige Körper erzeugen, die aber wegen des Materials recht bruchempfindlich sind.
- Stereolithografie-Drucker fokussieren UV-Licht in ein Bad aus flüssigem Kunstharz. Wo der Lichtstrahl auf die Oberfläche trifft, härtet die Flüssigkeit aus. Ist eine Schicht fertig, senkt sich der Boden, und auf der soeben produzierten Lage entsteht die nächste.
- Beim Laser-Sintern schließlich schmilzt oder schweißt ein Laserstrahl zu Pulver zermahlendes Metall, Glas oder Kunststoffe in winzigen Schritten schichtweise zusammen. Die so produzierten Teile sind oft sehr robust.

CYBER-VELO Das Airbike des Luft- und Raumfahrtriesen EADS besteht – vom Sattel bis zur Radachse – aus mit 3-D-Technik verschmolzenem Nylon



KETTENHEMD Tausende ineinander verschlungen gedruckte Ringe fügen sich zu diesem Kleid des Designers Janne Kyttanen

HANDLANGER Per Kunststoffdruck hergestellter Robotergreifer – flexibler, leichter und stabiler als traditionelle Technik

