

Hybrid-Flitzer

„Urbee 2“ – zusammengesetzt aus „Urban“ und „electric“ – nennt sich der eiförmige Flitzer, dessen Kunststoffkarosserie und Innenausstattung großenteils aus einem 3D-Drucker stammen. Das Chassis des 600 Kilogramm schweren Zweisitzers mit Hybridantrieb – zwei Elektromotoren und eine Verbrennungsmaschine – besteht aus Metall. Der Prototyp des dreirädrigen Vehikels soll maximal 120 km/h schnell sein und nur 0,81 Liter auf 100 Kilometer verbrauchen. Die Druckzeit für die etwa 50 Komponenten beträgt rund 2500 Stunden. Der Preis für den Urbee steht noch nicht fest.



Passgenauer Turnschuh

Maßgeschneiderte Laufschuhe für jeden Athleten verspricht Adidas. Dazu will der Sportartikelhersteller die Mittelsohle von Sneakers individualisieren. In jedem Adidas-Laden sollen Kunden künftig die Möglichkeit haben, ihre Füße mithilfe eines Scanners beim Training auf einem Laufband zu scannen und gezielt auf Schwachstellen und spezielle Laufgewohnheiten analysieren zu lassen. Der Computer errechnet daraus dann die passende Form für die Laufzwischensohle, die ein 3D-Drucker fertigt. Die übrigen Teile werden konventionell hergestellt. Noch ist der „Futurecraft 3D“ ein Prototyp. Wann die Kunden sich den Schuh im Laden anpassen lassen können, steht noch nicht fest.



Fotos: Urbee2, Adidas

| | | |
|----|------------------------|--|
| 68 | TREND | Warum der 3D-Druck die Fabrikationsmethode der Zukunft ist |
| 72 | SCHWELLENLÄNDER | Die neuen Drucktechniken könnten Afrikas Industrieproduktion Schub geben |
| 76 | SELBSTVERSUCH | Die Qual mit dem 3D-Scan |
| 78 | PORTRÄT | Kai Parthy entwickelt spektakuläre Druckermaterialien |
| 80 | WELTRAUM | Astronauten können bald selbst herstellen, was sie im All benötigen |

Das Unikat geht in Serie

Der 3D-Druck hat sich rasant entwickelt – von einer **Nischenanwendung zu einem Milliardenmarkt**, der einige Industriebranchen grundlegend umkrempeln könnte.

VON NIELS BOEING

Erwartungsvoll schaut die junge Frau auf den Bildschirm, als die 3D-Modell-Datei im Programmfenster erscheint. Es ist eine Hülle für ihr neues Fairphone. Ein Stirnrunzeln folgt, als sie die Druckzeit sieht: über vier Stunden. Als sie die Materialkosten für die 21 Kubikzentimeter Plastik erfährt, die verarbeitet werden müssen, wird sie unschlüssig. „So teuer?“ „Ja, der Hersteller verlangt für eine Filamentspule eine Menge Geld.“

Szenen wie diese im Hamburger Fab Lab haben sich in den letzten zwei, drei Jahren wohl in vielen Makerspaces abgespielt. Die Faszination des 3D-Drucks, medial befeuert als eine Art „Replikator-Technologie“ à la „Star Trek“, zieht immer mehr Menschen in ihren Bann. Das Erstaunen darüber, was die Technologie alles noch nicht so gut kann, ist umso größer. Sie ist langsam, sie ist teuer, sie kann unzuverlässig sein.

Und so klingt es ein wenig übertrieben, wenn Myron Graw von der Firma KEX Knowledge Exchange sagt: „In Zukunft könnte alles aus dem Drucker kommen. In 10 bis 15 Jahren ist es durchaus denkbar, dass Sie zu Hause einen Knopf drücken, um das iPhone 17 auszudrucken.“ Aber es klingt längst nicht mehr so übertrieben, wenn man weiß: Die Aussage stammt von einem, der eine Studie zum 3D-Druck für den Verband Deutscher Werkzeugmaschinenhersteller durchgeführt hat, einer Branche, die nicht gerade bekannt ist für abgehobene Visionen. Graw gesteht zwar zu, dass dieses Szenario einen optimalen Verlauf der Technologieentwicklung voraussetzt. Aber genau daran arbeitet die Industrie.

Abseits der Wahrnehmung der Öffentlichkeit hat sich das „Additive Manufacturing“ (AM), wie der 3D-Druck in der Industrie genannt wird, zu einer Produktionsmethode entwickelt, an der nahezu jede Branche forscht. Mal fürchtet sie die Verwerfungen, die sich daraus ergeben können. Mal hofft sie auf völlig neue Märkte und Anwendungen. „Alle großen Unternehmen arbeiten an dem Thema und entwickeln Strategien“, sagt auch Bernhard Müller, Sprecher der Fraunhofer-Allianz „Generative Fertigung“, die die frühere Allianz „Rapid Prototyping“ abgelöst hat. Denn um Prototypen geht es beim 3D-Druck längst

nicht mehr. „Die Industrialisierung der Technologie findet bereits statt, das ist ein unumkehrbarer Trend“, bekräftigt Müller. Die spannende Frage lautet indes: Wohin führt diese Entwicklung? Zu einer weiteren „industriellen Revolution“, in der alles einfach ausgedruckt wird, wie immer wieder zu lesen ist? Oder ist der 3D-Druck eher ein wichtiges Element in der fortschreitenden Digitalisierung der Industrieproduktion?

Schaut man sich den Markt für die entsprechenden Geräte, Werkstoffe und Dienstleistungen an, ist das Wachstum der zurückliegenden Dekade beeindruckend, und auch die Zukunft verheißt deutliche Zunahmen. Eine Studie der Unternehmensberatung Roland Berger sieht den Markt für 2023 bei umgerechnet 8,5 Milliarden Dollar. Zum Vergleich: Der weltweite Markt für Werkzeugmaschinen liegt bei etwa 65 Milliarden Dollar. Ein Blick in den Wohlers-Report, den alljährlichen Branchenbericht, zeigt: Belief sich das Marktvolumen 2004 auf 705 Millionen Dollar, waren es 2014 bereits 4,1 Milliarden. Terry Wohlers, Herausgeber des Reports, geht davon aus, dass sich die Wachstumsraten der letzten Jahre fortsetzen und der Markt 2020 bereits 21,2 Milliarden Dollar stark sein wird.

Dass der 3D-Druck derart angezogen hat, liegt auch an auslaufenden Patenten. Als 2009 das Schutzrecht für das „Fused Deposition Modeling“ von Stratasys-Mitgründer Scott Crump endete, hatte das RepRap-Projekt an der University of Bath bereits den Boden für die Verbreitung des Verfahrens gebnet. Das zweite RepRap-Modell, der Mendel, wurde als offene Hardware zum Ausgangspunkt für erschwingliche 3D-Drucker für jedermann. Ob MakerBot, Ultimaker oder andere Consumer-Geräte, die seither als Derivate des Mendel auf den Markt gekommen sind, sie alle verwenden das lizenzfreie Verfahren, einen geschmolzenen Plastikdraht durch eine Düse zu drücken und so den Gegenstand schichtweise aufwachsen zu lassen. Die „Harvard Business Review“ verglich im vergangenen Jahr die Situation „mit den Anfangstagen des Automobils“, als zwischen 1800 und 2800 Kleinunternehmen begannen, Autos herzu-



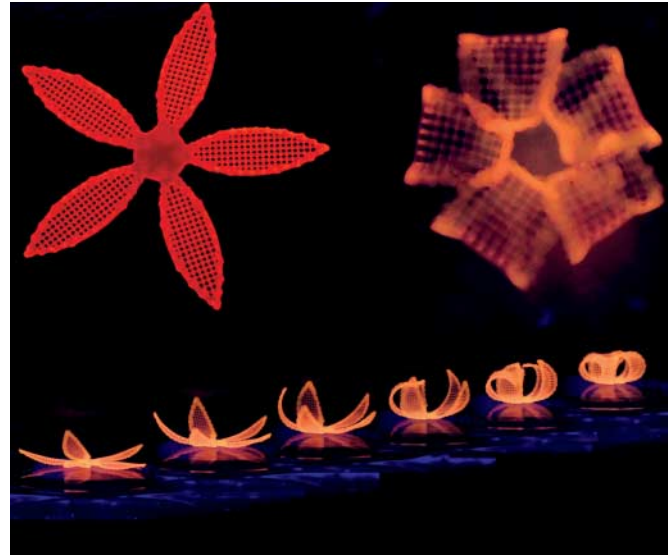
Stachelkleid

Wie die Stacheln eines Igels stellen sich die Spitzen dieses Tops auf und fallen wieder zusammen. Der Grund: Das Oberteil reagiert auf sein Gegenüber. Je nach dessen Blickrichtung entwickeln die synthetischen Fasern ein Eigenleben. Sie stammen fast komplett aus dem 3D-Drucker, da sich nur so flexible und starre Zonen nahtlos verbinden lassen. Gut versteckt in den Fasern befinden sich eine winzige Kamera mit Drei-Millimeter-Linse und ein Kleinstcomputer, der die Blickrichtung auswertet. Die Signale der Eye-Tracking-Kamera gehen an das flexible Gewebe. Es enthält ein Formgedächtnismetall, die Fasern ziehen sich zusammen oder entspannen sich – die Stacheln geraten in Bewegung.

stellen. Ähnlich kleinteilig ist auch der neue Markt für Consumer-3D-Drucker, der jedes Jahr etliche Neuzugänge hat. Die mit diesen Geräten hantierende Makerszene, noch 2010 als Graswurzelbewegung belächelt, hat maßgeblich dazu beigetragen, den Hype um die Technologie zu befördern – und die Industrie hellhörig zu machen.

Die hatte zwar schon seit den 1980er-Jahren 3D-Drucker im weiteren Sinne verwendet. Doch ging es zuerst um den kostengünstigen Bau von Prototypen. Anfang der 2000er-Jahre begannen erste Autohersteller, Kleinserien vollwertiger Bauteile mittels Laser-Druckverfahren zu fertigen. Doch wollten Industrievertreter dieses „Rapid Manufacturing“ damals noch nicht an die große Glocke hängen, aus Sorge, Kunden könnten auf die Idee kommen, die Autoindustrie verbaute „Prototypen“ in hochwertigen Motoren.

Doch nun ist auch der Metall-3D-Druck – für die Industrie deutlich relevanter als Kunststoffobjekte – in Bewegung gekommen. 2014 lief ein Schlüsselpatent für Selektives Lasersintern (SLS) aus, das die University of Texas in Austin gehalten hatte. Das Patent für Selektives Laserschmelzen wird 2016/2017 auslaufen. In diesen Freiraum stoßen neue Gerätehersteller, etwa Aurora Labs aus Australien. Zwar dominieren mit EOS, Concept Laser und SLS Solutions noch drei deutsche Anlagenbauer den Weltmarkt für Metall-3D-Druck. Ihr gemeinsamer Anteil liegt bei 60 Prozent. Aber das dürfte sich bald ändern. Aurora Labs



Fotos: Behnaz Farahi, Wyss Institute at Harvard University

Biegsame Blüte

Forscher in Cambridge ist es gelungen, mit einem 3D-Drucker Material anzufertigen, das sich selbstständig verformt. Mit einer Tinte aus Zellulosefasern, Tonpartikeln und Kunststoff druckten sie eine künstliche Orchideenblüte, die sich bei Kontakt mit Wasser von selbst öffnet – ähnlich einer Blüte bei Sonnenaufgang. Für den Effekt sorgen zwei Schichten eines Hydrogels, das sich mit einem 3D-Drucker lagenweise zu beliebigen Strukturen anordnen lässt. Ausgehärtet unter ultraviolettem Licht, entsteht ein Objekt, dessen eine Schicht Wasser aufsaugt, dadurch anschwillt und das Objekt innerhalb einer knappen Stunde verformt. Die zweite Schicht dient der Stabilisierung.

bietet mit dem S-Titanium einen Metall-3D-Drucker für 33 000 Dollar an. Seine Qualität reicht zwar noch nicht ganz an die Profinmaschinen heran, dafür ist er ein Schnäppchen, jedenfalls im Vergleich zu den gängigen Geräten, die sich ab 200 000 Dollar aufwärts bewegen. Mit dem Open-SLS-Konzept gibt es bereits einen Ansatz, die Technologie als offene Hardware zu bauen.

Nicht nur das Angebot, auch die Nachfrage hat angezogen. Den Ton geben hier bislang Medizintechnik und Luftfahrtindustrie an. Für sie haben Metall-3D-Druckverfahren handfeste Vorteile, weil sie Kleinstserien von Bauteilen oder gar Unikate von Implantaten herstellen können. Die klassische Gussform ist für beide Branchen aufwendig und teuer. Das zeigt etwa das Beispiel von Zahnkronen, um einen faulen Zahn zu retten. Hat der Zahnarzt vom ursprünglichen Zahnprofil einen Abdruck genommen, kann die Krone gegossen werden. Kosten: rund 30 Euro. Fräst man sie aus einem Metallblock zurecht, sind immer noch 20 Euro pro Stück fällig. Aus Metallpulver ausgedruckt, sinken die Herstellungskosten auf gerade mal drei Euro. Ein echter Umbruch: „Innerhalb von rund 500 Tagen hat nahezu die gesamte Branche auf additive Fertigung umgestellt“, sagt Branchenanalyst Graw. Zahntechniker hatten eines ihrer großen Betätigungsfelder fast vollständig verloren.

Das Schicksal droht zwar nicht jeder Branche und jedem Produktionsunternehmen. Aber in speziellen Märkten wird der

3D-Druck ähnlich tiefe Spuren hinterlassen. Ein Beispiel ist der Flugzeugbau: Um einen Flieger zu betanken, wird das Kerosin durch eine Leitung mit Einfüllstützen gepumpt. Dieser Fuel Connector besteht, auf herkömmliche Art gefertigt, aus 14 Einzelteilen. Die Herstellung umfasst 28 Fertigungsschritte. Mittels Laserschmelzen lässt sich der Connector als ein einziges Teil in fünf Arbeitsschritten herstellen. Die Kosten sinken von 10 000 auf 4000 Euro pro Stück. Auch die gesamte Dauer von Entwicklung und Produktion verkürzt sich drastisch auf ein Viertel der Zeit. Claus Emmelmann, Professor an der TU Hamburg-Harburg und Leiter des Laserzentrums Nord, hat diese Entwicklung gemeinsam mit Airbus vorangetrieben.

Nicht nur Airbus, auch GE Aviation und Boeing arbeiten inzwischen konsequent mit Metall-3D-Druck. Denn der unterstützt auch noch Leichtbaukonstruktionen. Anders als gegossene Teile müssen 3D-Drucke nicht mehr so massiv sein, erreichen aber dank bionisch inspirierter, sparsamer Versteifungen die gleiche Belastbarkeit. In 16 Boeing-Maschinen flogen im vergangenen Jahr bereits 100 000 lasergesinterte Komponenten durch die Lüfte. GE Aviation will spätestens ab 2018 die Turbinenschaufeln seiner Triebwerke mit Maschinen des schwedischen Herstellers Arcam drucken.

Nun reichen Medizintechnik und Flugzeugbauer allein noch nicht aus für eine „industrielle Revolution“. Was ist mit anderen Branchen: Lohnt sich der 3D-Druck wirklich überall? Die erste quantitative Studie hierzu haben im vergangenen Jahr Alex Scott und Terry Harrison im neuen „Journal 3D Printing“ veröffentlicht. Sie verglichen eine dreistufige Produktionskette aus Zulieferung, Fertigung und Vertrieb mit einem AM-Netz aus mehreren Standorten, an denen ein Produkt direkt im 3D-Drucker entsteht und vom Kunden in Empfang genommen wird.

Zugrunde legten sie das derzeitige Preisgefüge im 3D-Druck, von kunststoff- bis zu metallverarbeitenden Verfahren. Am unteren Ende der Preisspanne für die Maschinen liegen Selbstbaudrucker für 200 Dollar, die mit Fused Deposition Modeling, also Plastikextrusion, arbeiten. Am oberen Ende die bis zu 1,4 Millionen Dollar teuren hochwertigen Lasersinter-Anlagen. Für die Wartungskosten können zehn Prozent der Anschaffungskosten veranschlagt werden. Während Kunststoffe für den Spritzguss schon ab 3,50 Dollar pro Kilogramm zu haben sind, kosten 3D-Druck-Filamente ab 50 Euro aufwärts pro Kilogramm, mitunter gar bis zu 100-mal so viel. Titan für den Metallguss gibt es für 16 Euro pro Kilogramm, als Pulver für das Lasersintern muss man hingegen das Zehnfache hinlegen.

Anzeige



Ab wann rechnet sich dann die additive Fertigung? Scott und Harrison ermittelten den Tipping Point mithilfe einer Regressionsanalyse, in die eine beachtliche Zahl von Parametern einging. Für die klassische Produktionskette nahmen sie dabei eine Fabrik und drei Warenlager für den Endverkauf an, für das Fertigungsnetz neun Standorte mit 3D-Druckern. Ergebnis: Bei teuren Maschinen mit einem Anschaffungspreis von einer Million Dollar und einem Materialeinsatz von 100 Dollar pro Kilogramm ist der 3D-Druck nie wettbewerbsfähig. Halbiert man beide Kostenpunkte, erreicht die 3D-Druck-Fertigung den Tipping Point bei 32 400 produzierten Einheiten. Je geringer die Nachfrage, desto wahrscheinlicher, dass der 3D-Druck wirtschaftlicher ist. Scott und Harrison betonen, dass der Einfluss der Materialkosten größer sei als der Einfluss der Maschinenkosten.

Dass über kurz oder lang fast alles aus 3D-Druckern kommt, glauben die beiden Wissenschaftler ebenso wenig wie andere Experten. Claus Emmelmann nimmt da kein Blatt vor den Mund: „Es wird keine Riesendrucker geben, die ein ganzes Flugzeug ausdrucken. Das ist Blödsinn.“ Gegenwärtig sei nur eine von 100 Werkzeugmaschinen weltweit ein 3D-Drucker, betont Bernhard Müller von der Fraunhofer-Allianz für Generative Fertigung. Das werde sich nicht so schnell ändern: „Bis dieses Verhältnis bei 1:10 liegt, wird es Jahrzehnte dauern.“ Terry Wohlers will erst gar keine Prognose abgeben.

Einigkeit besteht jedoch darin, dass der 3D-Druck sich da lohnt, wo es um Unikate oder kleine Stückzahlen, um Produkte mit kurzen Innovationszyklen oder um komplexe geometrische

Formen geht, die mit herkömmlichen Verfahren nicht herzustellen sind. Wo Stückzahlen von Hunderttausenden bis Millionen identischer Produkte nachgefragt werden, wird der 3D-Druck hingegen nicht Fuß fassen. „In dem weiten Feld dazwischen könnte der Anteil additiv gefertigter Teile bei einem Produkt irgendwann bei 30 bis 60 Prozent liegen“, schätzt Eric Hund vom Institut für Integrierte Produktion in Hannover (IPH). Das Institut untersucht in einem Forschungsprogramm derzeit, inwiefern sich der 3D-Druck auch für kleine und mittlere Unternehmen lohnt. Die seien aber gut beraten, nicht einfach bloß additiv gefertigte Produkte in den Verkauf zu bringen. Auf diese Weise würden die Produkte „gefährlich leicht austauschbar“, warnt Hund. „Vielmehr muss der 3D-Druck von spezifischem Know-how, zum Beispiel Beratung, begleitet werden.“

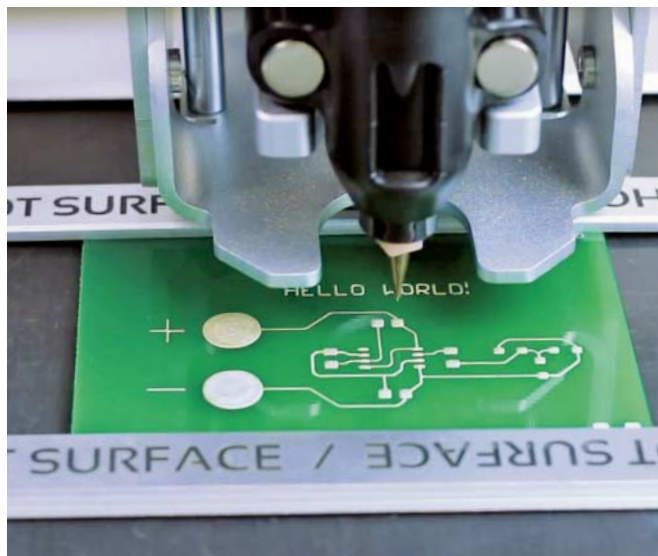
Technisch ist der 3D-Druck auch noch längst nicht ausgereizt. Ein Problem ist die Geschwindigkeit. Wer je selbst ein FDM-Geräte wie MakerBot oder Ultimaker benutzt hat, weiß, wie lange man dem Surren der Elektromotoren lauschen muss, um auch nur ein Zahnrad mit einem Durchmesser von zehn Zentimetern auszudrucken. Und für ein und dasselbe Objekt kann die Dauer je nach Druckqualität um den Faktor fünf variieren – was eine Serienfertigung kaum berechenbar macht. Sehr viel wird man aus dem mechanisch geführten Fused Deposition Modeling in Zukunft nicht herausholen können.

Mehr Potenzial haben Stereolithografie und Lasersintern, die beide mit über Spiegel umgelenkten Laserstrahlen das Material aushärten. Über eine verbesserte Ansteuerung der Spiegel könnte die Geschwindigkeit in den kommenden Jahren um



Bindeglieder für Holzbauten

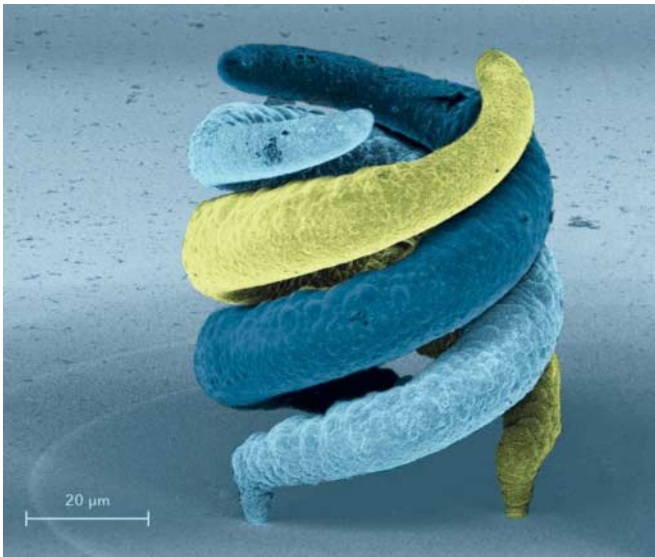
Die Eifeler Zimmerei Floss hat gezeigt, wie sich 3D-Druck elegant mit natürlichen Materialien verbinden lässt. Gemeinsam mit der FH Trier entwickelte sie Verbindungsknoten für unbehandelte Douglasien-Rundhölzer, um die Hölzer zu komplexen Tragwerken zusammenzufügen, ohne sie aufwendig zurechtzuschneiden. Erste Praxisanwendung waren Dreibein-Ständer für Sonnenschirme. Handelsübliche 3D-Drucker erzeugten dazu ein Modell, das mit einem Mix aus Kunstharz und Mineralien nachgegossen wurde.



Elektronik für jedermann

Elektronische Leiterplatten lassen sich jetzt in wenigen Minuten am Schreibtisch herstellen: Der 3D-Drucker V-One des kanadischen Startups Voltera trägt eine leitfähige Flüssigkeit mit Silberpartikeln auf herkömmliches Platinenmaterial auf. Eine zweite, nichtleitende Flüssigkeit dient als Isolator zwischen den Lagen. Nach einer Trockenzeit von rund 30 Minuten kann das Gerät in einem zweiten Durchgang flüssige Löt-paste auf alle Lötstellen aufbringen. Preis des V-One: 1499 US-Dollar.

Fotos: FH Trier, Voltera



Winzigste Bauteile

3D-Druck funktioniert auch auf der Mikroskala, etwa um komplexe Uhrenteile herzustellen. Forscher der ETH Zürich haben dafür ein FluidFM genanntes Drucksystem entwickelt. Es arbeitet mit einer Mikropipette, die Kupfersulfatlösung enthält. Sie wird in einen Flüssigkeitstropfen hineingeführt, der sich auf einer Platte aus Gold befindet. Zwischen Tropfen und Platte liegt eine Spannung an, sodass es an der Pipettenspitze zu einer elektrochemischen Reaktion kommt: Das aus der Pipette austretende Kupfersulfat reagiert zu festen Kupfer-Pixeln, die sich auf der Goldplatte abscheiden. Indem die Pipette computergesteuert entlang der gewünschten Konturen verschoben wird, entsteht so Pixel um Pixel ein 3D-Objekt.

zwei oder drei Größenordnungen zunehmen. Besonders schnell ist derzeit ein neues Inkjet-Verfahren von Hewlett-Packard, das in diesem Jahr auf den Markt kommen soll. Dabei werden zwei Materialien, darunter ein Binder, mit 30 Millionen Tröpfchen pro 25 Millimeter Strecke und pro Sekunde auf ein Kunststoffpulver aufgetragen. Ein Testobjekt, das mit dieser „Multi Jet Fusion“-Technologie nach drei Stunden fertig war, benötigte 38 Stunden im Metall-Lasersinterer und 83 Stunden im Fused Deposition Modeling.

Das Fraunhofer-Institut IFAM beschleunigt ein stereolithografisches Druckverfahren, indem es die Technik mit Druckwalzen kombiniert. Das Ergebnis ist eine Art Mini-Serienproduktion, bei der eine Reihe von Gegenständen gleichzeitig entstehen können: Die Walze – im Prototyp 40 Zentimeter breit bei einem Durchmesser von 30 Zentimetern – wird in ein Kunstharzbad eingetaucht. Von unten eingestrahlt UV-Licht härtet dabei in langsamer Drehung mehrere identische Objekte nebeneinander auf der Walze aus. Wenn sie aus dem Bad auftauchen, können die Objekte von der Walze entfernt werden, während die nächste Reihe schon in der Entstehung ist. „Es handelt sich also um ein kontinuierliches Verfahren“, betont Projektleiter Thorsten Müller, „das die Entnahme der fertigen Objekte beschleunigt.“

Unproblematischer als die Frage nach der Geschwindigkeit scheinen die Größenbeschränkungen zu sein. Hier ist bereits eine Ausweitung der Bauzone im Gange. Das Berliner Start-up



Adern aus Biotinte

Dank eines neuen Druckverfahrens ist es gelungen, ein komplettes Stück künstliche Haut bestehend aus Unterhautfett, Dermis und Epidermis im Bioreaktor herzustellen und mit Nährstoffen zu versorgen. Mit dem Drucker konnten Forscher des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik in Aachen feine, porenhaltige Adern fertigen, die den Stoffaustausch gewährleisten. Als Druckschubmittel dient ein Mix aus Biomaterialien wie tierische Gelatine. Die Mischung muss flüssig genug zum Drucken sein, aber auch als festes Gewebe zusammenhalten. Dies gelingt durch Kombination von 3D-Druck und Multiphotonen-Polymerisation. Dabei sorgen Laserimpulse dafür, dass die Biotinte nach dem Aushärten stabil und dennoch flexibel bleibt.

BigRep bietet eine Maschine an, die einen Kubikmeter Bauraum hat, zu Kosten im mittleren fünfstelligen Bereich. Das Oak Ridge National Laboratory und Lockheed Martin können in ihren „Big Area Additive Manufacturing“-Maschinen einen Bauraum von 2,40 Meter Kantenlänge vorweisen, die Extrusionsgeschwindigkeit liegt bei beachtlichen 15,9 Kilogramm pro Stunde. Mit frei beweglichen Roboterarmen wie dem Galatea, die das Material Tropfen für Tropfen im freien Raum aufsetzen, sind noch größere Objekte möglich.

Drittes Problem: die Modelliersoftware. Für harte, statische Objekte seien die gängigen Programme in Ordnung, sagt 3D-Druck-Pionier Hod Lipson von der Columbia University. Für funktionale Objekte, die samt elektrischen Leitungen, Aktuatoren und Batterien gedruckt werden sollen, fehlen die passenden Werkzeuge noch. Die Firma Autodesk entwickelt derzeit eine Software namens Project Wire, die die 3D-Modellierung um solche Funktionen erweitern soll. Ein von Microsoft geführtes Konsortium hat sich wiederum zum Ziel gesetzt, das gute alte Dateiformat STL – den De-facto-Industriestandard für zu druckende 3D-Modelle – zu modernisieren. 3MF soll das neue Format heißen und jede Menge Metadaten sowie bessere Flächen-darstellungen enthalten, aber mit STL rückwärtskompatibel sein.

Eine Modeerscheinung ist die additive Fertigung nicht. „In ein paar Jahren wird niemand mehr den 3D-Druck infrage stellen“, ist sich Fraunhofer-Forscher Bernhard Müller sicher. ☺