



## Der Alles-Drucker

Wie neue Technik die Gesetze der Globalisierung verändert

Es klingt nach einem Szenario aus einem Zukunftsfilm, ist aber keines: So wie Privatleute sich daheim einen Brief, eine Bordkarte oder ein Bahnticket ausdrucken, drucken Unternehmen sich einfach ihre Werkzeuge aus. Die passende Technik dazu, die sogenannten 3-D-Drucker, sind inzwischen reif für die industrielle Produktion. Sie können mehr als hundert verschiedene Pulver zu festen Gegenständen verarbeiten: Metalle, Kunststoffe, auch erste Holzverbindungen. Die Folgen sind enorm, und sie sind nicht rein technischer Natur.

Nein, diese Drucker verändern die globalen Wertschöpfungsketten. Zu den Grundregeln erfolgreicher Unternehmensführung gehörte in den vergangenen 20 Jahren, dass nur zentrale Komponenten im eigenen Haus hergestellt werden. Die restlichen Teile bringen Zulieferer, die gießen, stanzen, drehen, wo es am besten oder am billigsten erledigt werden kann. Häufig hieß das in China, in Vietnam, in Mexiko. Doch die Logik der Globalisierung ändert sich jetzt – weil es 3-D-Drucker gibt.

Einkäufer in Mittelstand und in Großkonzernen müssen neu rechnen: Ist es heute überhaupt noch billiger, ein Bauteil in China zu bestellen und rund um die Welt zu verschiffen, um es dann in Baden-Württemberg einzubauen? Oder ist ein 3-D-Drucker auf dem eigenen Firmengelände effizienter? Diese Veränderung wird auch deutsche Firmen treffen, kann auch hierzulande Arbeitsplätze kosten.

Maschinenbauer werden in den kommenden Jahren häufiger hören müssen: »Tut uns leid, wir brauchen keine neue Werkzeug-, keine Fräsmaschine mehr und auch keinen Laserschneider. Wir haben einen Drucker gekauft.« Andererseits werden Grundstoffindustrien wie die Chemie ihre Standortentscheidungen überdenken. Ist es noch richtig, neue Werke ausschließlich in Asien zu planen, weil dort die Werkbank der Welt steht?

Die Prognose lautet: Wirtschaftskrisenläufe werden wieder ein Stück regionaler. Unternehmen stellen mehr Teile selbst her. Je kleiner die Stückzahl, je spezieller das Design – umso eher wird sich ein 3-D-Drucker durchsetzen.

Aber in der Stärke der Drucker liegt auch die große Herausforderung. Diese Geräte arbeiten nach einer digitalen Vorlage. Jeder, der diese Vorlage hat, kann das gewünschte Teil in der derselben Qualität herstellen. Und jeder, der einen 3-D-Scanner hat, kann eine digitale Druckvorlage erstellen, das Objekt also problemlos kopieren. So wird der Schutz geistigen Eigentums endgültig zur Frage für Wohlstand und Wachstum im 21. Jahrhundert. Wer dachte, die Tauschbörsen- und Urheberrechtsdebatte trafe nur Hollywood und die Musikbranche, der täuscht sich.

In welchem Umfang sich 3-D-Drucker durchsetzen werden, weiß heute noch niemand. Aber die Zahl industrieller Anwendungen wächst rasant. Sogar im privaten Alltag wird man in den kommenden Jahren häufiger auf einen 3-D-Drucker treffen, weil einfachere Modelle schon ab 1000 Euro zu haben sind. In New York hat ein Hersteller namens Markbot vor zwei Wochen den ersten Laden aufgemacht, der gedruckte Dinge verkauft – und 3-D-Drucker selbst (siehe Seite 26).

Ist damit der Wandel umrissen? Noch lange nicht. Ein Dutzend Universitäten arbeitet daran, menschliches Gewebe zu drucken. Die Forscher glauben an Organkopie statt an Organspende. Aber das ist, im Gegensatz zu den vielen industriellen Anwendungen, wirklich noch Science-Fiction.

GÖTZ HAMANN

## Brrrt, ssst, fertig

Zahnkronen? Kein Problem mit 3-D-Druckern. Die Maschinen werden immer leistungsfähiger – und sie können nun die Weltwirtschaft umkrempeln von

PIERRE CHRISTIAN FINK

Künstlerimpression eines 3-D-Druckers von Wieslaw Smetek

In Krallendruck der Wurm steht eine Maschine und verändert täglich die Weltwirtschaft. Die Maschine heißt M 280, sie ist etwa so groß wie ein Kleiderschrank und summt leise. In ihrem Innern flitzt ein Laserstrahl mit 25 Kilometern pro Stunde über Metallpulver und schmilzt es an zuvor genau festgelegten Stellen. Schicht um Schicht, jede einzelne bloß einige Hundertstel Millimeter dünn, baut die M 280 so einen Gegenstand auf. Sie kann das mit Stahl machen, mit Aluminium oder Titan.

Wollten Industrieunternehmen bislang etwas fertigen, brauchten sie eine Menge Maschinen – zum Gießen, Fräsen, Bohren, Drehen oder Schleifen. Oft rechnet sich ein herkömmlicher Gerätepark auch erst dann, wenn damit große Mengen von Schrauben, Blechen oder Rahmen produziert werden. Bei der M 280 ist das anders: Die Maschine fertigt auch Einzelstücke. Dazu benötigt sie weder teure Gussformen noch Spezialwerkzeuge. Ihrem Laser genügt eine Computerdatei, um zu wissen, an welchen Stellen sie das Metallpulver schmelzen soll.

### Der US-Ökonom Jeremy Rifkin glaubt an eine neue industrielle Revolution

Was man bisher nur von Texten, Grafiken und Fotos kannte, funktioniert auch mit dreidimensionalen Gegenständen: Man druckt sie einfach aus. Mit Geräten wie dem M 280. Nie zuvor war der Weg vom digitalen Entwurf zum analogen Endprodukt so kurz.

Das liegt zu einem guten Teil an Hans Langer, einem 60-jährigen Anzuger mit Beethoven-Mähne. Langer promovierte am Max-Planck-Institut für Quantenoptik, bevor er die Firma EOS gründete und den dreidimensionalen Druck mit dem sogenannten Lasersinter-Verfahren verbesserte. Südlich von München stellt EOS die M 280 und einige andere Modelle von 3-D-Druckern her. »Fast jedes Industrieunter-

nehmen wird früher oder später 3-D-Drucker einsetzen«, sagt Langer. Als Hersteller ist er dabei natürlich nicht ganz unbefangenen – allerdings sehen das viele Experten inzwischen ähnlich.

Eine Expertenkommission des Weißen Hauses bezeichnet den 3-D-Druck als einen »möglichen Megatrend der Zukunft«. Das britische Wirtschaftsmagazin *Economist* prognostiziert: »3-D-Druck wird die Welt verändern.« US-Starökonom Jeremy Rifkin erwartet sogar eine neue industrielle Revolution. Das klingt weit hergeholt. Schließlich dürfen die meisten Menschen von der neuen Technologie noch nie etwas gehört haben. Doch Produkte aus 3-D-Druckern gehören bereits zum Alltag. Tausende Deutsche haben Zahnkronen im Mund, die auf Maschinen wie der M 280 hergestellt wurden. Ungezählte Senioren tragen ein Hörgerät, dessen Außenschale aus einem 3-D-Drucker stammt. Urlaubsreisende sind unterwegs mit Flugzeugen, die gedruckte Bauteile enthalten.

In einigen Nischen hat die Technik bewiesen, dass sie funktioniert und dass man mit ihr sogar Geld verdienen kann. Jetzt entscheidet sich, ob ihr der Durchbruch auf den Massenmärkten gelingt.

Kaum jemand kann das so gut einschätzen wie der Amerikaner Terry Wohlers. Er berät Unternehmen, die mit 3-D-Druck Geld verdienen wollen. Seine Kunden sind Hersteller, Anwender und Investoren gleichermaßen. In seiner Datei finden sich 240 Firmen aus 23 Ländern. Wohlers ist ein Mann in den Fünftzigern und hat die zuvorkommenden Umgangsformen eines Jungen aus dem Mittleren Westen der Vereinigten Staaten. Inzwischen lebt er mit seiner Familie in den Rocky Mountains. Seiner Frau hat er im vergangenen Jahr zu Weihnachten eine Schmuckkette aus Gold geschenkt, die mit einem 3-D-Drucker hergestellt wurde.

»In den vergangenen zwölf Monaten hat die Technik einen riesigen Sprung nach vorn gemacht«, sagt

Wohlers. »Inzwischen arbeiten die 3-D-Drucker so schnell und exakt, dass sie den meisten Ansprüchen genügen.« In der Zukunft, glaubt Wohlers, »wird sich das 3-D-Drucken zur größten und wichtigsten Fertigungsmethode entwickeln.«

Jeden Tag um 17 Uhr setzt sich Jan Reisenberg im Hamburger Stadtteil Ottensen an seinen Computer. Der Anfang Dreißigjährige ist Zahntechniker und arbeitet bei Flussfish Dental. Seit dem frühen Morgen haben ihm Zahnärzte und Labore aus ganz Deutschland über das Internet neue Daten geschickt: die 3-D-Modelle von Zähnen ihrer Patienten. Jetzt speichert Reisenberg die Daten auf einen USB-Stick und läuft in das Nachbarzimmer. Dort überträgt er die Daten auf eine EOS-M 270-Maschine. Die verteilt mit einem Schieber Kobaltchrom-Pulver auf der Arbeitsfläche, dann flitzt der Laser los, und Reisenberg geht nach Hause. Wenn er am nächsten Vormittag wieder kommt, sind 65 Kronen und 12 Brücken fertig.

### Ausgedruckte Flugzeugteile sparen Gewicht und Treibstoff

Würde Reisenberg noch so arbeiten, wie er es in der Berufsschule gelernt hat, bräuchte er für dieselbe Arbeit fast eine Woche. Wachstumsmodelle herstellen, mit flüssigem Metall ausgießen, abkühlen lassen, mit einer Fräse schleifen. Einen deutschen Zahntechniker für diese Arbeitsschritte zu bezahlen ist teuer. So teuer, dass viele Zahnärzte ihre Kronen inzwischen in China fertigen lassen.

Mit der EOS M 270 kann aber selbst ein chinesischer Zahntechniker nicht mithalten.

Wenn das für Kronen zutrifft, wird sich auch für Schmuckstücke aus Gold stellen: Warum sollte man sie noch in Asien herstellen, wenn der Kostenvorteil

EADS/BAE-FUSION

## Bitte vorrechnen!

Irgendwer muss erklären, wie der neue Rüstungsriese Geld verdient

Jetzt soll also der zweitgrößte Rüstungs-, Raum- und Luftfahrtkonzern der Welt entstehen, und Tom Enders hat es eilig. Bis zum 10. Oktober wolle er den Deal unter Dach und Fach bringen, erklärte der EADS-Chef Anfang der Woche in London. Die Fusion von BAE Systems und EADS soll einen europäischen Herakles mit globaler Feuerkraft schaffen.

Er hat da tatsächlich erreicht. Atom-U-Boote und Kampfjets sind die größten Industriegüter, bei deren Fertigung und Bestellung nationale strategische Interessen, Stolz und Arbeitsplätze eine Rolle spielen. Bemerkenswert, dass Enders trotzdem die Regierungen in Berlin und sogar in Paris davon überzeugen konnte, künftig auf Vorentsche zu verzichten. Lediglich die goldene Aktie, die eine ausländische Übernahme verhindern soll, wird ihnen und auch der Londoner Regierung zugesprochen. Im Gegenzug würden Daimler für die Deutschen und Lagardère für die Franzosen je neun Prozent der Anteile an dem neuen Koloss erhalten. Das Tom Enders all das geschafft und die Fusion des Jahres in wenigen Monaten so weit voranbracht hat, ist bemerkenswert.

Aber eine Auskunft fehlt: Wie sieht es mit dem Geld aus? Die Anleger hat Enders bei der Strecke gelassen. Die bisherigen EADS-Eigner sollen 60 Prozent des neuen Unternehmens bekommen, die Aktionäre von BAE Systems 40 Prozent. Analysten und Investoren zweifeln an dieser Bewertung. Der Aktienkurs von BAE Systems hat sich in jüngster Zeit kaum verändert, die EADS-Aktie ist um 16 Prozent gefallen.

Es wäre schon noch wünschenswert, wenn mal einer vorrechnen könnte: Wer denn mit diesem Plan europäische Jobs gesichert und neue geschaffen? Und was springt dabei für die Anleger heraus? Viel Zeit hat Enders dafür nicht mehr.

JOHN F. JUNGCLAUSEN

60 SEKUNDEN FÜR

## Autopiloten

Das Wort Geistesfahrer bekommt in Kalifornien gerade eine ganz neue Bedeutung. Seit vergangener Woche dürfen auf den Highways selbststeuernde Autos cruisen. Wunders darf sich der Kalifornier also nicht, wenn er demnächst ein Auto ohne Fahrer neben sich hat. Denn der sitzt vermutlich auf der Rückbank und guckt Fernsehen, während der Autopilot lenkt.

Das neue System stammt von Google, dem es nun nicht mehr reicht, Straßen nur abzuzeichnen. 300 000 Meilen hätten die Geräte schon unfähig zurückgelegt, teilte der Internetkonzern mit.

Die Luftfahrtbranche scheint sich genau in die andere Richtung zu bewegen. Autopiloten gibt es in Flugzeugen ja schon lange. Neu sind solche aus Fleisch und Blut, die das Cockpit als Taxi für Angerben nutzen.

Einem 32-jährigen Italiener gelang es in München, als Flugkapitän verkleidet, in eine Maschine der Air Dolomiti zu steigen und ganz vorn mitzufahren. Er war zwar nur der dritte Pilot, aber eines muss man dem Mann lassen: Höher kam ein Hochstapler selten.

Das Ganze war ungefährlich, denn weder kam der Mann ans Steuer, noch verpetete er die Luft im Cockpit. Die größte Gefahr für die zivile Luftfahrt ist ohnehin eine andere – dass die Airlines aus Kostengründen anfangen, auf Karten von Apple zurückzugreifen. CHRISTINA KYRIASOGLU

Fortsetzung auf S. 26



## Brrrt, sst, fertig

Fortsetzung von S. 25

entfällt? Aufwendungen für Transport und Logistik – dazu die lästigen Wartezeiten – werden dann zu einem unnötigen Ärgernis. Gut möglich also, dass etliche Komponenten wieder häufiger dort produziert werden, wo die Konsumenten leben.

Schon reden manche von einer Deglobalisierung. Die Technik hinter dem 3-D-Druck würde die Globalisierung der vergangenen Jahrzehnte zurückdrehen, und tatsächlich scheint es so. Viele Unternehmen haben in der Vergangenheit ihre Produktion ins Ausland verlagert, an Zulieferer, die sich wiederum auf Zulieferer in anderen Ländern verließen. Der Nachteil: Reift die Lieferkette an einer einzigen Stelle, kann vorübergehend die ganze Produktion stillstehen. Nach dem Erdbeben von Japan im vergangenen Jahr musste der Autobauer General Motors beispielsweise eine ganze Fabrik in den USA schließen, weil ein Bauteil von einem japanischen Zulieferer fehlte – dessen Einkaufspreis gerade mal zwei Dollar betrug. Mit 3-D-Druckern wäre das nicht passiert. Dann hätte man das Bauteil einfach vor Ort ausgedruckt.

Gut möglich also, dass die Firmen im Westen einige ihrer Lieferketten verkürzen werden und Zulieferer in ihrer Nähe suchen. Dass 3-D-Drucker in Deutschland letztlich also Gießereien in China ersetzen können. Damit könnte die neue Technik etwas bewirken, was Hans Langer und die anderen Entwickler wohl niemals im Sinn hatten: Sie könnten die Gewichte in der Weltwirtschaft verschieben.

Inzwischen beschäftigt der 3-D-Druck sogar das Atlantic Council, einen Washingtoner Thinktank, der sich auf geopolitische Fragen spezialisiert hat. Produktionsaufträge für Billionen Dollar könnten an andere Orte wandern, heißt es in einer Analyse der Strategen. Macht und Wohlstand könnten sich in jene Länder verschieben, die am schnellsten auf die neue Technik umstellten. Und der Prozess ist im Gange.

Die Luftfahrtindustrie illustriert das sehr gut. Weil ein Passagierflugzeug schnell mehrere Hundert Millionen Euro kosten kann, überlegen Airlines gut, wem sie einen Auftrag erteilen – dem amerikanischen Hersteller Boeing oder dem europäischen Anbieter Airbus, der zum EADS-Konzern gehört.

In Ottobrunn bei München arbeiten EADS-Forscher in einem flachen Betonbau hinter einem dichten Metallzaun. Hier sorgen sie dafür, dass sie

künftig besser und billiger produzieren können als ihre Mitbewerber. Claudio Dalle Donne, ein Mittvierziger mit weicher Stimme, gehört zu den Chefentwicklern. Seine Hoffnung ist ein etwa zehn Zentimeter hohes und gebogenes Metallteil: ein Beschlag, der zwei Bauteile in einer Tragfläche zusammenhält. Bislang hat EADS den Beschlag aus einem Block Titan gefräst, aber dabei fielen rund 90 Prozent Verschnitt an. Titan ist sehr teuer. Deswegen hat Dalle Donne jetzt einen Beschlag mit einem 3-D-Drucker fertigen lassen. Verschnitt: praktisch null.

Ein Beschlag aus herkömmlicher Fertigung ist massiv und symmetrisch. Einer aus dem 3-D-Drucker ist hohl und asymmetrisch, zugleich aber fest und leicht. Dalle Donne hat viel damit experimentiert, denn Strukturen und Gewicht sind extrem wichtig im Flugzeugbau. Mit einem 3-D-Drucker lässt sich das viel besser berücksichtigen als mit einer Fräsmaschine. Und weil in einem normalen Flugzeug Tausende solcher Beschläge stecken, könnte der 3-D-Druck das Gewicht der Maschine im besten Fall halbieren. Das wiederum senkt den Verbrauch. Über die Betriebsdauer eines Flugzeugs bringt jedes Kilogramm weniger der Airline eine Ersparnis von rund 80 000 Liter Kerosin – und der Umwelt von rund 200 Tonnen CO<sub>2</sub>.

EADS wird diese Ersparnis bald anbieten müssen. Denn auch Konkurrent Boeing entwickelt schon leichte Bauteile mittels 3-D-Druck.

Und dann ist da noch die Sache mit den Ersatzteilen. Schließlich werden Flugzeuge ständig gewartet. Bislang musste eine Airline an jedem größeren Flughafen Ersatzteile auf Lager halten. Künftig könnte es genügen, wenn in den Reparaturwerkstätten einige 3-D-Drucker stünden. Die Designdaten für jedes Ersatzteil ließen sich digital abrufen. In wenigen Stunden wäre dann ein Ersatzteil fertig, ganz egal, wo es auf der Welt gebraucht wird.

Bei Autos könnte die neue Ersatzteilbeschaffung ganz ähnlich funktionieren. Bislang betreibt Volkswagen im hessischen Baunatal ein weltweites Logistikzentrum, mit 440 000 verschiedenen Originalteilen auf einer Fläche so groß wie 140 Fußballfelder. Solche Ersatzteillager sind Ballast in der Bilanz. Selbst wenn sie Gewinn abwerfen, tragen sie nicht dazu bei, Innovationen zu entwickeln. Setzen sich 3-D-Drucker durch, könnte VW sicher einige Hallen in Baunatal schließen.

Je aufwendiger der Ersatzteiltransport ist, desto offener sind Unternehmen gegenüber 3-D-Druckern. Zum Beispiel die Nasa: Noch muss sie jedes Ersatzteil für die Raumstation ISS mit einer Rakete ins All schießen. In zwei Jahren will sie in der Raumstation einen 3-D-Drucker installieren.

Eine Welt voller 3-D-Drucker. Was manche begeistert, bringt andere zum Nachdenken. Denn die neue Technik erzeugt auch neue Probleme. Womit sollen in Zukunft chinesische Zahntechniker und hessische Logistiker ihr Geld verdienen?

Dass manche Arbeitsplätze verschwinden – so sei es nun mal in einer industriellen Revolution, sagt der Unternehmensberater Wohlers. Nicht anders gewesen sei es vor rund hundert Jahren,

als Henry Ford die Massenfertigung am Fließband erfand.

Nicht nur Zulieferer, auch große Markenkonzerne müssen ihre Rolle in einer 3-D-Drucker-Wirtschaft neu definieren. Die beiden großen Sportartikelhersteller adidas und Nike experimentieren bereits heute damit. Bei ihren Marken miadidas und NIKEiD können Kunden im Internet ihre eigenen Turnschuhe designen. Solche personalisierten Produkte herzustellen ist teuer: Entweder muss man für Handarbeit bezahlen oder die Fabrik ständig umrüsten. »Dieses Problem könnten die 3-D-Drucker lösen«, sagt Frank Piller, Wirtschaftsprofessor an der Technischen Universität RWTH Aachen.

Wenn aber bald ein 3-D-Drucker genügt, um einen individuellen Turnschuh herzustellen – warum braucht der Kunde dann noch adidas und Nike? Warum braucht er noch eine Marke, mit einem Qualitäts- und Designversprechen?

Peter Weijmarshausen will aus der Antwort auf diese Frage ein erfolgreiches Unternehmen machen. So bescheiden drückt er das aber nicht aus. Er sagt: Shapeways wird das nächste Facebook.

Weijmarshausen ist 40 Jahre alt, hat lange Haare und eine laute Stimme. Er sitzt im gläsernen Konferenzraum von Shapeways in Eindhoven. Unter seinen Augen liegen noch dunkle Ringe, erst vor wenigen Stunden ist er aus New York zurückgekommen. Seiner dreijährigen Nichte hat er von dort einen 3-D-gedruckten Würfel mitgebracht. »Diese Generation wird mit dem Verständnis aufwachsen, dass 3-D-Druck etwas ganz Normales ist und dass jeder alles selbst herstellen kann«, sagt er.

Auf der Website von Shapeways können Kunden digitale Designpläne ihrer Produkte hochladen. Dann stellt Shapeways die Gegenstände auf 3-D-Druckern her und schickt sie den Kunden mit der Post. Wer will, kann sein Design weitergeben – kostenlos oder gegen Geld. Manchmal werden mehrere Hundert Dollar gezahlt.

750 000 Gegenstände hat Weijmarshausens Unternehmen im vergangenen Jahr hergestellt. Dieses Jahr sollen es drei Millionen werden. Schutzhüllen für Handys gehören dazu, selbst entworfene Brettspiele, Lampenschirme, aber auch Hochzeitsringe. Ein amerikanischer Kunde bestellt Keramikteile in merkwürdigen Formen – er will in seiner Garage angeblich einen Kernfusionsreaktor bauen. Kann das funktionieren? »Keine Ahnung!«, sagt Weijmarshausen. »Aber können wir jemand mit einer guten Idee für ein paar Dollar die Bauteile für sein Projekt herstellen? Absolut!«

Weijmarshausens Ziel ist ambitioniert: Shapeways soll die Welt der Dinge demokratisieren – so wie das Internet die Welt der Informationen demokratisiert hat. »Das Internet hat eine Kreativität ermöglicht, die vorher niemand geahnt hatte. Neue Geschäftsmodelle sind entstanden. Die Regeln unserer Gesellschaft haben sich verändert«, sagt der Unternehmer. »Genauso wird es mit dem 3-D-Druck sein.«

Weitere Informationen im Internet:  
[www.zeit.de/technik](http://www.zeit.de/technik)

