



Das Internet der Dinge führt zur dritten industriellen Revolution. Schon seit einigen Jahren drängen immer mehr Kleinunternehmen auf den Markt; sie können dank niedriger Grenzkosten gegen die Branchengrößen antreten. Ihr Produktionsmodell ist der 3D-Druck. Dabei wird das Rohmaterial Schicht für Schicht zum gewünschten Produkt zusammengesetzt. Während in der herkömmlichen Herstellung das Ausgangsmaterial abgearbeitet wird und damit viel Abfall entsteht, ist

das beim 3D-Druck nicht der Fall. Außerdem gibt es bereits heute Rohmaterialien zu Grenzkosten von fast null, zum Beispiel Papier, recycelbares Plastik oder Almetall. Die Hersteller profitieren von einer enormen Produktivität. Die wirtschaftliche Macht bewegt sich weg von wenigen Konzernen hin zu vielen kleinen Akteuren.

Im Lauf der vergangenen 50 Jahre der Zweiten Industriellen Revolution haben Produktionsbetriebe zum Teil ungeheure Dimensionen angenommen. In China und überall in den Entwicklungsländern stoßen wahre Monster Produkte in einem Tempo und in Mengen aus, wie man das noch vor 50 Jahren kaum für möglich gehalten hätte.

Das lange Zeit dominante Herstellungsmodell dieser Wirtschaftsphase wird jedoch innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte, zumindest teilweise, dem neuen Produktionsmodell der Dritten Industriellen Revolution weichen. Tausende von Unternehmen produzieren inzwischen gegenständliche Produkte auf dieselbe Weise, wie elektronische Software bislang Informationen in Form von Video-, Audio- und Textdateien produziert. Das Ganze nennt sich 3D-Druck (siehe [Episode 1: Jäger der Angst](#), S. 157) und ist das Fertigungsmodell für eine Ökonomie, die wesentlich auf dem Internet der Dinge ([IoT=Internet of Things](#)) basiert.

Einen guten Überblick über die Entwicklung auf diesem Gebiet gibt das folgende Video. Es enthält auch Hinweise darauf, wie man sich demnächst die Herstellung der riesigen Sonnensegel-Gestänge von Sternensegler-Raumschiffen (siehe Glossar ‚Jäger der Angst‘, Exodus der Eliten) vorstellen kann:

[VIDEO „Wir 3D Druck unsere Welt verändert“](#)

Die Software, open source, steuert den Drucker in der Weise, dass Pulver oder flüssige Materialien – oft recyceltes Plastik, Metall oder anderes – Schicht um Schicht über einander gespritzt und anschließend ausgehärtet werden. So wird ein voll ausgeformtes Objekt kreiert, sogar mit beweglichen Teilen, das dann aus dem Drucker kommt. Inzwischen gibt es [KI-Software](#), die nur noch gewisse Regeln bezüglich der Funktion des gewünschten Produkts benötigt. Die Maschine errechnet dann tausende Konzepte und Prototypen, die gefiltert und bewertet werden – so lange, bis die KI bei einem Entwurf gelandet ist, der vielversprechend aussieht. Dank ihrer Leistungsfähigkeit kann sie auf Basis so völlig neuartige Designs entwickeln.

Theoretisch lassen sich 3D-Drucker für eine endlose Zahl von Produkten programmieren. Bereits jetzt wird eine große Palette von Produkten von Schmuck über Flugzeugteile bis hin zu Prothesen und Implantaten damit hergestellt. Privatleute leisten sich solche Drucker, um Teile und Produkte für ihr Hobby oder ihren Haushalt zu produzieren. Der Konsument beginnt also, gleichzeitig selbst zum Produzenten zu werden, da eine zunehmende Zahl von Menschen die selbst produzierten Produkte auch verbraucht.



Die ultimative Reise

Dreidimensionale Drucker unterscheiden sich von konventioneller Herstellung in mehrfacher und entscheidender Hinsicht:

- I. Von der Entwicklung der Software abgesehen, ist beim 3D-Druck kaum menschliches Zutun erforderlich.
- II. Die quelloffene Software erlaubt es den Nutzern, neue Ideen in Do-it-yourself-Hobbynetzwerken miteinander zu teilen. Das Konzept des Open-Source-Designs sieht die Produktion von Gütern als dynamischen Prozess, in dem die Teilnehmer lernen, Dinge gemeinsam herzustellen. Die Ausschaltung des Urheberrechts am geistigen Eigentum reduziert die Kosten für gedruckte Produkte erheblich, was den 3D-Druckereien einen Vorteil gegenüber dem traditionellen Herstellungsbetrieb verschafft, der die Kosten für eine Unmenge von Patenten einkalkulieren muss. Das quelloffene Produktionsmodell trägt zum exponentiellen Wachstum bei. Darüber hinaus haben die sinkenden Preise für 3D-Drucker zur steilen Wachstumskurve der Technologie beigetragen. Während erste Geräte 2002 noch etwa 30.000 € kosteten, sind heute qualitativ hochwertige 3D-Drucker bereits für ca. 1.500 € zu haben. In den nächsten drei Jahrzehnten, so prognostizieren Branchenkenner, werden 3D-Drucker immer anspruchsvollere und komplexere Produkte zu immer niedrigeren Preisen ausdrucken können – was die Fertigung nahezu an die Null-Grenzkostenmarke heranbringen wird.
- III. Der Herstellungsprozess an sich ist vollkommen anders organisiert als die der Ersten und der Zweiten Industriellen Revolution. Die traditionelle Fabrikation ist ein subtraktiver Prozess. Rohmaterialien werden getrennt, geschieden, portioniert und schließlich zum Endprodukt zusammengesetzt. Bei diesem Prozess kommt es zu einer erheblichen Materialverschwendung, da längst nicht alles Material Verwendung im Endprodukt findet. Beim dreidimensionalen Drucken handelt es sich dagegen um additive Fertigung, die dem Wachstumsprozess in der Natur ähnelt. Sie benötigt nur ein Zehntel des Materials der subtraktiven Fertigung, was dem 3D-Drucker zu einem gewaltigen Vorteil an Effizienz und Produktivität verhilft.
- IV. 3D-Drucker können auch ihre eigenen Ersatzteile drucken, ohne dass man in eine teure Runderneuerung investieren muss – ganz zu schweigen von der damit verbundenen Zeit. Außerdem lassen sich mit 3D-Druckern Produkte für Einzelanfertigungen oder kleine Kontingente auf Bestellung maßschneidern, und das bei minimalen Kosten. Zentralisierte Fabriken mit ihren kapitalintensiven Skaleneffekten und mit hohen Fixkosten verbundenen, auf große Serien ausgerichteten Fertigungsstraßen fehlt es an der Flexibilität, um mit dem 3D-Prozess mithalten, der ein einziges Produkt zu praktisch denselben Stückkosten fertigen kann, die zu erreichen ein Großunternehmen eine Serie von 100.000 identischen Stücken braucht.
- V. Der 3D-Druck ist von vornherein auf nachhaltige Produktion ausgerichtet. Die Betonung liegt auf Haltbarkeit und Recyclbarkeit ebenso wie auf der Verwendung umweltfreundlicher Materialien.
- VI. 3-D-Drucker können, ganz dem Wesen des Internets der Dinge entsprechend, dezentral, kollaborativ und lateral skaliert eingesetzt, das heißt überall dort aufgestellt und angeschlossen werden, wo eine entsprechende technologische Infrastruktur zur Verfügung steht. So eingesetzt, arbeiten sie mit einer thermodynamischen Effizienz und einem Produktivitätszuwachs, die jene zentralisierter Fabriken weit übertreffen.
- VII. Auf lokaler Ebene führt der Anschluss an die IoT-Infrastruktur für den kleinen Erzeuger zu einem letzten kritischen Vorteil gegenüber den vertikal integrierten, zentralisierten Unternehmen: Er kann seine Fahrzeuge mit erneuerbarer Energie betreiben, deren Grenzkosten bei nahezu null liegen, und damit seine Logistikkosten über die ganze Wertschöpfungskette bis zur Auslieferung seiner Produkte an den Verbraucher erheblich reduzieren.



Die ultimative Reise

Ein in die Infrastruktur des Internets der Dinge eingebetteter 3D-Druckprozess bedeutet, dass praktisch jeder auf der ganzen Welt zum Hersteller werden kann, der mittels quelloffener Software seine eigenen Produkte produziert, entweder für den Eigenbedarf oder um sie zu vertreiben. Der Produktionsprozess selbst verbraucht nur ein Zehntel des Materials einer konventionellen Herstellung und bedarf bei der eigentlichen Fertigung des Produkts nur sehr wenig menschlicher Arbeitskraft. Die Energie, die bei der Produktion verbraucht wird, stammt aus erneuerbaren Ressourcen, die direkt vor Ort oder wenigstens lokal zu nahezu null Grenzkosten erzeugt werden. Und schließlich wird das Produkt auch noch in Elektrofahrzeugen geliefert, die mit lokal bei Grenzkosten nahe null aus erneuerbaren Ressourcen erzeugtem Strom fahren.

Die Möglichkeit, theoretisch an jedem beliebigen Ort physische Güter sowohl zu produzieren, zu vermarkten als auch zu verteilen, wird eine dramatische Wirkung auf die räumliche Organisation der Gesellschaft haben. Der dreidimensionale Druck ist lokal und global zugleich; er ist außerdem hochgradig mobil und erlaubt es den Herstellern, überall zu produzieren und rasch dorthin zu gehen, wo immer man sich in eine IoT-Infrastruktur einklinken kann. Zuhause und Arbeitsplatz werden nicht länger durch eine lange Pendlerfahrt getrennt sein. Es ist sogar vorstellbar, dass die heute überlasteten Straßensysteme weniger befahren sein werden und die Kosten für den Bau neuer Straßen zurückgehen.

Immer mehr Menschen werden Gegenstände zu Hause produzieren und dort verwenden. Denn neue Technologien im Informations-, Mikroelektronik- und Biotechnologie-Sektor ersetzen zunehmend menschliche Arbeitskräfte in der Industrie. Zur Entwicklung dieser neuen Technologien und Produkte werden jedoch weniger Arbeitskräfte benötigt, als durch ihren späteren Einsatz überflüssig werden. Vom Jobschwund durch Automatisierung, ebenso wie durch die Folgen des Corona-Shutdowns, sind nicht nur einfache Arbeitsvorgänge betroffen: Intelligente Maschinen ersetzen auch zunehmend Verstandesarbeit. Der 3D-Druck kann hier eine Lücke schließen.