

CHRIS ANDERSON

# Makers



**Das Internet der Dinge:  
die nächste industrielle  
Revolution**

HANSER

Chris Anderson

**Makers**



Chris Anderson

# Makers

Das Internet der Dinge:  
die nächste industrielle Revolution

Aus dem Amerikanischen von Sigrid Schmid

HANSER

Titel der Originalausgabe: *Makers. The New Industrial Revolution.*  
New York, Crown Business 2012



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten  
sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder von Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

1 2 3 4 5 17 16 15 14 13

© 2012 by Chris Anderson

Alle Rechte der deutschen Ausgabe:

© 2013 Carl Hanser Verlag München

Internet: <http://www.hanser-literaturverlage.de>

Lektorat: Martin Janik

Herstellung: Andrea Stolz

Umschlaggestaltung: Birgit Schweitzer, München,

unter Verwendung einer Illustration von Jochen Schievink

Icons auf Tastatur: © LaCatrina/JiSIGN/jazzia, fotolia.com

Satz: Kösel, Krugzell

Druck und Bindung: Friedrich Pustet, Regensburg

Printed in Germany

ISBN 978-3-446-43482-0

*Für Carlotta Anderson*



# INHALT

<b>TEIL EINS: DIE REVOLUTION</b> .....	<b>11</b>
<b>Kapitel 1: Die Revolution der Erfinder</b> .....	<b>13</b>
Die Geburt eines Makers .....	19
Zines, Sex Pistols und die Geburtsstunde des Indie .....	21
<b>Kapitel 2: Die neue industrielle Revolution</b> .....	<b>29</b>
Vereinigung der Maker .....	33
Richtige Länder stellen Dinge her .....	35
DIY-Herstellung .....	37
Die Neuerfindung der Sprinkleranlage .....	39
Weitere Entwicklungen .....	43
<b>Kapitel 3: Die Geschichte der Zukunft</b> .....	<b>45</b>
Was Revolutionen bewirken können .....	48
Die zweite industrielle Revolution .....	50
Die dritte industrielle Revolution? .....	52
Manchester, gestern und morgen .....	54
<b>Kapitel 4: Wir alle sind jetzt Designer</b> .....	<b>65</b>
Das Zauberwort »Desktop« verändert alles .....	68
Do-it-yourself-Design .....	71

<b>Kapitel 5: Der Long Tail der Dinge</b> .....	<b>73</b>
Störung nach Plan .....	75
Der industrielle Kunsthandwerker .....	79
Glückswirtschaft .....	83
Information enthalten .....	85
Remix der materiellen Welt .....	87
Small Batch .....	91
<b>TEIL ZWEI: DIE ZUKUNFT</b> .....	<b>93</b>
<b>Kapitel 6: Die Werkzeuge der Transformation</b> .....	<b>95</b>
Einfach nur XYZ .....	105
Der Homebrew Printing Club .....	108
Die Einstiegsdroge .....	112
Reality Capture .....	114
<b>Kapitel 7: Open Hardware</b> .....	<b>117</b>
Meine erste Manufaktur .....	121
Vom Maker zu Millionen .....	123
Gewinn zu machen ist nicht schwer .....	124
Die Vorteile von Open Design .....	126
Wie man eine Gemeinschaft aufbaut .....	130
Festungen ohne Mauern .....	132
Wie Sie Ihre »Piraten« dazu bringen, für Sie zu arbeiten ..	134
<b>Kapitel 8: Die Neuerfindung der größten aller Fabriken</b> ..	<b>139</b>
Die Leiden eines Erfinders im 20. Jahrhundert .....	140
Flash of Genius – die nächste Generation .....	143
Ein Wettbewerb für jede Radkappe .....	146
DIY der nächsten Generation .....	152
Detroit West (die Zweite) .....	156
<b>Kapitel 9: Die offene Organisation</b> .....	<b>165</b>
Ein höchst ungewöhnlicher CEO .....	168
Joy gewinnt: Das Modell der offenen Produktion .....	172
Die offene Versorgungskette .....	173

Können Maker Arbeitsplätze schaffen? ..... 176  
 Geografie als Kalkulationsfaktor ..... 180  
 Eine hochmoderne Fabrik ..... 182

**Kapitel 10: Die Finanzierung der Maker-Bewegung ..... 189**  
 Eine Subkultur des Risikokapitals ..... 192  
 Maker versus multinational ..... 194  
 Die Zukunft der Finanzierung? ..... 196  
 Soziales Kapital ..... 198  
 Die Bank wider Willen ..... 202  
 Stimmberechtigtes Kapital ..... 204  
 Industrialisiertes Handwerk ..... 207

**Kapitel 11: Maker-Firmen ..... 211**  
 Der ehrgeizige Hobbybastler ..... 212  
 Der Long Tail von Lego ..... 218  
 Die ultimative Kombination aus Atomen und Bits ..... 223

**Kapitel 12: Die Fabrik in der Cloud ..... 231**  
 Raketentechnik ..... 234  
 Sesam öffne dich ..... 237  
 Die Heimwerkerfabrik ..... 241

**Kapitel 13: Biologie für Heimwerker ..... 245**  
 Programmierbare Materie ..... 247  
 Maker und die DNA ..... 249

**EPILOG ..... 253**

**Kapitel 14: Die neue Gestalt der industriellen Welt ..... 255**

<b>ANHANG</b> .....	<b>261</b>
<b>Kapitel 15: Der Workshop für das 21. Jahrhundert</b> .....	<b>263</b>
Erste Schritte mit CAD .....	264
Erste Schritte mit 3-D-Druck .....	266
Erste Schritte mit 3-D-Scans .....	267
Erste Schritte mit Laserschnitt .....	268
Erste Schritte mit CNC-Maschinen .....	269
Erste Schritte mit Elektronik .....	270
<b>Dank</b> .....	<b>273</b>
<b>Anmerkungen</b> .....	<b>275</b>
<b>Register</b> .....	<b>279</b>

# TEIL EINS DIE REVOLUTION



# KAPITEL 1

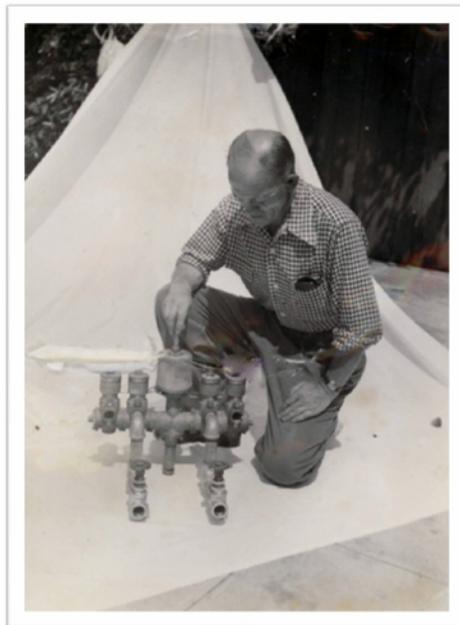
## DIE REVOLUTION DER ERFINDER

Fred Hauser, mein Großvater mütterlicherseits, wanderte im Jahr 1926 aus Bern in der Schweiz nach Los Angeles aus. Er war aber nicht nur Schweizer, sondern vor allem ein ausgebildeter Mechaniker, und da war es wohl unvermeidlich, dass auch ein Uhrmacher in ihm steckte. Zum Glück gab es zu jener Zeit in Hollywood für einen Feinmechaniker viel zu tun bei all den mechanischen Kameras, Projektionssystemen und der neuen Tontechnik mit Magnetbändern. Hauser fand einen Job in der Aufnahmetechnik der MGM-Studios, heiratete, wurde Vater einer Tochter (meine Mutter) und kaufte sich einen mediterranen Bungalow in einer Seitenstraße in Westwood, wo jedes Haus einen großen Rasen vor dem Haus und eine Garage dahinter hatte.

Aber Hauser war nicht nur ein technischer Angestellter. Nachts war er außerdem ein Erfinder. Er träumte von Maschinen, fertigte Entwürfe und technische Zeichnungen an und baute danach seine Prototypen. Er richtete sich in seiner Garage eine Werkstatt ein und stattete sie nach und nach mit den Werkzeugen aus, die er für seine Erfindungen brauchte: einem Standbohrer, einer Bandsäge, einer Stichsäge, einer Schleifmaschine und vor allem einer Drehmaschine zur Metallbearbeitung. Mithilfe einer solchen Drehmaschine und etwas Geschick kann jeder Stahl- oder Aluminiumblöcke in hochpräzise Maschinenteile verwandeln, egal ob Nockenwelle oder Ventil.

Anfangs hatten seine Erfindungen hauptsächlich mit seiner Arbeit zu tun, und er entwickelte verschiedene Bandlaufwerke. Mit der Zeit jedoch richtete er seine Aufmerksamkeit immer mehr auf den Rasen vor seinem Haus. Weil alle trotz der heißen kalifornischen Sonne unbedingt einen perfekt grünen Rasen vor dem Haus haben wollten, boomte das Geschäft mit Sprinkleranlagen. Die stolzen Hausbesitzer nutzten ihren neu gewonnenen Wohlstand, ließen ihre Gärten aufreißen und Bewässerungssysteme verlegen. Nach Feierabend drehten sie dann die Ventile auf und bewunderten die Wasserfontänen aus Versenkrengern, verstellbaren Düsen und Schwenkregnern, die ihre Rasen bewässerten. Eine beeindruckende Vorrichtung. Allerdings musste man immer selbst Hand anlegen, wenn auch nur, um das Wasser an- und wieder abzdrehen. Konnte man hier nicht auch ein Uhrwerk einbauen?

Hausers Antwort auf diese Frage war Patent Nummer 2311108 für den »sequenziellen Betrieb von Versorgungsventilen«, das er 1943 anmeldete. Konkret war damit ein automatisches Sprinklersystem gemeint, das im Wesentlichen aus einer elektrischen Uhr bestand, die das Wasser an- und abdrehte. Das Raffinierte daran war die Pro-



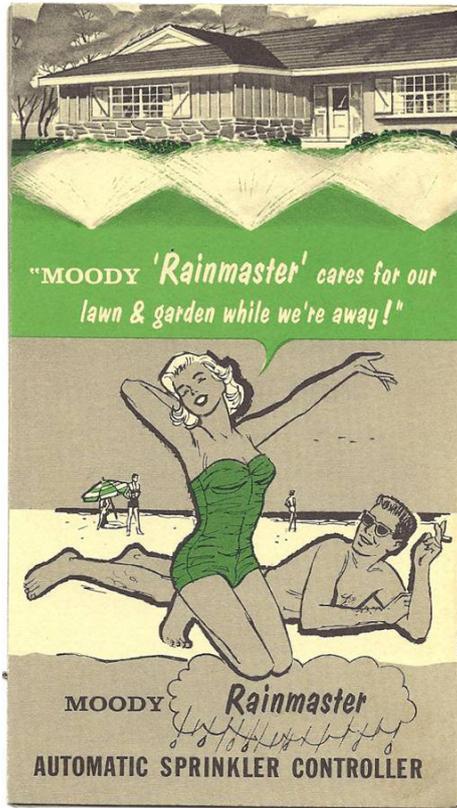
grammierung, die heute noch in ähnlicher Form für zeitgesteuerte Lampen und Thermostate verwendet wird: Im »Zifferblatt« der Uhr befand sich ein Ring aus Löchern, je eins alle fünf Minuten. Ein Stift, der durch eines der Löcher dringt, aktiviert einen Schalter, ein sogenanntes Relais, das ein Wasserventil öffnet oder schließt und so diesen Teil des Sprinklersystems kontrolliert. Über verschiedene Lochringe konnte man die einzelnen Teile des Bewässerungssystems steuern und alle Grünflächen rund ums Haus bewässern: vor dem Haus, hinter dem Haus, Innenhof und Auffahrt.

Hauser hatte den Prototyp gebaut und in seinem eigenen Garten getestet, bevor er den Patentantrag stellte. Noch während das Prüfverfahren lief, suchte er nach Möglichkeiten, seine Erfindung auf den Markt zu bringen. Und genau hier offenbarten sich die Grenzen des Industriemodells des 20. Jahrhunderts.

Es war damals schwer, nur mit einer Idee die Welt zu verändern. Man kann eine bessere Mausefalle erfinden, aber wenn man nicht Millionen davon herstellen kann, interessiert sich die Welt nicht dafür. Wie Marx bemerkte, hat derjenige die Macht, der die Produktionsmittel kontrolliert. Mein Großvater konnte das automatische Sprinklersystem zwar in seiner Werkstatt erfinden, aber er konnte dort keine Fabrik bauen. Um seine Erfindung auf den Markt zu bringen, musste er einen Fabrikanten dafür interessieren. Das ist schwierig, und der Erfinder muss dazu die Kontrolle über seine Erfindung abgeben. Der Besitzer der Produktionsmittel entscheidet, was produziert wird.

Doch mein Großvater hatte Glück. Südkalifornien war das Zentrum der neuen Bewässerungsindustrie für den Privatgebrauch, und eine Firma namens Moody erwarb schließlich eine Produktlizenz für das automatische Sprinklersystem. Im Jahr 1950 kam es als Moody Rainmaster auf den Markt, und die Firma warb mit den Wochenenden, die Hausbesitzer jetzt am Strand verbringen konnten, während sich ihr Garten zu Hause selbst bewässerte. Das System verkaufte sich gut und wurde mit jedem Nachfolgemodell immer ausgefeilter. Mein Großvater erhielt für alle Modelle Lizenzgebühren, bis in den 1970er-Jahren seine letzten Patente ausliefen.

Eine solche Erfolgsgeschichte erlebt von 1000 Erfindern nur einer. Die meisten schufteten in ihren Werkstätten und bringen ihre Produkte nie auf den Markt. Mein Großvater selbst besaß noch 26 wei-



tere Patente für andere Geräte, aber mit keiner anderen Erfindung hatte er Erfolg. Als er 1988 starb, hatte er insgesamt nur wenige Hunderttausend Dollar an Lizenzgebühren eingenommen. Ich erinnere mich an einen gemeinsamen Besuch bei dem Unternehmen, das Moody später aufkaufte, Hydro-Rain. Es war in den 1970er-Jahren, und ich war noch ein Kind. Er wollte mir das letzte Modell seines Sprinklersystems zeigen, das produziert wurde. Sie sprachen ihn mit »Mr. Hauser« an und behandelten ihn mit Respekt, aber offensichtlich hatten sie keine Ahnung, warum er da war. Sie hatten die Lizenz für seine Patente erworben und dann ihre eigenen leicht herstellbaren und profitablen Sprinklersysteme entwickelt, die den Käufer optisch ansprechen sollten. Diese neuen Systeme hatten mit Großvaters Prototypen nicht mehr Ähnlichkeit als diese mit seinen ersten Entwürfen.

So sollte es auch sein: Hydro-Rain war ein Unternehmen, das Produkte in hohen Stückzahlen für einen Wettbewerbsmarkt herstellte, der von Preis und Werbung bestimmt wurde. Hauser hingegen war ein kleiner, alter Einwanderer aus der Schweiz, dessen Erfindungspatente langsam ausliefen und der in einer umgebauten Garage arbeitete. Er gehörte nicht in die Fabrik und wurde dort nicht gebraucht. Ich erinnere mich daran, dass ein paar Hippies ihn auf dem Rückweg auf der Autobahn aus einem VW heraus beschimpften, weil er zu langsam fuhr. Ich war zwölf, und es war mir furchtbar peinlich. Mein Großvater war vielleicht ein Held des Kapitalismus des 20. Jahrhunderts, aber man merkte nichts davon. Er war nur ein Bastler, der in der wirklichen Welt verloren wirkte.

Dennoch ist Hausers Geschichte keine Tragödie; ganz im Gegenteil, sie war eine der wenigen Erfolgsgeschichten jener Zeit. Soweit ich mich erinnern kann, war mein Großvater glücklich und lebte für seine Begriffe im Luxus. Vielleicht hätte ich es aber auch nicht bemerkt, wenn es anders gewesen wäre, denn er war das lebende Klischee des Schweizer Ingenieurs, der sich mit einem Zeichenstift in der Hand sehr viel wohler fühlte als bei einem Gespräch. Wahrscheinlich wurde er für sein Patent angemessen entlohnt, auch wenn meine Stiefgroßmutter (meine Großmutter starb früh) die geringe Höhe der Zahlungen und seinen Mangel an Verhandlungsgeschick beklagte. Er war zweifellos ein hochbegabter Erfinder. Nach seinem Tod blätterte ich durch seine vielen Patentanmeldungen, darunter waren Patente für eine Zeitschaltung für einen Ofen und ein Aufnahmegerät ähnlich einem Diktafon. Dabei fiel mir auf, dass von seinen vielen Ideen nur die Sprinkleranlage es auf den Markt geschafft hatte.

Der Grund? Er war ein Erfinder, kein Unternehmer. Und von genau diesem Unterschied handelt dieses Buch.

Früher hatten Unternehmer es sehr schwer. Die großen Erfinder/Geschäftsmänner der industriellen Revolution, wie James Watt und Matthew Boulton, die durch ihre Dampfmaschinen zu Berühmtheit gelangten, waren nicht nur tüchtig, sondern auch privilegiert. Die meisten wurden in die herrschende Klasse hineingeboren, oder sie hatten das Glück, ein Mitglied der Elite zum Lehrmeister zu haben. Seit damals bedeutete Unternehmertum meistens, einen kleinen Gemüseladen oder einen anderen lokalen Einzelhandel zu eröffnen.

Ganz selten einmal wagte es jemand, eine waghalsige Idee in einer eigenen Firma umzusetzen und den totalen Ruin zu riskieren für eine kleine Chance auf Reichtum.

Das Web macht es den Unternehmern unvergleichlich einfach. Jeder kann mit einer Idee und einem Laptop die Grundlage für eine Firma legen, die die Welt verändert. Man denke nur an Mark Zuckerberg und Facebook oder Tausende andere Web-Start-ups, die Zuckerbergs Vorbild nacheifern. Natürlich kann man auch scheitern, aber die Folgen sind nur noch überzogene Kreditkarten und nicht mehr lebenslange Schande und Schuldturm.

Das Web hat die Mittel für Innovation *und* Produktion demokratisiert. Jede neue Dienstleistung kann mit Programmcode in ein Produkt umgewandelt werden. Heute braucht man dafür keine besonderen Programmierkenntnisse mehr, und was man wissen muss, kann man online lernen. Man braucht keine Patente mehr. Mit einem einzigen Tastendruck kann man sein Produkt an Milliarden potenzielle Kunden weltweit »ausliefern«.

Vielleicht werden viele Menschen darauf aufmerksam, vielleicht auch nicht. Vielleicht entsteht daraus ein Geschäftsmodell, vielleicht auch nicht. Vielleicht wartet ein Topf mit Gold am Ende dieses Regenbogens, vielleicht auch nicht. Entscheidend ist, dass der Weg vom »Erfinder« zum »Unternehmer« heute so kurz ist, dass er kaum noch existiert.

In Start-up-Fabriken wie Y Combinator werden inzwischen erst Unternehmer trainiert und dann Ideen in Form gebracht. Um in einen der »Gründerkurse« aufgenommen zu werden, reicht praktisch eine PowerPoint-Präsentation. Jeder Teilnehmer bekommt ein Budget, Whiteboards und einen Schreibtisch sowie die Aufgabe, sich innerhalb von drei Wochen etwas Finanzierungswürdiges zu überlegen. Die meisten schaffen es auch. Das spricht nicht nur für den Erfindergeist der Unternehmer, sondern zeigt auch, wie niedrig die Zugangsschranken zum Web sind. In den letzten sechs Jahren hat Y Combinator 300 solcher Start-ups finanziert, die Namen trugen wie Loopt, Wufoo, Xobni, Heroku, Heyzap und Bump. Einige dieser Firmen (darunter DropBox und Airbnb) sind inzwischen mehrere Milliarden Dollar wert. Mein Arbeitgeber, Condé Nast, hat eine von ihnen sogar gekauft: Reddit hat inzwischen über zwei Milliarden Seitenzugriffe pro Monat. Mittlerweile wird die Firma vom

dritten Team genialer Twens geleitet; für einige von ihnen ist es der erste Job überhaupt, und sie haben im Beruf nie etwas anderes kennengelernt als raketenartigen Erfolg.

All das geschieht in der Welt der Bits, den Grundbausteinen der digitalen Welt. Das Webzeitalter hat die Bits befreit: Sie werden billig erzeugt und sind billig zu bewegen. Die gewichtslose Wirtschaftlichkeit der Bits hat alles revolutioniert, von der Kultur bis zu den Wirtschaftswissenschaften. Diese Revolution wird das 21. Jahrhundert entscheidend prägen. Die Bits haben die Welt verändert. (Mehr zu diesem Thema sind in weiteren meiner Veröffentlichungen zu finden.)

Wir leben jedoch überwiegend in einer Welt der Atome, der realen Welt der Orte und Dinge. So groß die Informationsindustrie inzwischen auch sein mag, sie ist immer noch nur ein Nebenschauplatz der Weltwirtschaft. Geschätzte 20 Billionen Dollar Erträge erwirtschaften die Digitalwirtschaft und verwandte Bereiche nach Angaben von Citibank und Oxford Economics.<sup>1</sup> Die Wirtschaft jenseits des Webs bringt es nach derselben Schätzung auf etwa 130 Billionen Dollar. Mit anderen Worten: Die Welt der Atome ist immer noch fünfmal größer als die Welt der Bits.

Wir haben erlebt, wie die Demokratisierung von Innovationen im Web Unternehmertum und wirtschaftliches Wachstum beflügelt. Kaum vorzustellen, was eine ähnliche Entwicklung in der realen Welt der Dinge auslösen würde. Aber man muss es sich auch gar nicht vorstellen, weil es bereits geschieht. Davon handelt dieses Buch. Die Maker-Bewegung bringt heute schon Tausende Unternehmer hervor, die den Geist des »do it yourself« (DIY) industrialisieren. Meinen Großvater hätte das schöpferische Miteinander bei Open-Source- und anderen Online-Projekten wohl ziemlich verwirrt, aber die Maker-Bewegung hätte ihm bestimmt gefallen. Ich glaube, er wäre stolz gewesen.

## Die Geburt eines Makers

In den 1970er-Jahren verbrachte ich die glücklichsten Sommer meiner Kindheit bei meinem Großvater in Los Angeles. Er wohnte weit weg von meinem Zuhause an der Ostküste, und ich lernte in seiner



Werkstatt, mit meinen Händen zu arbeiten. In einem Frühjahr kündigte er an, wir würden einen Viertakt-Benzinmotor bauen, und er habe den Bausatz dafür bereits bestellt. Als ich in jenem Sommer in Los Angeles ankam, wartete die Kiste bereits auf mich. Ich hatte schon einige Modelle gebaut, und so öffnete ich die Kiste in der Erwartung, darin die üblichen durchnummerierten Einzelteile und Montageanleitungen zu finden. Stattdessen lagen darin nur drei Metallblöcke und der Rohguss eines Motorgehäuses. Und eine riesige Blaupause, ein einziges, dreimal gefaltetes Blatt.

»Wo sind die Teile?«, fragte ich. »Sie sind hier drin«, antwortete mein Großvater und zeigte auf den Metallblock. »Es ist unsere Aufgabe, sie rauszuholen.« Und genau das machten wir in jenem Sommer. Mit der Blaupause als Orientierung schnitten, bohrten, schlifften und drehselten wir an diesen Metallblöcken herum. Wir arbeiteten eine Kurbelwelle, Kolben, Lager und Ventile aus den massiven Messing- und Stahlblöcken heraus, wie ein Künstler eine Skulptur aus einem Marmorblock herausarbeitet. Die Stahlspäne häuften sich unter der Drehbank um meine Füße, und ich staunte, wozu Werkzeuge in geübten Händen fähig waren (die meines Groß-



vaters, nicht meine). Wir hatten aus einem Klumpen Metall eine Präzisionsmaschine hervorgezaubert. Wir waren eine Miniaturfabrik, und wir konnten alles herstellen.

Ich wurde älter und kehrte irgendwann nicht mehr in Großvaters Werkstatt zurück. Ich vergaß, wie faszinierend es war, Dinge selbst herzustellen. Schuld daran waren die Bildschirme. Ich gehöre zur ersten Generation, die mit einem eigenen Computer aufwuchs, und Computer begeisterten mich mehr als das Handwerk meines Großvaters. Ich lernte zu programmieren, und meine Schöpfungen bestanden aus Code statt Stahl. Neben der Macht, die ein Mikroprozessor eröffnete, wirkte die Bastelei in der Werkstatt unbedeutend.

## **Zines, Sex Pistols und die Geburtsstunde des Indie**

Mein zweites DIY-Erlebnis hatte ich erst mit über 20. In den frühen 1980er-Jahren lebte ich in Washington, D.C., damals ein Zentrum der amerikanischen Punkrock-Bewegung. Weiße Teenager aus den

Vororten gründeten Bands wie Minor Threat und Teen Idles und spielten in den Kellerräumen von Kirchen. Ich konnte kein Instrument spielen und hatte kaum Talent, aber ich ließ mich von der Begeisterung mitreißen und spielte in ein paar unbekannteren Szenebands mit.<sup>2</sup> Es war eine prägende Erfahrung.

Um bei einer Garagenrockband mitzuspielen, brauchte man nur eine elektrische Gitarre und einen Verstärker. Neu bei der Punkwelle der 1980er-Jahre war, dass die Bands nicht mehr nur auftraten; sie veröffentlichten auch. Fotokopierer waren gerade im Kommen, und durch sie entstand die »Zine«-Kultur der DIY-Magazine, die in Läden, bei Konzerten und per Post verteilt wurden. Mit billigen Vierspur-Aufnahmegeräten konnten die Bands ihre eigene Musik aufnehmen und abmischen, ganz ohne professionelles Tonstudio. Da es immer mehr kleine Vinylpresswerke gab, konnten Singles und EPs auch in niedriger Auflage hergestellt und dann per Versandhandel oder im örtlichen Einzelhandel verkauft werden.

Dies waren die Anfänge der DIY-Musikindustrie. Jetzt hatten auch Einzelne die Möglichkeiten, die zuvor nur den großen Musiklabels zur Verfügung standen: Aufnahme, Herstellung und Marketing von Musik. Schließlich gründeten einige Bands, unter der Führung von Minor Threat und später Fugazi, ihr eigenes kleines Indie-Label, Dischord, das im Lauf der Jahre Hunderte von Platten veröffentlichte und auch heute noch existiert. Die Bands mussten mit ihrer Musik keine Kompromisse eingehen, um sie veröffentlichen zu können, und es war egal, wie viele Platten sie verkauften oder wie oft sie im Radio gespielt wurden. Sie fanden ihre Fans auch so, oder besser gesagt: Die Fans fanden sie über Mundpropaganda, und die kleinen Labels bekamen haufenweise Postkarten mit Bestellungen von Platten, die es in kaum einem Plattenladen gab. Der niedrige Bekanntheitsgrad verlieh ihnen Glaubwürdigkeit und trug zum Aufstieg einer globalen Subkultur bei, die die moderne Webkultur prägt.

Von meinen Bands gab es alles, von fotokopierten Flyern über selbst gemachte Magazine und Vierspuraufnahmen bis zu Alben bei einem Indie-Label. Wir haben nie den großen Durchbruch geschafft, aber darauf kam es uns auch gar nicht an. Wir hatten alle noch reguläre Jobs, aber wir machten gleichzeitig etwas, das wir für wirklich neuartig hielten. Es kamen immer Leute zu unseren Auftritten, und wir tourten sogar durch New York und andere Städte, die ihre eige-

nen Indie-Szenen hatten. Aus diesen Anfängen entstand der heutige alternative Rock.

Mit Mitte 20 war mir klar, dass meine Talente woanders lagen, und ich gab die Musik auf. Ich ging wieder aufs College und entschied mich, teilweise als Wiedergutmachung für die verlorene Zeit, für das schwerste Hauptfach, das ich finden konnte: Physik. Ich war zwar nicht wirklich gut darin, aber ich erlebte dadurch die ersten Anfänge des Internets, das bekanntermaßen entwickelt wurde, damit Forscher in akademischen Laboren sich miteinander austauschen konnten. Dies war vor allem für Physik Institute nützlich, deren teure Ausrüstung von Forschern aus der ganzen Welt genutzt wurde.

Nach meinem Abschluss arbeitete ich einen Sommer lang in irgendeinem Physiklabor, bevor ich für die wissenschaftlichen Fachzeitschriften *Nature* und *Science* zu schreiben begann, die noch zur akademischen Welt gehörten und das frühe Internet nutzten. Damit begann meine dritte DIY-Erfahrung: das Web. Es wurde im Jahr 1990 bei CERN entwickelt, einem Schweizer Physiklabor. Ein Blick auf die ersten Websites, nur wenige Monate, nachdem sie in Betrieb gegangen waren, genügte, um mir klarzumachen, welch unglaubliches Glück ich hatte, zur rechten Zeit am rechten Ort zu sein. Ich erlebte die Geburt eines neuen Mediums, an dem ich nicht nur teilnehmen, sondern das ich auch fördern konnte.

Die digitale Revolution prägte meine berufliche Karriere, von meinem ersten Job in der Welt der Wissenschaft bis zu meiner Tätigkeit als Herausgeber von *Wired*. In der Punkbewegung mit ihrer DIY-Mentalität vereinnahmten die Menschen die Produktionsmittel und setzten sie für ihre Zwecke ein. Im Webzeitalter benutzten Menschen aus denselben Gründen zunächst Desktop-Publishing, dann Webseiten, Blogs und schließlich soziale Medien. Aus den Vinylplatten der Indie-Firmen wurden Musikvideos auf YouTube. Aus Vierspur-Aufnahmegeräten wurden ProTools und iPad-Musik-Apps. Aus den Garagenbands wurde das GarageBand-Programm von Apple.

Nach drei Jahrzehnten denke ich wieder an die Garage meines Großvaters zurück; nicht aus Nostalgie, und auch meine Meinung zur digitalen Revolution hat sich nicht geändert. Allerdings hat die digitale Revolution jetzt auch die Werkstätten erreicht, den Hort des

Materiellen, und dort wird sie wahrscheinlich zu den bisher größten Umwälzungen führen. Nicht nur die Werkstätten selbst werden sich verändern (und richtig cool werden), sondern vor allem wird sich verändern, was durchschnittliche Menschen mit außergewöhnlichen Werkzeugen in der physischen Welt erreichen können.

Wir alle sind Maker. Wir werden als Maker geboren. Schon kleine Kinder sind fasziniert vom Malen, von Bauklötzen, Lego oder vom Basteln, und viele von uns erhalten sich diese Vorlieben in unseren Hobbys und Leidenschaften. Das betrifft nicht nur Werkstätten, Garagen und andere männliche Rückzugsorte. Auch jemand, der leidenschaftlich kocht, ist ein Maker, mit dem Herd in der Küche als Werkbank, denn selbst gekocht schmeckt einfach besser. Jemand, der die Gartenarbeit liebt, ist ein Maker im Garten. Stricken, Nähen, Scrapbooking, Stickerei – jedes Mal wird etwas geschaffen, und wir werden zum Maker.

Diese Projekte stehen für die Ideen, Träume und Leidenschaften von Millionen Menschen. Die meisten schaffen es nie an die Öffentlichkeit, und das ist wahrscheinlich auch gut so. Aber eine der größten Neuerungen des Webzeitalters ist, dass es inzwischen der Normalfall ist, Dinge online mit anderen zu teilen. Man macht Videos von allem, was man tut. Und alle Videos werden online gestellt. Wenn man etwas online stellt, erzählt man allen Freunden davon. Projekte, die online vorgestellt werden, können andere Menschen inspirieren oder zur Mitarbeit bewegen. Einzelne Maker vernetzen sich so weltweit, und eine Bewegung entsteht. Millionen Bastler, die bisher allein vor sich hin gewerkelt haben, arbeiten jetzt plötzlich zusammen.

Ideen werden miteinander geteilt und werden so zu größeren Ideen. Aus miteinander geteilten Projekten werden ehrgeizige Gruppenprojekte, die ein Einzelner niemals in Angriff genommen hätte. Und aus diesen Projekten können Produkte entstehen, Bewegungen oder sogar ganze Industrien. Allein dass etwas »in der Öffentlichkeit geschaffen« wird, kann zum Motor für neue Innovationen werden, selbst wenn das gar nicht beabsichtigt war. Aber das ist nun einmal die Natur von Ideen: Sie verbreiten sich, wenn man sie teilt.

Im Web passiert das oft. Die ersten Vorreiter des Silicon Valley begannen in einer Garage und brauchten Jahrzehnte, um richtig groß zu werden. Heute werden Firmen in Studentenbuden ge-

gründet und sind groß, noch bevor ihre Gründer zu Ende studiert haben. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Computer verstärken das menschliche Potenzial. Mit Computern können Menschen nicht nur etwas erschaffen, sondern sie können ihre Ideen auch sofort mit anderen teilen, sie können Communitys, Märkte, sogar Bewegungen begründen.

Dasselbe geschieht nun auch auf der materiellen Ebene. Unsere Faszination mit Bildschirmen ändert nichts daran, dass wir nach wie vor in der realen Welt leben. Sie begegnet uns in den Nahrungsmitteln, die wir essen, unseren Wohnungen, Kleidern, Autos. Unsere Städte und Gärten sind real, unsere Büros und Hinterhöfe auch. Sie alle bestehen aus Atomen, nicht aus Bits.

Die Gegenüberstellung von »Atomen« und »Bits« geht auf die Arbeiten einiger Denker des MIT Media Lab zurück und dessen Gründer, Nicholas Negroponte. Heute sind die prominentesten Verfechter Neil Gershenfeld und das MIT Center for Bits and Atoms. »Atome« versus »Bits« steht für die Unterscheidung zwischen Software und Hardware oder auch für den Unterschied zwischen Informationstechnologie und allem anderen. Die Grenzen zwischen den beiden verschwimmen immer mehr, weil immer mehr Gegenstände elektronische Bauteile enthalten und mit anderen Gegenständen verbunden sind im sogenannten »Internet der Dinge«. Auch davon handelt dieses Buch. Vor allem aber handelt es davon, wie das Internet der Dinge die Industrie verändern wird, den Motor der Weltwirtschaft.

Die Vorstellung von der Fabrik im herkömmlichen Sinn verändert sich. So wie das Web die Welt der Bits für Entwickler demokratisiert hat, wird eine neue Klasse von »Rapid Prototyping«-Technologien, von 3-D-Druckern bis Lasercutter, die Welt der Atome demokratisieren. Die erstaunlichen Entwicklungen der letzten beiden Jahrzehnte waren nur der Anfang.

Wäre Fred Hauser im Jahr 1998 geboren statt 1898, hätte er immer noch eine Werkstatt gehabt und dort mit der Physik und seinen vielen Ideen herumexperimentiert. Die einzige Veränderung in seiner umgebauten Garage wäre ein Computer mit Internetanschluss. Aber welch eine Veränderung!

Statt allein seiner Leidenschaft nachzugehen, wäre er wahrscheinlich Teil einer Gemeinschaft Gleichgesinnter aus aller Welt gewesen.

Statt jedes Mal bei null anzufangen, hätte er auf den Arbeiten anderer aufgebaut. Er hätte die Arbeit von Jahrzehnten in wenigen Monaten geschafft. Statt Patente anzumelden, hätte er seine Entwürfe online veröffentlicht, wie andere Mitglieder seiner Community.

Hauser hätte mit seinen Ideen auch nicht bei Fabrikanten hausieren gehen müssen, wenn er größere Stückzahlen herstellen wollte, sondern er hätte es einfach selbst gemacht. Heutzutage könnte er einfach die Dateien mit seinen Entwürfen bei einer Firma hochladen, die zehn oder 10 000 Stück von allem für ihn herstellt, und die Produkte auch noch direkt an seine Kunden verschickt. Da seine Entwürfe in digitaler Form vorliegen, können sie mit automatisierten Werkzeugen hergestellt werden, was seine Werkzeugkosten um gut 90 Prozent senkt. Er würde sich eine eigene E-Commerce-Webseite einrichten und sich so die Suche nach einem Zwischenhändler sparen. Seine Kunden fänden ihn über eine Google-Suche und nicht durch Verkäufer.

Er wäre damit ein Unternehmer gewesen, nicht nur Erfinder. Und genau das ist das Thema dieses Buches. In den vergangenen beiden Jahrzehnten sind Innovation und Unternehmertum geradezu explodiert. Jetzt ist es an der Zeit, diese Entwicklung auch in der realen Welt umzusetzen, mit sehr viel weitreichenderen Konsequenzen.

Wir brauchen das. Amerika und der Westen generell stecken mitten in einer Jobkrise. Das Wirtschaftswachstum, das die Industrieländer noch generieren können, entsteht größtenteils durch Steigerungen der Produktivität, durch mehr Leistung pro Arbeitskraft. Das ist großartig, bedeutet aber aus wirtschaftlicher Sicht gleichzeitig, wenn man dieselbe oder sogar mehr Arbeit mit weniger Mitarbeitern erledigen kann, sollte man das dann auch tun. Die meisten Firmen erholen sich nach einer Rezession wieder, aber jetzt hinkt der Arbeitsmarkt der wirtschaftlichen Erholung hinterher. Die Produktivität steigt, aber Millionen von Menschen bleiben arbeitslos.

Ein Grund hierfür ist, dass der Sekundärsektor, der große Jobmotor des 20. Jahrhunderts, der ganzen Generationen den Weg in den Mittelstand ermöglichte, im Westen keine neuen Arbeitsplätze mehr schafft. In den Vereinigten Staaten, Deutschland und anderen Ländern steigt die Betriebsleistung der Fabriken zwar weiter an, aber es gab im Verhältnis zur arbeitenden Bevölkerung insgesamt noch nie

so wenige Fabrikarbeiter wie heute. Schuld daran ist zum Teil die Automatisierung und zum Teil der globale Wettbewerb, der kleinere Fabriken verdrängt.

Die Automatisierung ist aus den reichen Ländern nicht mehr wegzudenken, denn ohne sie wäre eine Massenproduktion dort nicht mehr möglich (siehe Kapitel 9). Was sich dagegen ändern kann, ist die Rolle der kleineren Firmen im Sekundärsektor. So wie Start-ups für einen Innovationsschub in der Technologiebranche gesorgt haben und der Untergrund neue Kulturen hervorbringt, so kann die Energie und Kreativität von Unternehmern und einzelnen Erfindern die Produktion neu erfinden und dadurch neue Arbeitsplätze schaffen.

Der Mittelstand hat in Amerika schon immer für die meisten neuen Jobs gesorgt. Allerdings gibt es im Mittelstand zu wenig echte Innovation und zu viel lokales Gewerbe – chemische Reinigungen, Pizza-Lieferdienste, kleine Obst- und Gemüseläden – mit nur wenig Wachstumspotenzial. Die Maker-Bewegung eröffnet die Möglichkeit, klein *und* global zu sein, handwerklich und innovativ, Hightech mit niedrigen Kosten, klein anzufangen und groß zu werden. Vor allem aber bietet sich damit die Möglichkeit, Produkte herzustellen, die die Welt braucht, ohne es zu wissen, weil sie nicht ins Schema althergebrachter Massenproduktion passen.

Cory Doctorow zeichnete dieses Bild vor ein paar Jahren in seinem Science-Fiction-Roman *Makers*.<sup>3</sup> Dieses Buch war für mich und zahllose andere Mitglieder der Bewegung eine große Inspiration.

*»Die Tage von Firmen mit Namen wie ›General Electric‹ und ›General Mills‹ und ›General Motors‹ sind vorbei. Das verfügbare Geld treibt im Markt wie Krill: Milliarden kleiner Gelegenheiten, die darauf warten, von cleveren, kreativen Unternehmern entdeckt und genutzt zu werden.«*

Willkommen zur neuen industriellen Revolution.

## KAPITEL 2

### DIE NEUE INDUSTRIELLE REVOLUTION

---

Was geschieht, wenn die Webgeneration sich der realen Welt zuwendet.

---

Zwei Jahrzehnte Innovation lassen sich in zwei Sätzen zusammenfassen: In den vergangenen zehn Jahren ging es darum, neue Wege zu finden, wie man im Web gemeinsam erschaffen, erfinden und arbeiten konnte. In den nächsten zehn Jahren werden diese Erfahrungen auf die reale Welt angewendet werden.

Dieses Buch handelt von den nächsten zehn Jahren.

Das Web, so wundersam es sein mag, ist nichts im Vergleich zur realen Welt. Weder in ökonomischer Hinsicht (weniger als zehn Prozent des Handels werden online abgewickelt) noch im Hinblick auf die Bedeutung in unserem Leben. Die digitale Revolution fand nur auf den Bildschirmen statt. Natürlich lieben wir die Bildschirme unserer Laptops, Fernseher und Smartphones. Aber wir leben in Häusern, fahren Autos und arbeiten in Büros. Wir sind von greifbaren Dingen umgeben, von denen die meisten Produkte einer Industrie sind, die im vergangenen Jahrhundert in fast jeder Hinsicht revolutioniert wurde, mit einer Ausnahme: Im Gegensatz zum Web steht der Produktionssektor nicht allen offen. Produktion großer Stückzahlen erfordert Fachwissen, Ausrüstung und Kapital und blieb

daher die Domäne der großen Unternehmen und ausgebildeten Spezialisten.

Das wird sich in Kürze ändern.

Warum? Weil heutzutage immer mehr digital produziert wird: Physische Objekte entstehen zunächst als Entwürfe auf Bildschirmen, und diese Entwürfe können als Dateien online verbreitet werden. In Fabriken und den Büros der Industriedesigner waren die Auswirkungen in den letzten Jahrzehnten bereits zu spüren, aber jetzt kommt die Entwicklung auch auf den heimischen Computern der Verbraucher und in den Kellerräumen an. Bisher hatte die Umstellung auf Digitaltechnik für jede Industrie tief greifende Folgen, für den Einzelhandel genauso wie für das Verlagswesen. Die größten Veränderungen entstehen dabei nicht bei den Abläufen selbst, sondern dabei, *wer die jeweiligen Tätigkeiten ausführt*. Sobald etwas auf einem normalen Computer ausführbar ist, kann es jeder. Und genau das geschieht derzeit in der Fertigung.

Jede Erfindung und jeder gute Entwurf kann heute als Datei bei einem Dienstleister hochgeladen werden, der das Produkt in jeder gewünschten Stückzahl herstellt. Ein Erfinder kann mithilfe von immer leistungsfähigeren, digital gesteuerten Desktop-Werkzeugen, wie 3-D-Druckern, sein Produkt selbst herstellen. Aufstrebende Unternehmer und Erfinder sind nicht mehr auf das Wohlwollen großer Firmen angewiesen, um ihre Ideen umzusetzen.

Auf die Webgeneration übt dies eine Anziehungskraft aus, die die althergebrachte Tüftelei in der Werkstatt nicht hatte. Gleichzeitig sehnen sich die Digital Natives nach einem Leben jenseits der Bildschirme. Etwas, das zwar virtuell entsteht, aber in kürzester Zeit greifbar und im täglichen Leben einsetzbar wird, ist unvergleichlich befriedigender als ein reines Pixelgebilde. Die Suche nach der »Realität« endet mit der Herstellung realer Gegenstände.

Dies ist keine reine Spekulation oder Wunschdenken. Ähnlich der ursprünglichen industriellen Revolution nimmt eine neue Bewegung immer mehr an Fahrt auf, die nur noch mit den Anfängen des Webs selbst vergleichbar ist.

Heute gibt es weltweit knapp 1000 »Makerspaces«, gemeinsam genutzte Produktionsstätten, und es werden immer mehr. In Schanghai allein werden 100 neue gebaut.<sup>4</sup> Viele Makerspaces entstehen als örtliches Gemeinschaftsprojekt, aber es gibt auch eine Kette,

TechShop, mit Werkstätten, in denen man Mitglied werden kann wie in einem Fitnessklub. Geleitet wird TechShop von einem ehemaligen Manager der großen Copyshop-Kette Kinko's, der TechShop genauso bekannt machen will wie Kinko's. Der Aufstieg der Maker zeigt sich auch am Erfolg von Etsy, einem Internetmarktplatz für Maker. Im Jahr 2011 verkauften eine Million Anbieter auf der Website Produkte im Wert von über 0,5 Milliarden Dollar.<sup>5</sup> Oder an den 100 000 Besuchern der Bastlermesse Maker Faire in San Mateo jedes Jahr,<sup>6</sup> die dort ihre Arbeit miteinander teilen und von anderen Makern lernen, wie bei vielen anderen Bastlermessen weltweit auch. Die Regierung von Präsident Obama erkannte das Potenzial der Bewegung und brachte Anfang 2012 ein Programm<sup>7</sup> auf den Weg, um in den nächsten vier Jahren in 1000 amerikanischen Schulen Makerspaces einzurichten und mit digital gesteuerten Werkzeugen wie 3-D-Druckern und Lasercutter auszustatten. Damit kehrt der Werkunterricht an die Schulen zurück, in einer neuen, an das Webzeitalter angepassten Version. Doch jetzt werden keine Arbeiter mehr für schlecht bezahlte Jobs ausgebildet. Jetzt soll mit finanzieller Unterstützung der Regierung eine neue Generation von Systemdesignern und Produktentwicklern für die Industrie herangezogen werden.

Auch ein anderer Teil der Maker-Bewegung, die »Open Hardware«, ist auf dem Vormarsch und bewirkt bei materiellen Gütern das, was Open Source bei Software bewirkte. Das Linux-Betriebssystem, auf dem heute die meisten Websites laufen, und der Firefox-Webbrowser wurden von Programmierern als Gemeinschaftsprojekt online entwickelt, und genauso schließen sich heute Maker zusammen, um elektronische Bauteile, wissenschaftliche Geräte, Architekturwerkzeuge und sogar landwirtschaftliche Geräte zu entwickeln. Inzwischen gibt es Dutzende mehrere Millionen Dollar schwere Open-Hardware-Firmen (darunter meine eigene, 3D Robotics<sup>8</sup>), von denen einige, wie die Arduino-Entwicklungsplattform für Elektronik, schon über eine Million Einheiten verkauft haben. Auch Google hat sich der Bewegung angeschlossen und elektronische Open-Hardware-Bauteile veröffentlicht, die Verbindungen herstellen zu den Hunderten Millionen Handys und anderen Geräten, auf denen das Google-Betriebssystem Android läuft.

Die Faszination für digitale Prototyping-Werkzeuge und der Wunsch, das Online-Phänomen auf die reale Welt zu übertragen –

ursprünglich ein rein kultureller Wandel –, führt nun auch zu einem wirtschaftlichen Wandel. Durch die Maker-Bewegung verändert sich langsam das Gesicht der Industrie; der Unternehmerinstinkt erwacht und Hobbys werden zu kleinen Unternehmen.

Tausende Maker-Projekte wurden über »Crowdfunding«-Websites wie Kickstarter finanziert, wo allein im Jahr 2011 fast 12 000 erfolgreiche Projekte, von Design und Technik bis Kunst, knapp 100 Millionen Dollar erzielten.<sup>9</sup> Für 2012 werden wohl 300 Millionen Dollar erreicht werden.<sup>10</sup> Im Jahr 2011 investierten private Anleger jeweils zehn Millionen Dollar in Kickstarter, den Open-Hardware-Hersteller von 3-D-Druckern MakerBot und Shapeways, einen Dienstleister für 3-D-Druck, sowie weitere 23 Millionen Dollar bei Quirky, einem anderen Maker-Marktplatz.<sup>11</sup>

Einige große Produktentwickler und -designer konzentrieren sich inzwischen auf den aufstrebenden Maker-Markt. Industriegiganten wie Autodesk, PTC und 3D Systems haben frei verfügbare Software für Amateure und sogar Kinder veröffentlicht und bieten die Möglichkeit an, Entwürfe hochzuladen und einen 3-D-Druck oder Laserschnitt davon anfertigen zu lassen. IBM stieg eine Generation zuvor von Großrechnern auf PCs um, und genauso sehen auch diese Firmen ihre Zukunft bei den normalen Verbrauchern. Ihre Zielgruppe sind nicht mehr die Profis, sondern alle: Die Maker-Bewegung ist in der Industrie angekommen.

Die Bewegung ist noch jung, gerade einmal sieben Jahre alt, aber ihre Entwicklung verläuft so schnell wie die des PCs in den Anfangsjahren. Damals, im Jahr 1975, bauten Bastler des Homebrew Computer Club in einer Garage den Apple II zusammen, den ersten Desktop-Computer für Verbraucher, der eine völlig neue Branche begründete.

Die Anfänge der Maker-Bewegung lassen sich entsprechend datieren auf den Start der Zeitschrift *Make* im Jahr 2005 bei O'Reilly, dem legendären Verlag für Computerbücher, und die ersten Maker-Messen im Silicon Valley. Ein weiterer Meilenstein war die Markteinführung von RepRap, dem ersten Open-Source-3-D-Desktop-Drucker im Jahr 2007. Auf RepRap folgte MakerBot, der benutzerfreundliche 3-D-Drucker, der einer Generation von Makern einen atemberaubenden Blick in die Zukunft erlaubte, so wie es die ersten Personal Computer 30 Jahre zuvor getan hatten.

## Vereinigung der Maker

Der Begriff »Maker-Bewegung« beschreibt eine große Bandbreite verschiedener Tätigkeiten, vom traditionellen Handwerk bis zur Hightech-Elektronik. Viele dieser Tätigkeiten gibt es schon sehr lange. Aber die Makers, von denen in diesem Buch die Rede ist, machen etwas völlig Neues. Zunächst einmal benutzen sie computergesteuerte Werkzeuge, sie entwerfen am Bildschirm und sie nutzen zunehmend Desktop-Werkzeuge für die Fertigung. Sie gehören außerdem zur Webgeneration und teilen ihre Entwürfe automatisch online. Sie kombinieren die Kultur des Webs mit dem Herstellungsprozess und schaffen etwas, das die DIY-Bewegung in dieser Größenordnung nie zuvor hervorgebracht hat.

Das Web hat gezeigt, wie machtvoll »Netzwerkeffekte« sind: Wenn man Menschen und Ideen miteinander verbindet, entwickeln sie sich weiter. Es handelt sich dabei um einen sich selbst verstärkenden Effekt: Mehr Teilnehmer erzeugen mehr Wert, der wiederum mehr Teilnehmer anzieht und so weiter. Dieser Effekt ist verantwortlich für den Aufstieg von Facebook, Twitter und praktisch jeder anderen im Netz erfolgreichen Firma. Die Makers tragen die DIY-Bewegung ins Internet, in die Öffentlichkeit, und lösen so riesige Netzwerkeffekte aus.

Drei Merkmale sind besonders kennzeichnend für die Maker-Bewegung, und alle drei haben das Potenzial, große Veränderungen zu bewirken:

1. Menschen, die mithilfe digitaler Desktop-Werkzeuge neue Produkte entwerfen und Prototypen herstellen (»digitales DIY«).
2. Eine kulturelle Norm, nach der diese Entwürfe in Online-Communitys miteinander geteilt werden und gemeinsam mit anderen daran gearbeitet wird.
3. Die Verwendung einheitlicher Dateistandards für Entwürfe. Dadurch kann jeder seine am heimischen Bildschirm erstellten Entwürfe an einen kommerziellen Dienstleister schicken, der dann beliebige Stückzahlen des Produkts herstellt. Das verkürzt den Weg von der Idee zum Unternehmertum drastisch, eine Entwicklung, die das Web bereits für Software, Information und Inhalt vorweggenommen hat.

Bastler und Erfinder hat es in allen Ländern schon immer gegeben. Mit Einführung der Computertechnik haben sich die Möglichkeiten dieser Bastler und Erfinder, ihre Ideen und Erfindungen umzusetzen und zu verkaufen, grundlegend verändert. Werkstätten der Welt, vereinigt euch!

Die Maker-Bewegung ist heute auf dem Stand, den Personal Computer 1985 erreicht hatten: Ein Phänomen, das in der Garage begann, stellt die herrschende Ordnung von unten her infrage. Wie damals regte die plötzliche freie Verfügbarkeit industrieller Technologie die Fantasie der Menschen an und ließ einige (wie mich) tief greifende Veränderungen für die Zukunft vorhersehen. Die Anführer der Maker-Bewegung werden von derselben Leidenschaft angetrieben wie Steve Jobs, für den Personal Computer nicht nur eine Grundlage für ein eigenes Unternehmen darstellten, sondern etwas, das die Welt verändern würde.

Und er sollte recht behalten.

Jobs war selbst in einem Maker-Umfeld aufgewachsen, das ihn prägte. In *Wired*<sup>12</sup> schrieb Steven Levy über diesen Zusammenhang, der 1977 zum Bau des allerersten Apple II führte:

*»Sein Dad, Paul, war ein Mechaniker ohne Highschool-Abschluss. Er hatte einen Bereich seiner Werkbank für Steve reserviert und brachte ihm bei, wie man Dinge baut, auseinandernimmt und wieder zusammensetzt. Von Nachbarn, die bei der Elektronikfirma im Tal arbeiteten, lernte er viel über Elektronik. Er begriff, dass Dinge wie Fernseher nicht einfach durch Zauberei in die Häuser gelangen, sondern dass sie von Menschen in harter Arbeit entworfen und hergestellt werden. »Es gab mir enormes Selbstvertrauen, dass ich durch Nachforschen und Lernen scheinbar komplizierte Dinge in meiner Umgebung verstehen konnte«, erzählte er in einem Interview.«*

Als Jobs und Apple-Mitgründer Steve Wozniak später Mitglieder des Homebrew Computer Club wurden, erkannten sie das Potenzial von Desktop-Werkzeugen – in diesem Fall Personal Computer –, nicht nur das Leben der Menschen zu verändern, sondern die ganze Welt.

Zu dieser Sichtweise wurden sie inspiriert von Stewart Brand, einem Kind der psychedelischen Kultur der 1960er-Jahre. Er warb

gemeinsam mit den frühen Visionären des Silicon Valley für Technologie als Form der »Befreiungsbewegung durch Computer«, die sowohl die Gedanken als auch die Talente der Menschen auf eine Weise befreien konnte, wie Drogen es nie geschafft hatten.

Walter Isaacson beschreibt in seiner Biografie von Steve Jobs die Rolle, die Brand bei der Entstehung der Maker-Bewegung spielte:

*»Brand betrieb The Whole Earth Truck Store, anfangs ein mobiler Wagen, von dem aus er coole Geräte und Lehrmaterialien verkaufte. 1968 beschloss er, sein Geschäft durch The Whole Earth Catalog auszubauen. Auf dem ersten Cover dieses Katalogs war das berühmte Bild der aus dem Weltraum aufgenommenen Erde abgebildet. Die Bildunterschrift lautete: »access to tools« [etwa: »Zugang zu Werkzeugen«]. Die zugrunde liegende Philosophie besagte, dass die Technologie unser Freund sein könnte. Brand schrieb auf der ersten Seite dieser Ausgabe: »Ein Bereich intimer persönlicher Macht entfaltet sich – der Macht des Individuums, seine eigene Erziehung zu leiten, seine eigene Inspiration zu finden, seine eigene Umwelt zu formen und sein Abenteuer mit dem zu teilen, der interessiert ist. Werkzeuge, die diesen Vorgang unterstützen, werden vom The Whole Earth Catalog gesucht und gefördert.« Richard Buckminster Fuller schrieb dazu ein Gedicht: »I see God in the instruments and mechanisms that work reliably« [»Ich sehe Gott in den Instrumenten und Mechanismen, die zuverlässig funktionieren«].«<sup>13</sup>*

Der Homebrew Computer Club, in dem Jobs und Wozniak den ersten Apple-Computer entwickelten, war auf diesen Prinzipien begründet. Heute tragen Hunderte Makerspaces diese Ideen weiter, und das Ziel eines jeden ist es, mit den Mitteln des 21. Jahrhunderts dieselben revolutionären Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft zu bewirken.

## Richtige Länder stellen Dinge her

Jedes Land, das stark bleiben will, muss über eine eigene Industrie verfügen. Ein Viertel der aktuellen US-Wirtschaft besteht aus der Herstellung physischer Güter. Wenn man den Transport und den

Verkauf dieser Güter im Einzelhandel hinzurechnet, liegt der Anteil bei fast zwei Dritteln. Eine Dienstleistungsgesellschaft ist schön und gut, aber wenn man die verarbeitende Industrie eliminiert, erhält man ein Land von Bankern, Burgerbratern und Fremdenführern. Die Software- und Computerindustrie bekommt in der Presse die meiste Aufmerksamkeit, aber nur wenige Menschen arbeiten tatsächlich in der Branche.

Viele sprechen davon, dass wir »online leben«, doch im Alltag trifft das nicht zu. Unser Wirtschaftsleben findet überwiegend in der realen Welt statt mit Ziegeln und Mörtel, Lebensmitteln und Kleidung, Autos und Häusern, und das wird auch so bleiben, bis wir in einer fernen, fantastischen Zukunft nur noch als körperlose Gehirne in Lagertanks existieren. Bits sind aufregend, aber in der Wirtschaft insgesamt geht es nun einmal überwiegend um Atome.

Doch die Arbeitskosten machen es der produzierenden Industrie in den reichen Ländern des Westens immer schwerer. Wegen des Kostenvorteils vor allem in Asien werden viele Fabrikjobs in diese Niedriglohnländer verlagert, und die Beschäftigungszahlen in der Produktion, in absoluten Zahlen und als Anteil an der arbeitenden Bevölkerung, sind in den Vereinigten Staaten so niedrig wie seit einem Jahrhundert nicht mehr. Schlimmer noch, die Fabriken, die sich diesem Trend widersetzen, finden kaum noch qualifizierte Arbeiter, weil eine ganze Generation Fabrikarbeit nicht mehr als Karriereoption betrachtet. Die Industrie, die die Mittelschicht in Amerika hervorbrachte, scheint nun dem Untergang geweiht. (Das ist nicht der Fall, aber ohne einen Neuanfang besteht die Gefahr, dass aus dem Anschein Realität wird. Mehr dazu später.) Arbeit in der Fabrik gilt als langweilig, gefährlich und als berufliche Sackgasse.

Heute besteht die Möglichkeit, diese Entwicklung rückgängig zu machen, aber nicht indem man zu den riesigen Fabriken der Vergangenheit mit ihren Armeen von Arbeitern zurückkehrt. Die Industrie der Zukunft wird mehr wie das Web selbst aussehen: eine Graswurzelbewegung, breit gestreut und mit viel Unternehmergeist.

Das Klischee besagt, dass jeder mit einer passablen Softwareidee ein sagenhaft erfolgreiches Unternehmen im Web aufbauen kann. Im Web gibt es kaum Einstiegshürden für Jungunternehmer: Man

braucht nur einen Laptop und eine Kreditkarte, und schon ist man im Geschäft.

Im Sekundärsektor war das bisher völlig anders. Die Produktion von Gegenständen ist teuer: Für jeden Schritt werden Ausrüstung und Kenntnisse benötigt, von der eigentlichen Verarbeitung bis zum Lieferkettenmanagement. In der Regel sind erhebliche Anfangsinvestitionen notwendig, und Fehler führen zu Lagerhäusern voller unverkäuflicher Bestände. Online sind die Einstiegskosten relativ niedrig, und ein Misserfolg wird gefeiert, während in der Welt der Dinge ein Misserfolg in den Ruin führt. Atome wiegen schwer, und entsprechend schwerwiegend sind die Folgen eines Misserfolgs. Niemanden schert es, wenn eine Website aus dem Netz genommen wird. Wenn eine Fabrik geschlossen wird, verlieren viele Menschen ihre Arbeit, und der Eigentümer wird die Schulden manchmal ein Leben lang nicht mehr los.

Zumindest war es bisher so. Aber in den letzten Jahren ist etwas Bemerkenswertes geschehen: Der Herstellungsprozess von physischen Gegenständen hat sich immer mehr der Herstellung von digitalen Produkten angeglichen. Das Bild von wenigen, cleveren Leuten, die mit einem Internetanschluss und einer Idee die Welt verändern, beschreibt zunehmend auch den sekundären Wirtschaftssektor.

## DIY-Herstellung

Die industrielle Herstellung selbst ähnelt immer mehr dem Web, wird immer vernetzter, digitaler und offener. Die größten Fertigungslinien sprechen dieselbe Sprache wie MakerBot (»G-Code«), wodurch ein Wechsel vom einen zum anderen jederzeit möglich ist. Als Folge kann die globale Fertigungswirtschaft heute mit allen Stückzahlen arbeiten, von eins bis eine Million. Sonderanfertigungen und kleine Stückzahlen sind nicht nur möglich, sondern sie sind die Zukunft.

Bei Fotoverwaltungssoftware, Picasa oder iPhoto, die auf vielen PCs im Einsatz ist, wird das besonders deutlich. Dort kann man über ein Menü auswählen, ob man seine Fotos auf dem eigenen Drucker zu Hause ausdrucken oder sie an einen Dienstleister schicken

möchte, der sie professionell druckt oder sogar ein Fotoalbum daraus erstellt. Dieselbe Auswahlmöglichkeit bieten CAD-Tools, mit denen man 3-D-Objekte am eigenen PC-Bildschirm entwerfen kann. Sobald ein Entwurf im CAD-Programm fertig ist, kann man auswählen, ob das Objekt »lokal« gedruckt werden soll (als einzelner Prototyp aus dem eigenen 3-D-Drucker oder einem anderen entsprechenden Gerät) oder »global«, sodass der entworfene Gegenstand von einem Dienstleister in größeren Stückzahlen produziert wird. Der einzige Unterschied ist der Zwischenschritt über die Kreditkartenzahlung oder Rechnungsstellung, der anfällt, wenn ein Dienstleister beauftragt wird, wie es auch bei jedem Fotoservice der Fall ist.

Diese Entscheidungsmöglichkeit zwischen der »lokalen oder globalen« Produktion ist ein entscheidender Fortschritt. In dieser einfachen Menüoption stecken drei Jahrhunderte industrieller Revolution, die per Mausklick abrufbar sind. Karl Marx würden vor Staunen sicher die Worte fehlen. Die »Kontrolle über die Produktionsmittel« sieht heute so aus, dass jeder (jeder!) per Mausklick ganze Fabriken in Bewegung setzen kann. Der Unterschied zwischen einem Amateur und einem Unternehmer ist auf eine Programmooption reduziert. Der Schritt von der Einzelanfertigung zur Massenproduktion besteht heute nur noch aus einer Menüauswahl und der Frage, wie viel man bezahlen will (oder wie weit man seine Kreditkarte ausreizen will).

Im Freeware-CAD-Programm 123D von Autodesk wird das besonders deutlich. Dort gibt es einen Menüpunkt »Make«, der den Nutzer durch die Auswahl führt zwischen der Herstellung eines Prototyps am Schreibtisch oder der Beauftragung eines Dienstleisters. Mit der Zeit werden immer mehr CAD-Programme einen solchen »Assistenten« anbieten, der die Wahl erleichtert zwischen 2-D- oder 3-D-Ausgabe, zwischen verschiedenen Materialien je nach physikalischen Eigenschaften und Kosten, und der bei der Integration vorgefertigter Teile hilft, die der Dienstleister dann besorgt. Firmen wie Ponoko bieten solche Online-Dienste bereits an und stellen so über das Internet eine Verbindung zwischen Desktop-Tools und globalen Produktionskapazitäten her. Irgendwann wird man über den »Make«-Button im Programm alles herstellen können. Die Fachkenntnisse aus der Werkstatt werden in einem Softwarealgorithmus nachgebildet.

## Die Neuerfindung der Sprinkleranlage

Ich möchte noch einmal zurückkommen auf den automatischen Rasensprenger meines Großvaters und meine Gedankenexperimente darüber, wie anders seine Entwicklung heute ablaufen würde. Damals musste er ein Patent anmelden, eine Lizenz an einen Hersteller vergeben und verlor so die Kontrolle über seine Erfindung. Heute hätte er selbst für die Produktion sorgen können und wäre kein reiner Erfinder mehr gewesen, sondern Unternehmer.

Aber ich wollte mir nicht nur vorstellen, wie es gewesen wäre, sondern ich wollte es ausprobieren. Also beschloss ich, den automatischen Rasensprenger als moderne Maker-Ausführung neu zu erfinden.

Allerdings bin ich nicht der geborene Sprinklerunternehmer. Unser »Rasen« ist auch nur drei Meter lang und knapp über einen Meter breit (einer der Nachteile davon, wenn man in den Hügeln von Berkeley lebt). Zum Mähen brauchen wir nur eine Gartenschere, mich interessiert Gartenarbeit überhaupt nicht, und ich betrete den Rasen auch nur einmal im Jahr, um dort für das alljährliche »Camping-Abenteuer« meiner Kinder ein kleines Zelt aufzubauen. Meine Frau ist der Gärtner der Familie, und was ihre Blumenbeete angeht, macht sie keine Kompromisse. Sie hat von Anfang an klargestellt, dass in ihrem Herrschaftsbereich keine Experimente mit einem Rasensprenger durchgeführt werden.

Aber die Idee meines Großvaters war nun einmal eine automatische Sprinkleranlage, und der Familientradition zuliebe musste es eben ein Rasensprenger sein. Also sprach ich mit Freunden, die einen richtigen Rasen mit Sprinkleranlage hatten, ging in Gartencenter und las Webseiten für Gärtner. Ich wollte ein Erfinder und Unternehmer für Rasenbewässerungsanlagen werden, aber welche Probleme erwarteten mich da?

Der beste Weg, um eine bestehende Branche neu zu erfinden, war es wahrscheinlich, sie für die Ideen anderer zu öffnen. Also stellte ich ein paar grundsätzliche Fragen auf, einen Satz Transformationswerkzeuge (der auf praktisch jedes Produkt angewendet werden kann):

1. Welche Vorteile hätte es, wenn diese Produkte mit dem Internet verbunden wären?
2. Welche Vorteile hätte es, wenn die Entwürfe frei zugänglich wären, wenn also jeder sie verändern und verbessern könnte?
3. Wie viel billiger wären die Produkte, wenn die Hersteller auf eine Bezahlung für ihr geistiges Eigentum verzichten würden?

Nach kurzer Zeit entschied ich, dass Rasensprenger deutlich verbessert werden konnten, so klug mein Großvater auch gewesen war und trotz der vielen Verbesserungen, die eine riesige Industrie im Laufe eines halben Jahrhunderts hervorgebracht hatte. Zunächst einmal waren alle Produkte auf dem Markt geschütztes Eigentum. Das bedeutete, dass man, selbst wenn sie an das Internet angeschlossen werden konnten (was nur bei wenigen der Fall war), eine Nutzungsgebühr bezahlen musste und auf die Möglichkeiten beschränkt war, die der Hersteller einräumte. Man konnte nur Sensoren desselben Herstellers anschließen und sie auch nur auf die Weise benutzen, die der Hersteller vorgesehen hatte. Und sie waren teuer: Eine Komplettinstallation konnte schnell Tausende von Dollars kosten, und man brauchte dafür in der Regel einen Fachberater.

Ich dachte mir einen deutlich verbesserten Rasensprenger aus – den OpenSprinkler.

Zunächst einmal sollte er per Telefon gesteuert werden können. Man ist im Urlaub und hat vergessen, den Rasensprenger einzustellen? Dafür gibt es eine App. Man ist bei der Arbeit und will die Feuchtigkeit im Erdbeereet an einem heißen Tag messen? Ein Blick aufs Handy genügt.

Wie wäre es mit einem Sprinklersystem, das weiß, wenn es am nächsten Tag regnet und heute nicht bewässert werden muss? Natürlich gibt es teure Markenprodukte zu kaufen, die das können, aber nur gegen eine zusätzliche Gebühr. Und wenn vor Ort bessere Wetterdaten verfügbar sind, als die Firma sie benutzt, hat man Pech, denn man muss die Firmendaten verwenden. Auch hier täten mehr Offenheit und Freiheit gut.

Man soll ein Handbuch lesen, nur um herauszufinden, wie man das komplizierte Bedienungs Menü der Sprinkleranlage benutzt? Bei OpenSprinkler kann man eine einfache Website einrichten mit einer einfachen grafischen Benutzeroberfläche. Und wem die Stan-

dard-Benutzeroberfläche nicht gefällt, kann aus Dutzenden anderen wählen, die Mitglieder einer Online-Community entwickeln und zur Verfügung stellen.

Das war es also, das Rezept für einen besseren Rasensprenger: offen, mit Internetanschluss und erschwinglich.

In der Vorstellung ist es ganz einfach, aber wie konnte man das umsetzen?

Meine Elektronikfirma basiert auf der Open-Source-Computing-Plattform Arduino, einem günstigen und benutzerfreundlichen Prozessor mit kostenloser Programmierumgebung. Damit kann jeder Sensoren und Schalter an ein Computerprogramm anbinden und so Programmierung und physikalische Elemente verbinden. Dies wird häufig als »Physical Computing« oder »Embedded Computing« bezeichnet. Beispiele hierfür finden sich überall. Fast jedes elektronische Gerät im Haushalt funktioniert auf diese Weise, vom Thermostat bis zum Wecker, Stereoanlagen, Mikrowellen und tragbare Audiogeräte. In Autos befinden sich Dutzende solcher eingebetteter Systeme. Nur sind diese Systeme alle in sich geschlossen und geschützt, während Arduino einfach benutzt und verändert werden kann. Ein Großteil des neu entstehenden »Internets der Dinge« besteht aus Geräten, die auf Arduino basieren und mit dem Web verbunden sind, von Kaffeemaschinen, die ihren Status twittern, bis zu Fütterungsmaschinen für Haustiere, die per Telefon von jedem Ort aus gesteuert werden können.

Weil ich mich sehr gut damit auskannte, beschloss ich, die Kontrolleinheit für den Rasensprenger mit Arduino zu bauen. Dadurch konnte ich auf die Erfahrungen der vielen Menschen zurückgreifen, die Arduino für alle möglichen Zwecke einsetzen, und die die meisten Probleme dabei, wie man ein solches Gerät an das Internet oder jeden vorstellbaren Sensor anschließt, bereits gelöst hatten. Ich benutzte Arduino, weil ich hoffte, dass so ein anderer einen Großteil der Arbeit bereits für mich getan hatte.

Nach kurzer Suche war klar, dass dem tatsächlich so war. Tatsächlich stieß ich auf eine aktive Subkultur um Arduino-Sprinkler. Zahllose Projekte beschäftigten sich mit kontrollierter Tröpfchenbewässerung, Überwachung der Bodenfeuchtigkeit und sogar damit, wie man Pflanzenbehälter mit der Sonne bewegen konnte. Hier trafen zwei Leidenschaften aufeinander: die Gärtnerei und

Computer. Daher waren es so viele. Ein Großteil der aktiven »Gärtner« arbeitete mit Hydrokulturen; sie pflanzten also wohl vor allem qualitativ hochwertigen Pot an. Dieser Markt wird von den Herstellern traditioneller Bewässerungsanlagen nicht berücksichtigt.

Trotz allem gab es immer noch Raum für Verbesserungen, und ich fand schnell Gleichgesinnte: Rui Wang, ein Professor an der Universität von Massachusetts, der herausgefunden hatte, wie man Arduino an ein günstiges, handelsübliches Wasserventil anschließen konnte. Und Andrew Frueh, der das anspruchsvolle GardenBot-Projekt angestoßen hatte. Wir mussten nur noch einen Weg finden, um die ganze computergesteuerte Gartentechnik mit dem Internet zu verbinden, und wir wären im Geschäft. Nach wenigen Monaten Bastelei hatten wir einen funktionsfähigen Prototyp. Er konnte sich mit dem Internet verbinden und damit auf jeden Wetterservice im Web zugreifen, und war drahtlos mit einer Kontrolleinheit für die Sprinkleranlage verbunden, über die beliebig viele Ventile und Sensoren gesteuert werden konnten.

Damit war die Erfindungsphase abgeschlossen. So viel hatte auch mein Großvater auf eigene Faust erreicht. Der nächste Schritt markiert den Unterschied zwischen damals und heute. Mein Großvater kam um eine Patentanmeldung für seine Erfindung nicht herum, ein teurer und zeitaufwendiger Vorgang mit vielen Anwälten und jeder Menge Schreibearbeit. Wir hingegen veröffentlichten einfach alles online unter einer Open-Source-Lizenz. Mein Großvater musste einen Hersteller finden, der eine Lizenz auf seine Patente erwarb und den Rasensprenger für ihn produzierte. Wir mussten unsere Entwürfe für die Elektronik nur an einen Hersteller schicken. Ich entschied mich für Advanced Circuits, mit denen ich schon früher einmal zusammengearbeitet hatte. Unseren CAD-Entwurf für das Gehäuse schickten wir an einen Dienstleister, der eine Spritzgussform herstellte, die wiederum an einen Spritzgussbetrieb geschickt wurde, der kleine Stückzahlen produzierte.

Wir hatten berechnet, dass eine OpenSprinkler-Kontrolleinheit, also ein einfach programmierbares, handyfreundliches Sprinklergehirn mit Internetanschluss, für 100 Dollar hergestellt und mit moderatem Gewinn verkauft werden konnte. Das war zwischen einem Drittel und einem Fünftel dessen, was entsprechende kom-

merzielle Sprinkleranlagen kosteten. Wenn Forschung und Entwicklung nichts kosten (dank der Open-Source-Gemeinde) und man sich für das geistige Eigentum nicht extra bezahlen lässt, ist es auch bei kleinen Stückzahlen einfach, jedes Markenprodukt zu unterbieten.

Am Ende war es sogar noch günstiger, und heute ist ein Open-Sprinkler-Set für 79,95 Dollar erhältlich. Rui Wang bezog die Platinen und andere wichtige Komponenten von kommerziellen Zulieferern und verkaufte die Produkte im eigenen Webshop. Insgesamt kostete uns die Markteinführung weniger als 5000 Dollar. Das bezahlt man zwar nicht aus der Portokasse, aber mein Großvater hat allein für seinen Patentanwalt mehr bezahlt. Die Firma, die schließlich sein Patent in Lizenz nahm, hat zweifellos das Hundertfache bezahlt, bevor auch nur ein Stück ausgeliefert war.

Für eine Unternehmensgründung ist es jedenfalls spottbillig. Man kann es mit Kreditkarte zahlen, ohne sein Limit zu überschreiten, und es ist ein Bruchteil dessen, was es früher kostete, einen produzierenden Betrieb einzurichten.

Auf jeden Fall werden in den nächsten Jahren weitere neue Anbieter von Open-Innovation-Sprinkleranlagen mit Internetanbindung auf den Markt drängen, und die Branche wird sich verändern. Vielleicht werden sie auf unsere Arbeit aufbauen, oder vielleicht haben sie selbst bessere Ideen. Fest steht nur, dass die wichtigen Neuerungen nicht von den etablierten Größen im Markt für Gartengeräte kommen werden. Sie werden von Start-up-Unternehmen kommen, die nach dem Internetmodell arbeiten. Im Gegensatz zu meinem Großvater hat heute jeder die Möglichkeit, zum Unternehmer zu werden.

## Weitere Entwicklungen

Falls Sprinkleranlagen Sie nicht interessieren, können Sie stattdessen jedes beliebige andere Produkt oder jede andere Branche einfügen. Während der letzten halben Stunde, als ich dies schrieb, erreichten mich über meinen Newsfeed Berichte über ähnliche internetbasierte Hardwareprojekte aus der Pferdehaltung (eine elektronische Anlage in Pferdeställen, die das Kommen und Gehen

der Tiere überwacht; anscheinend brauchen Pferdewirte so etwas), Temperaturregler für die Wohnung, Zentrifugen für Biologielabore und Wetterstationen. Auch große Unternehmen und Behörden wie die Forschungsgruppe des Pentagon DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) und General Electric nutzen Open Innovation für alle möglichen Entwicklungen, von kleinen Drohnen für die Armee bis zur intelligenten Steckdose für zu Hause.

Natürlich ist die neue industrielle Revolution nicht auf Open Innovation beschränkt. Die Entwicklung konventioneller Markenprodukte profitiert genauso von digitalen Prototyping-Werkzeugen, von 3-D-Druckern bis CNC-Routern (CNC: computerized numerical control). Diese neuen Möglichkeiten beschleunigen Innovationen in den größten Firmen der Welt, von der Innenausstattung der Autos bei Ford bis zu neuen Küchenartikeln von IKEA. Ich werde in diesem Buch noch zeigen, wie Mitarbeiter von Firmen wie General Electric Maker-artige gemeinschaftliche Innovationsmethoden einsetzen, um geschützte Markenprodukte zu entwickeln. Open Innovation muss also nicht unbedingt ganz offen sein. Mittelständische Betriebe in den Vereinigten Staaten und Europa nutzen digitale Produktionsverfahren, um extremen Arbeitsaufwand oder ruinöse Kosten für Ausstattung und Werkzeuge wegzurationalisieren, und werden so gegenüber den Niedriglohnländern wie China immer wettbewerbsfähiger.

Hinter alldem steckt dasselbe Prinzip: Menschen, die mit außergewöhnlichen Werkzeugen gemeinsam an einer Revolution des Sekundärsektors arbeiten. Die Industriestruktur des 21. Jahrhunderts wird eine gänzlich andere sein als im 20. Jahrhundert. Innovationen werden nicht mehr von den großen Firmen von oben aufgesetzt, sondern sie werden von unten kommen, von zahllosen Einzelpersonen, Amateuren, Unternehmern und Profis. In der Welt der Bits haben wir es bereits erlebt, wie aus vereinzelt Computerfreaks die Bürgerarmee des Internets wurde. Jetzt sind die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass es wieder funktionieren kann, in einem noch größeren, breiteren Ausmaß, in der Welt der Atome.

## KAPITEL 3

### DIE GESCHICHTE DER ZUKUNFT

---

Was in Manchester und in der englischen Heimindustrie geschah, hat die Welt verändert. Es könnte wieder geschehen.

---

Im Jahr 1766 war James Hargreaves, ein Weber aus Lancashire in England, zu Besuch bei einem Freund und sah dort ein Spinnrad zur Seite kippen und umfallen. Das Rad drehte sich weiter, und beim Anblick des Gerätes, das auch in dieser ungewöhnlichen Position weiter funktionierte, hatte Hargreaves eine Vision: mehrere nebeneinander aufgereihte Spindeln, die alle gleichzeitig aus Baumwollfasern Fäden spannen. Kaum war er wieder zu Hause, baute er eine solche Maschine aus Holzresten. Die einzelnen Spindeln waren über eine Reihe Riemen und Spulen miteinander verbunden. Viele Versionen später war schließlich die »Spinning Jenny« erfunden, ein pedalbetriebenes Gerät, mit dem man acht Fäden gleichzeitig spinnen konnte (*Jenny* war in Lancashire eine umgangssprachliche Bezeichnung für »Maschine«).

Die Maschine erhöhte die Arbeitsleistung eines Arbeiters zunächst um das Achtfache, weitere Steigerungen waren möglich. Und das war nur der Anfang.

Maschinen zur Textilherstellung waren nichts grundsätzlich Neues. Webstühle hatte es schon im antiken Ägypten gegeben, und in China gab es seit 1000 vor Christus Spinnmaschinen für Seide. Das handbetriebene Spinnrad verbreitete sich im elften Jahrhundert in China und der islamischen Welt, und das Fußpedal kam im 16. Jahrhundert auf. Wie Illustrationen in Märchenbüchern beweisen, waren Spinnräder weitverbreitet.

Aber die frühen Maschinen lösten keine industrielle Revolution aus, im Gegensatz zu Hargreaves' Erfindung, die es tat, zusammen mit der Dampfmaschine und den immer ausgereifteren mechanischen Webstühlen. Historiker diskutieren seit Jahrhunderten über das Warum, sind sich bei ein paar Ursachen jedoch einig. Erstens war Baumwolle, im Gegensatz zu Seide, Wolle und Hanf, für die viele der frühen Maschinen gebaut wurden, eine Ware für jedermann. Sie war die billigste Textilfaser der Welt und in großen Mengen verfügbar. Dies verstärkte sich noch, als die Briten den Rohstoff ballenweise aus allen Teilen ihres expandierenden Weltreiches nach Hause brachten, aus Indien, Ägypten und der Neuen Welt.

Zweitens war die Spinning Jenny mit ihrem Antrieb aus Riemen und Spulen dafür konstruiert, Antriebskraft von einem zentralen Punkt aus auf beliebig viele parallel arbeitende Vorrichtungen zu verteilen. Anfangs wurden die Maschinen mit menschlicher Muskelkraft betrieben, aber mit demselben Prinzip ließen sich auch deutlich stärkere Antriebskräfte nutzen – zunächst Wasser, später Dampf –, um immer mehr Spindeln anzutreiben. Die Vorrichtung war also erweiterbar und in der Lage, stärkere Energiequellen nutzbar zu machen als Arme und Beine.

Die Spinning Jenny erblickte außerdem zur richtigen Zeit am richtigen Ort das Licht der Welt. Großbritannien erlebte im 18. Jahrhundert eine Renaissance des Geistes. Neue Patentgesetze und -vorschriften schufen Anreize für Handwerker, nicht nur zu erfinden, sondern ihre Erfindungen auch öffentlich zu machen.

William Rosen beschrieb es 2010 in seinem Buch *The Most Powerful Idea in the World* so:

*»Die britische Vorstellung von Ideen als Eigentum war eine der folgenschwersten Konzepte der Geschichte. Gold, Land und jede andere herkömmliche Form von Eigentum sind von Natur aus stark begrenzt.*

*Potenziell verwertbare Ideen jedoch gibt es, wie sich herausstellte, in unbegrenzter Zahl. ...*

*Die industrielle Revolution war in erster Linie eine Revolution der Erfindungen. Es gab nicht nur sehr viel mehr neue Erfindungen, sondern der Erfindungsprozess selbst veränderte sich radikal.«<sup>14</sup>*

Im Juni 1770 reichte Hargreaves einen Patentantrag mit der Nummer 962 ein für eine Version der Spinning Jenny, die gleichzeitig 16 Fäden spann, streckte und verdrehte. Der Patentantrag konnte erst eingereicht werden, nachdem die ersten Prototypen bereits fertig waren. Dadurch nutzten andere die Maschine bereits, als der Patentantrag angenommen wurde, und das erschwerte es Hargreaves, seine Patentrechte durchzusetzen. Schlimmer noch, mit der Spinning Jenny machte er sich auch noch Feinde.

In Hargreaves' Heimatgrafschaft Lancashire hatten die Handwerker gilden die Produktion über Jahrhunderte hinweg kontrolliert. Man kann sich also vorstellen, wie begeistert die Handwerker dort von der magischen Produktivitätssteigerung durch die Spinning Jenny waren: Sie hassten sie. Als die Garnpreise fielen, formierte sich zunehmender Widerstand unter den Spinnern, und eines Tages drang ein Mob in Hargreaves' Haus ein und verbrannte 20 neue Maschinen. Hargreaves floh nach Nottingham, wo die boomende Wirkwarenindustrie nach immer mehr Baumwollgarn verlangte. Er starb wenige Jahre später, im Jahr 1778. Seine Erfindung hatte ihm etwas Geld eingebracht, aber reich wurde er nie.

Zur selben Zeit erklärten die amerikanischen Kolonien ihre Unabhängigkeit und dem Mutterland den Krieg. James Watt erfand 1776 die Dampfmaschine. Dass die beiden Ereignisse zeitlich mit der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung zusammenfielen, ist Zufall, dennoch besteht eine Verbindung zwischen ihnen. Es wurde immer schwieriger für Großbritannien, sein Kolonialreich allein durch Rohstoffgewinnung in den Kolonien zu finanzieren, die immer schwerer zu kontrollieren waren. Die Produktion im eigenen Land musste erhöht werden, denn dort war der politische und militärische Aufwand geringer. Mechanische Pflanz- und Erntewerkzeuge hatten die Erträge der britischen Landwirtschaft bereits stark erhöht. Die neuen Maschinen, mit denen landwirtschaftliche Erzeugnisse in Waren umgewandelt werden konnten, um sie dann

weltweit zu verkaufen, ermöglichten es dem Land, seine Weltmacht zukünftig auf Handel zu stützen statt auf Gewalt. Die größten Auswirkungen zeigten sich aber zunächst im eigenen Land, wo sich die Landschaft veränderte und der Lebensstandard von Millionen Briten stieg.

## Was Revolutionen bewirken können

Was genau ist eine »industrielle Revolution«? Über diese Frage diskutieren Historiker seit dem späten 18. Jahrhundert, als die erstaunlichen Veränderungen bei den Wachstumsraten erstmals auffielen. Der Boom von Industrie und Handel durch die ersten Fabriken hatte die Wirtschaft bereits merklich verändert, aber wie weitreichend die Auswirkungen tatsächlich waren, wurde erst später deutlich, weil es damals noch kaum Statistiken gab. Ab den 1790er-Jahren waren die Auswirkungen aber offensichtlich. Die Bevölkerungszahlen explodierten, und zum ersten Mal in der Geschichte erreichte der Wohlstand auch die Menschen, die nicht zum Land- oder Hochadel oder anderen Eliten gehörten.

Zwischen 1700 und 1850 verdreifachte sich die Bevölkerung Großbritanniens. Zwischen 1800 und 2000 stieg das durchschnittliche Pro-Kopf-Einkommen inflationsbereinigt um das *Zehnfache*. So etwas hatte es in der Geschichte der Menschheit noch nie gegeben. Dieser soziale Umbruch hing offensichtlich mit den Industrievierteln zusammen, die Englands schnell wachsende Städte zunehmend dominierten. Es dauerte allerdings noch eine Weile, bis man herausfand, warum die Mechanisierung zu Bevölkerungswachstum und den anderen Verbesserungen der Lebensqualität führte.

Natürlich lag es nicht nur an den Fabriken. Verbesserte Anbaumethoden und die Einzäunung der Weideflächen, die die »Tragik der Allmende« beendete, trugen einen großen Teil dazu bei. Dank der Entdeckung des Impfstoffs gegen Pocken und anderer medizinischer Fortschritte erreichten mehr Kinder das Erwachsenenalter. Den größten Beitrag jedoch leistete die Industrialisierung.

Fabriken gelten oft als »Satan's schwarze Mühlen«, wie der Dichter William Blake es ausdrückte, die die Arbeiter und das Land vergiften, dennoch verbesserte sich der Gesundheitszustand der Bevöl-

kerung durch die Industrialisierung. Die Menschen zogen aus ländlichen Gemeinden in die Industriestädte und damit von Hütten mit Lehmwänden in Häuser mit Ziegelmauern, die sie vor Feuchtigkeit und Krankheiten schützten. Durch billige Baumwollkleidung aus der Massenproduktion und hochwertige Seifen hatten jetzt auch arme Familien saubere Kleidung und bessere Hygienebedingungen, denn Baumwolle ließ sich leichter waschen und trocknen als Wolle. Zusätzlich erlaubten die höheren Einkommen eine gehaltvollere und abwechslungsreichere Ernährung, und in den Städten gab es zudem einen besseren Zugang zu Ärzten, Schulen und anderen Gemeinschaftsressourcen. Die positiven Lebensbedingungen in dieser Umgebung glichen alle negativen Folgen der Fabrikarbeit mehr als aus. (Die Arbeit in den Fabriken war natürlich hart, die Arbeitszeiten waren lang und die Arbeitsbedingungen schlecht. Aber Statistiken legen nahe, dass die Arbeit in der Landwirtschaft noch schlimmer war.)

Die Lebensbedingungen nach dieser Zeit unterscheiden sich erstaunlich stark von denen vorher. Wir gehen heute davon aus, dass alles immer weiter wächst und die Lebensbedingungen immer besser werden, aber diese Vorstellung ist tatsächlich nur wenige Hundert Jahre alt. Vorher war mehrere Tausend Jahre lang alles mehr oder weniger so geblieben, wie es war: ziemlich schlecht. Zwischen den Jahren 1200 und 1600 erhöhte sich die Lebenserwartung eines britischen Adligen (für die es die meisten Daten gibt) um nicht einmal ein Jahr.<sup>15</sup> Zwischen 1800 und heute dagegen hat sich die Lebenserwartung männlicher Weißer im Westen verdoppelt, von 38 auf 76 Jahre. Verantwortlich dafür ist vor allem der Rückgang der Kindersterblichkeit. Aber auch für diejenigen, die die Kindheit überlebten, erhöhte sich die Lebenserwartung in dieser Zeit um etwa 20 Jahre. Einen solchen Anstieg hatte es nie zuvor gegeben.

Die Gründe hierfür sind die vielfältigen Veränderungen, von einer Verbesserung der hygienischen Bedingungen und der medizinischen Versorgung bis zu Urbanisierung und Bildung. Generell kann man aber sagen, dass die Menschen gesünder wurden, als sie reicher wurden. Und sie wurden reicher, weil Maschinen ihre Arbeitsleistung erhöhten, vor allem in der Produktion. Natürlich haben Menschen seit Urzeiten Werkzeuge benutzt, und man könnte argumentieren, dass »Technologien« wie Feuer, der Pflug oder die Haltung

und gezielte Züchtung von Nutztieren genauso bedeutsam sind wie die Dampfmaschine. Aber diese landwirtschaftlichen Technologien ermöglichten es lediglich, mehr Menschen zu ernähren. Bei den Maschinen sah die Sache etwas anders aus, denn sie ermöglichten die Herstellung von Produkten, die den Lebensstandard erhöhten, von Kleidung bis Transportmitteln.

Diese Güter wurden weltweit nachgefragt, und sie förderten dadurch den Handel. Der Handel wiederum förderte den Wettbewerb, sodass einzelne Länder das herstellten, was sie am besten konnten, und den Rest importierten. Dadurch stieg die Produktivität insgesamt und sorgte für mehr Wachstum. Dem Aufstieg der Baumwollspinnereien in Manchester folgte schnell die ganze Weltwirtschaft.

## Die zweite industrielle Revolution

Der Begriff »industrielle Revolution« wurde im Jahr 1799 von Louis-Guillaume Otto geprägt, einem französischen Diplomaten. Er berichtete in einem Brief über entsprechende Vorgänge in Frankreich (Revolutionen waren damals groß in Mode).<sup>16</sup> Auch Friedrich Engels, dessen Kapitalismuskritik Mitte des 19. Jahrhunderts dem Marxismus den Weg bereitete, beschrieb den industriellen Wandel als »Revolution«. Endgültige Verbreitung erfuhr der Begriff im späten 19. Jahrhundert durch den britischen Wirtschaftshistoriker Arnold Toynbee, der eine Reihe berühmter Vorträge darüber hielt, warum diese industrielle Bewegung so große Auswirkungen auf die Weltwirtschaft hatte.

Grundsätzlich aber bezeichnet »industrielle Revolution« eine Reihe von Technologien, die die Produktivität der Menschen drastisch erhöhen und ebenso Einfluss auf die Lebensdauer und -qualität haben wie darauf, wo die Menschen leben und wie viele es von ihnen gibt.

Ein Beispiel: Um das Jahr 1850 kam zum Aufstieg der Fabriken (oder »Manufakturen«, wie sie ursprünglich hießen) eine Welle weiterer technologischer Neuerungen hinzu: die Entwicklung dampfbetriebener Schiffe und Eisenbahnen. Die Erfindung des Bessemer-Verfahrens für die Produktion von Stahl in großen Mengen in den

1860er-Jahren führte zur Massenproduktion von Metallwaren und schließlich zur Fließbandproduktion.

Viele Historiker bezeichnen diese nächste Transformationsphase des Sekundärsektors, die mit dem Aufstieg der chemischen Industrie, der Öltraffination sowie der Verbrennungsmotoren und Elektrizität zusammenfiel, als die »zweite industrielle Revolution«. Sie wird auf die Zeit von 1850 bis gegen Ende des Ersten Weltkriegs datiert. In diesem Zeitraum entwickelte auch Henry Ford die Fertigungslinie für sein Modell T. Neu daran waren die Lager mit austauschbaren Teilen und der Einsatz von Fließbändern, auf denen erstmals die einzelnen Stücke zur Produktion zu stationären Arbeitern transportiert wurden (die jeweils einen Arbeitsgang ausführten), während es vorher genau andersherum gewesen war.

In der vollständig industrialisierten Wirtschaft von heute vergisst man leicht, wie sehr die erste und die zweite industrielle Revolution die Gesellschaft verändert haben. In erster Linie denkt man dabei an die Produktivitätssteigerungen, aber mindestens genauso wichtig ist ihre Auswirkung auf das Leben der Menschen. Als aus den Jägern und Sammlern Bauern wurden, konnte ein einziger Mensch plötzlich viele andere Menschen ernähren. Die Menschen waren nicht mehr wie die Tiere ausschließlich damit beschäftigt, sich selbst und ihre Nachkommen zu ernähren. Jetzt konnte die Arbeit geteilt werden, und jeder tat das, was er am besten konnte. Dadurch standen Zeit und Energie für andere Dinge zur Verfügung, wie den Bau von Städten, die Erfindung des Geldes, um Lesen und Schreiben zu lernen und vieles mehr.

Die Spinning Jenny und ihre Verwandten führten zu einem Wendepunkt in der Geschichte der Menschheit, einer radikalen Veränderung des wirtschaftlichen Status quo. Seit dieser Zeit geht es bei der Menschheit weniger um Muskelkraft und mehr um Wissen. Unsere Gehirne wurden wertvoller als unsere Muskeln. Gleichzeitig wurden die Menschen reicher und gesünder, sie lebten länger und vermehrten sich explosionsartig. Revolutionen misst man am besten an dem Einfluss, den sie auf das Leben der Menschen haben, und in dieser Hinsicht ist die industrielle Revolution mit nichts anderem vergleichbar.

Der Wechsel von der Handarbeit zur maschinellen Arbeit setzte Arbeitskräfte für andere Aufgaben frei. Ein kleinerer Teil der Ge-

sellschaft wurde nun für die Produktion des Grundbedarfs an Nahrung, Kleidung und Behausung gebraucht, und so konnten mehr Menschen an dem arbeiten, das zwar nicht lebensnotwendig ist, aber unsere Kultur zunehmend bestimmt: Philosophie, Erfindungen, Bildung, Politik, Kunst und Kreativität. Sie schufen die moderne Welt.

Nach Ansicht des Autors Venkatesh Rao wirkte sich dies vor allem auf die Zeit aus. Durch Maschinen konnte schneller und damit mehr in weniger Zeit gearbeitet werden. Die eingesparte Zeit stand dann für anderes zur Verfügung, für Freizeit oder andere Arbeit. Die industrielle Revolution erschuf vor allem einen riesigen Überschuss an Zeit, die dann dazu genutzt wurde, um praktisch alles zu erfinden, das die moderne Welt ausmacht. Vor 400 Jahren arbeiteten fast alle Menschen daran, das Lebensnotwendige zu erzeugen: Nahrung, Kleidung, Unterkunft. Heute tun das nur noch die wenigsten. Rao schreibt:

*»Die Dampfkraft half dabei, neue Länder zu kolonisieren, vor allem aber begann mit ihr die Kolonisation der Zeit. Viele haben die Grundlagen des schumpeterianischen Wachstums [ein Verweis auf die Wachstumstheorien von Joseph Schumpeter, die auf Innovation und Unternehmertum beruhen] falsch verstanden und glauben, es würde von Ideen vorangetrieben, nicht von Zeit. Ideen können in Verbindung mit Energie Zeit gewinnen, die dann teilweise für die Entwicklung neuer Ideen genutzt werden kann, die noch mehr Zeit einsparen. Es handelt sich dabei um eine positive Rückkopplung.«<sup>17</sup>*

## Die dritte industrielle Revolution?

Es gibt Menschen, die das Informationszeitalter für eine dritte industrielle Revolution halten. Computer und Kommunikation »vervielfachen Kräfte« ebenfalls, sie haben auf Dienstleistungen den Effekt, den die Automatisierung auf die Industrie hatte. Sie verstärken weniger Muskelkräfte als Geisteskräfte. Auch durch sie wird die Produktivität in bestehenden Branchen gesteigert und werden sogar neue Branchen begründet. Die vorhandene Arbeit kann mit ihrer

Hilfe schneller erledigt werden, und wir können uns so neuen Arbeiten zuwenden.

Doch bei den ersten beiden industriellen Revolutionen mussten mehrere Technologien über viele Jahrzehnte hinweg zusammenspielen, um ihre volle Wirkung zu entfalten, und so reichte auch die Erfindung der Computertechnik allein nicht aus. Die ersten kommerziellen Großrechner ersetzten ein paar Arbeitskräfte in Buchhaltung und Statistik bei Unternehmen und Behörden; die ersten PCs von IBM übernahmen einen Teil der Büroarbeit. Nichts davon war weltbewegend.

Erst als Computer in Netzwerken zusammengeschlossen und schließlich mit der Mutter aller Netzwerke verbunden wurden, dem Internet, begannen sie, unsere Kultur wirklich zu transformieren. Durch Software haben sich die Dienstleistungen vielfältig verändert, aber die größte Auswirkung werden Computer erst in dem Bereich erzielen, den auch die ersten beiden industriellen Revolutionen transformierten: der Produktion greifbarer Gegenstände.

Der Anbruch des Informationszeitalters, das um 1950 begann, in den späten 1970er- und frühen 1980er-Jahren in die Phase der Personal Computer eintrat und in den 1990ern schließlich das Internet erreichte, war sicherlich eine Revolution. Aber es war keine *industrielle* Revolution, solange es keinen demokratisierenden und verstärkenden Effekt auf die *verarbeitende Industrie* hatte, und diese Entwicklung steht erst am Anfang. Als dritte industrielle Revolution ist am ehesten die Kombination aus computergesteuerter und manueller Produktion zu bezeichnen: die Industrialisierung der Maker-Bewegung.

Die Transformation der physischen Herstellung durch Computer macht existierende Produktionsabläufe nicht nur effizienter. Sie erweitert den Kreis potenzieller Produzenten erheblich: Zusätzlich zu den bisherigen Fabrikanten werden jetzt auch noch viele normale Menschen zu Unternehmern.

Das klingt vertraut, denn genau dasselbe ereignete sich im Web, das zunächst von Technologie- und Medienunternehmen erobert wurde, die es benutzten, um das, was sie taten, besser zu machen. Dann machten Fortschritte bei Hard- und Software das Web zugänglicher für normale Leute (es wurde »demokratisiert«), und die stürmten das Web mit ihren eigenen Ideen und Fähigkeiten und

ihrer Energie. Heute besteht das Web zum Großteil aus Kreationen von Amateuren, Halbprofis und Leuten, die nicht für große Technologie- oder Medienfirmen arbeiten.

Die »Weightless Economy« oder Wissensgesellschaft ist in aller Munde, also der Handel mit Information, Dienstleistungen und geistigem Eigentum statt greifbarer Güter (die Weightless Economy besteht aus allem, »bei dem man sich nicht den Fuß verletzt, wenn es drauffällt«). Doch so groß die Wirtschaft der Bits auch sein mag, der Handel mit immateriellen Informationen macht doch nur einen kleinen Teil der Gesamtwirtschaft aus. Daher hat alles, was den Produktionsprozess verändert, potenziell dramatische Auswirkungen auf die reale Wirtschaft. Genau das geschieht bei einer echten Revolution.

Am Beispiel Manchesters lässt sich zeigen, wie das in der realen Welt ablaufen könnte.

## **Manchester, gestern und morgen**

Die Stadt Manchester wurde geprägt von einem raschen Aufschwung vor langer Zeit und einem quälend langsamen Abstieg seither. Heute trifft man im Industriemuseum und der verfallenen Speicherstadt auf die verlorene Vergangenheit der Stadt: die Sehnsucht nach einer Vergangenheit, in der Manchester die größte Industriestadt der Welt war und die Kamine der größten Textilproduzenten der Welt das Stadtbild prägten. Jede Stadt wird von einer bestimmten Zeit geprägt, und in Manchester steht für diese Zeit die Architektur des teilweise restaurierten Northern Quarter, das immer noch von den Ziegelmauern der riesigen viktorianischen Warenhäuser und ehemaligen Fabrikgebäuden bestimmt wird.

Warum nahm die erste industrielle Revolution in Manchester ihren Anfang? Auch in anderen Städten und Regionen, wie Birmingham und mehreren Kleinstädten in Lancashire, gab es früh Fabriken. Doch bot Manchester einige wichtige Vorteile. Es gab dort viele freie Flächen und lockere Bauvorschriften, die es erlaubten, Fabriken und Häuser für Arbeiter zu bauen. In stärker bebauten Städten und Städten mit strengeren Vorschriften, wie Liverpool, wäre das schwieriger gewesen. Mehrere Flüsse und Bäche flossen durch Man-

chester, sodass die Energieversorgung der ersten mit Wasserkraft betriebenen Spinnereien gesichert war. Der größte Fluss der Stadt, der Mersey, mündet direkt in den Atlantik, sodass Rohstoffe relativ leicht in die Stadt und fertige Waren hinaus transportiert werden konnten. Die Stadt war außerdem gut an das frühe Eisenbahnnetz angebunden, über das Kohle von überall in England und Wales herangeschafft werden konnte.

Mitte des 19. Jahrhunderts erlebte Manchester seine höchste Blüte. In England selbst wurde kaum Baumwolle angebaut, dennoch bekam Manchester den Spitznamen »Cottonopolis«. Die Rohbaumwolle kam ballenweise per Schiff aus fernen Ländern und wurde in magischen Maschinen, die die Baumwolle kämmtten, webten und färbten, in Garn, Stoff und schließlich Kleidung verwandelt. Diese Waren wurden dann auf demselben Weg zu den Märkten überall auf der Welt verschifft. Es war ein kleiner Vorgeschmack der Zukunft: Durch globale Versorgungsketten, komparative Vorteile und Automatisierung wurde aus der vorher unscheinbaren Stadt das Zentrum des weltweiten Textilhandels.

Die neuen Produktionsanlagen waren zwar beeindruckend, aber das Versorgungsnetzwerk, das sie belieferte, spielte eine ebenso große Rolle. Größere und effizientere Fabriken benötigten mehr und billigere Rohstoffe, nicht nur Baumwolle aus Ägypten und vom amerikanischen Kontinent, sondern auch Färbstoffe und Seide aus Asien und schließlich Bodenschätze wie Eisenerz und Kohle. Daher sorgte die Dampfmaschine nicht nur in den Fabriken für große Veränderungen, sondern war ebenso für den Aufstieg der Dampflokomotive und den Ersatz von Segelschiffen durch Dampfschiffe verantwortlich. Jeder Teil der Versorgungskette musste effizienter werden, damit die maschinelle Produktion ihre volle Wirkung entfalten konnte.

Die Kanäle von Manchester waren während ihrer Hochblüte die Kommunikationskanäle der ersten industriellen Revolution. Eine effiziente Produktion allein war nicht genug; die Produkte mussten auch effizient verteilt werden. Aus kleineren Kanalprojekten entstand im Jahr 1884 der Manchester Ship Canal, über den Hochseefrachter direkt den Hafen von Manchester anfahren konnten, 40 Meilen von der Küste entfernt. Es war die perfekte Kombination: eine Stadt im Inland mit Raum für industrielle Expansion, die dank

des großen Kanals Waren fast genauso effizient verfrachten konnte wie eine Küstenstadt. Die Eisenbahn sorgte inzwischen für eine ebenso gute Anbindung über Land: In Manchester endete eine der ersten Städteverbindungen per Eisenbahn der Welt, die Liverpool and Manchester Railway.

Die ganze Welt beneidete Manchester um seine Vormachtstellung in der Produktion, und Unternehmen weltweit versuchten, dieses Vorbild zu kopieren. Zum Nachteil der Fabriken in Manchester gelang es ihnen. Denn die Firmen aus Manchester verkauften bald nicht nur Kleidung, sondern auch die Maschinen, die Kleidung herstellten. Firmen wie J&R Shorrocks und Platt Brothers waren berühmt für ihre Ingenieurleistung und exportierten ihre Maschinen bald in alle Welt, wo sie kopiert, verbessert und billiger weiterverkauft wurden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es überall riesige Textilfabriken, von Frankreich bis Amerika. Manchesters technologischer Vorsprung war dahin, und die Stadt wurde schließlich von neuen Industriezentren überholt, die näher an der landwirtschaftlichen Produktion der Rohbaumwolle lagen, vor allem in Südamerika.

Die Fabriken von Manchester stemmten sich lange Zeit gegen diesen Trend durch modischere Designs, höhere Qualität, Markenwerbung und immer neuere Maschinen. Sie verhinderten damit, dass die Branche über Nacht unter dem Druck billigerer Konkurrenz zusammenbrach. Stattdessen zog sich der Niedergang der Textilindustrie über ein Jahrhundert hin. In den 1950er-Jahren jedoch standen die meisten Fabriken leer, und die Stadt war zu einem Symbol für die verlorene Industriemacht Großbritanniens geworden.

In den 1980er-Jahren war Manchester bekannter für die Partys, die in den leeren Lagerhäusern veranstaltet wurden, als für die industrielle Vergangenheit dieser Gebäude. Factory Records war nicht ohne Grund der Name des Musiklabels der britischen Post-Punk-Szene der 1980er in Manchester (Joy Division, New Order, Happy Mondays und viele andere). Seine Wurzeln lagen in einer Reihe Musikklubs in ehemaligen viktorianischen Fabriken. Manchester war zu einem Symbol des industriellen Niedergangs geworden. Junge Leute ohne ausreichende Beschäftigung schufen eine lebendige Musikszene, aber ihre Arbeitslosigkeit und ihre Existenz-

sorgen waren deutliche Anzeichen für das Vakuum, das die industrielle Revolution in ihrer Geburtsstadt hinterlassen hatte.

Im Jahr 1996 parkte die IRA einen Laster mit Sprengstoff im Stadtzentrum. Der Anschlag wurde telefonisch angekündigt und die Gegend evakuiert, aber die Bombenexplosion beschädigte Dutzende Gebäude schwer. Dies wurde zu einem Wendepunkt für Manchester. Nach Jahren des Verfalls und vergeblicher Versuche, das Ruder noch einmal herumzureißen, wurde der Wiederaufbau zu einem Katalysator. Die Tragödie brachte der maroden Stadt die Aufmerksamkeit des ganzen Landes und die Gelegenheit, das Stadtzentrum völlig umzugestalten.

Bis heute ist in dieser Hinsicht schon viel erreicht worden. Im Stadtzentrum von Manchester liegt Spinningfields, in den 1880er-Jahren ein Stadtteil voller Textilfabriken, in denen jeweils bis zu 15 000 Frauen an mechanischen Webstühlen und Nähmaschinen arbeiteten. Heute ist Spinningfields ein Geschäftsviertel mit modernen Büros und einer Einkaufsmeile mit Nobelboutiquen und dramatischer Architektur. Die industrielle Vergangenheit des Viertels findet sich wieder in den zweigeschossigen Schaufenstern eines Bekleidungsgeschäftes, in denen eine Kunstinstallation aus Hunderten von Singer-Nähmaschinen ausgestellt ist. Die Waren im Geschäft werden natürlich überwiegend in China hergestellt.

Wenige Häuserblocks nördlich von Spinningfields liegt das Northern Quarter, wo einige alte Textilwarenhäuser entkernt und zu Designerarbeitsräumen umgestaltet wurden, in die jetzt Webfirmen, Spieleentwickler und Grafikstudios einziehen. Dies ist das Vorzeigeprojekt für Manchesters lang ersehnte Auferstehung als Zentrum der Computerindustrie. Möglicherweise sind die Designer- und Ingenieurfähigkeiten, die das Industriezeitalter vorantrieben, immer noch vorhanden und können nun in den Medien, der Unterhaltung und im Marketing Anwendung finden. (Es ist noch zu früh, um das zu beurteilen. Viel Raum steht immer noch leer, und ein Großteil der vorhandenen Betriebe wird mit Regierungsgeldern unterstützt.)

Aber nur wenige Straßenblöcke weiter nördlich, im Viertel mit dem optimistischen Namen New Islington (ein Verweis auf einen wohlhabenden Teil Londons), ist die Neuerfindung Manchesters weniger gesichert. Hier stehen überwiegend Ruinen: viktorianische Fabriken, die heute nur noch leere Hüllen sind mit eingestürzten

Dächern und lange zerborstenen Fenstern. Die Gebäude stehen unter Denkmalschutz und können somit nicht abgerissen werden, aber die Kosten und das Risiko eines Wiederaufbaus als moderne Gebäude, ohne die originale Gebäudefront zu beschädigen (wie der Denkmalschutz es vorschreibt), sind einfach zu hoch. Also lässt man die Gebäude verfallen als Relikte eines verlorenen Weltreichs. Ein paar wenige andere Gebäude erregten das Interesse von Investoren während der letzten Immobilienblase, die ein böses Ende nahm. Heute befinden sich dort eingezäunte Baustellen, auf denen aber kaum noch gearbeitet wird, gefangen zwischen Vergangenheit und Zukunft in einer sich dahinziehenden Gegenwart. Sie verleihen der Gegend die Atmosphäre einer überdimensionalen Baustelle ohne Bauarbeiter, eines Haufens aus leblosem Kies und Staub.

Doch inmitten dieser postindustriellen Landschaft gibt es kleine Inseln der Hoffnung und des Wachstums. Eine von ihnen befindet sich auf dem Gelände einer ehemaligen Fabrik gleich neben einem ehemaligen Cholerahospital am Ufer eines von Manchesters vielen Kanälen. Dort steht ein riesiges modernes Gebäude, das aus jeweils versetzt aufeinandergestapelten Blöcken mit mehreren Stockwerken besteht. Die Blöcke setzen jeweils eigene, geschmackvoll aufeinander abgestimmte farbliche Akzente in Pink, Braun und Pfirsich. Der Architekt stapelte angeblich Pommes frites (die in Großbritannien »chips« heißen) aufeinander, als er die Form des Gebäudes entwarf, und entsprechend wird es »Chips« genannt. Es sollte ein Muster des modernen Arbeits-, Wohn- und Spielraums werden. In den oberen Stockwerken befinden sich Eigentumswohnungen. Die unteren Stockwerke sind für Restaurants und Ladengeschäfte vorgesehen. Und in der Mitte befinden sich Etagen für Büros und Arbeitsräume.

Das Platzen der Immobilienblase brachte die meiste Bautätigkeit in jener Gegend zum Erliegen. So wurden auch die Pläne für Restaurants und Cafés im Zusammenhang mit dem Gebäude nicht realisiert, und kaum ein Wohnungseigentümer wollte inmitten von Baustellen leben. Statt das Gebäude einfach leer stehen zu lassen, wagten die Eigentümer ein Experiment, das an die Ursprünge der Stadt erinnert: Sie boten das Gebäude dem lokalen Industrieverband an als Versuchsgelände für neue Produktionsverfahren. Heute befindet sich darin das Manchester Fab Lab, das erste Fab Lab Großbritanniens.

Fab Labs sind eine besondere Art von Makerspace. Sie basieren auf einem Modell, das vor zehn Jahren von Neil Gershenfelds Center for Bits and Atoms entwickelt wurde. Die Labs entstanden aus einem beliebten Kurs Gershenfelds am MIT heraus mit dem Namen »Einführung in die Herstellung von (fast) allem«. Derzeit existieren 53 Fab Labs in 17 Ländern weltweit, und jedes einzelne verfügt über eine Mindestausstattung mit computergesteuerten Produktionswerkzeugen: einem Lasercutter, einem Schneideplotter, einer großen CNC-Maschine für Möbel und einer kleinen für Leiterplatten, einer elektronischen Grundausstattung und manchmal noch einem 3-D-Drucker. In manchen Labs gibt es auch traditionelleres Werkzeug wie Drehmaschinen für die Metallbearbeitung und Standbohrmaschinen, aber üblicherweise sind sie für die Herstellung von Prototypen in kleiner Stückzahl ausgelegt.

An Freitagen und Samstagen ist der Eintritt zum Fab Lab Manchester frei. Ich besuchte die Einrichtung an einem ganz normalen Freitag und erlebte ein geschäftiges Durcheinander von Studenten der örtlichen Universität, die an Architektur- oder Möbelmodellen arbeiteten. Der Lasercutter war konstant in Betrieb und spuckte Kunstwerke und Projektarbeiten von Designstudenten aus. Die Projekte, die an den eintrittsfreien Tagen entstehen, werden in der Regel online dokumentiert, damit andere daran teilhaben können. An anderen Tagen wird die Einrichtung von zahlenden Mitgliedern benutzt, deren Projekte nicht veröffentlicht werden müssen.

Noch fällt es zugegebenermaßen schwer, in diesen Makerspaces den Keim einer neuen britischen Industrie zu erkennen. Vor allem Studenten der lokalen Hochschulen arbeiten dort an Projekten, wie sie für jeden Designkurs oder Werkunterricht typisch sind. Anders als in den TechShops in den Vereinigten Staaten drängen sich hier keine ehrgeizigen Jungunternehmer, und vielversprechende Start-ups sind aus dem Fab Lab heraus auch noch nicht entstanden. Aber Haydn Insley, der Manager des Labs, sieht die Aufgabe seiner Einrichtung auch eher darin, Kreativität freizusetzen. »Es geht darum, dass jeder alles herstellen und vor allem auch verändern kann. Jeder hier hat eine Idee, und wir unterstützen nur bei der Umsetzung dieser Ideen. Die Entwürfe stehen im Mittelpunkt, nicht die Herstellung.«

Ein Blick auf die Erfolgsgeschichten, die es heute noch in der britischen Industrie gibt, genügt, um zu verstehen, woher Insley seinen

Optimismus nimmt. Die Zeiten der Textil- und Besteckindustrie sind zwar schon lange vorbei, aber in Großbritannien gibt es nach wie vor eine große Luftfahrtindustrie (British Aerospace, inzwischen in BAE Systems umbenannt, ist der zweitgrößte Rüstungskonzern der Welt), und britische Automobildesigns haben in der ganzen Welt immer noch einen guten Ruf. Daneben gibt es noch findige Konsumgüterproduzenten wie Dyson, die durch markante Designs und technische Neuerungen die Verbraucher dazu bringen, in vormalig stagnierenden Marktsegmenten, wie Staubsauger und Ventilatoren, Höchstpreise zu zahlen. Die Hochschulen in Manchester bilden immer noch mehr Ingenieure aus als in jeder anderen Stadt in Großbritannien. Die Kenntnisse sind da, aber es fehlt an neuen Anwendungsmöglichkeiten.

Vielleicht ist einer der Designstudenten mit Dreadlocks, die im Fab Lab in Manchester am Lasercutter stehen, der nächste Dyson. Vielleicht ist es aber auch jemand, der allein arbeitet, mit den gleichen Werkzeugen, die inzwischen so billig sind, dass ein Einzelner sie sich leisten kann. Im Fab Lab sind bereits Hunderte Projekte entstanden, und es hat gerade erst eröffnet. Fest steht jedenfalls: Produkte aus Manchester haben schon einmal die Welt verändert. Dieser Teil ihrer Geschichte hat die Stadt geprägt wie kein anderer, und der Traum davon, dass es noch einmal geschehen könnte, scheint wieder zum Greifen nah. Die Anfänge dazu werden vielleicht im Fab Lab gelegt. Die Maschinen in Manchester laufen wieder.

Doch es gibt entscheidende Unterschiede zwischen damals und heute: Die erste industrielle Revolution konnte nur von einem Ort wie Manchester ausgehen, wegen der Umweltbedingungen und der Transportinfrastruktur, während die Maker-Bewegung überall auftreten kann. Zum Teil wegen der historischen Bedeutung ist das Fab Lab in Manchester inmitten der Ruinen alter Textilfabriken angesiedelt, aber die Werkzeuge und die technische Ausstattung des Fab Lab sind genauso gut im Büro eines Wolkenkratzers in London vorstellbar oder in einem umgebauten Schuppen auf dem Land. Die Makers, die sie benutzen, könnten noch weiter davon entfernt leben und ihre Designdaten von zu Hause aus hochladen. Der »Ort«, an dem sich eine Produktionsstätte befindet, wird heute immer unwichtiger – Ideen triumphieren über Geografie.

Vor allem aber sind die riesigen Fabriken überflüssig – die Tage rauchender Schloten und Stahlkolben so groß wie Eisenbahnwägen sind vorbei. Kleine Firmen haben in der neuen Welt der verteilten Fertigung gute Chancen. Damit kehrt die Industrie auf gewisse Weise zu ihren Anfängen während der ersten industriellen Revolution zurück. Die Spinning Jenny veränderte die Welt nicht, weil durch sie große Fabriken entstanden, sondern durch die Entstehung der Heimindustrie. Und wie sich erwies, kann die Heimindustrie zu einem äußerst gewichtigen Wirtschaftsfaktor werden.

Was heute als Heimindustrie bezeichnet wird, begann mit Maschinen mit Holzrahmen und Fußpedal, die viele Fäden gleichzeitig erzeugen konnten. Im Grunde waren es mehrere Spinnräder, die gleichzeitig arbeiteten. Sie waren relativ einfach zu bauen oder billig zu kaufen und nicht größer als ein Tisch. Sie stellten in gewissem Sinn das »Desktop Manufacturing« ihrer Zeit dar.

Die Spinning Jenny wurde zu Hause eingesetzt. Sie vervielfachte dort die Arbeitsleistung eines Spinners, und zum ersten Mal war Heimarbeit für einen Großteil der Bevölkerung lukrativer als die Arbeit außer Haus. Durch die Spinning Jenny konnten Männer und Frauen zu Hause arbeiten. Das stärkte die Kernfamilie, verbesserte die Arbeitsbedingungen für Kinder und beendete die Abhängigkeit von den Grundbesitzern. Darüber hinaus bekamen so normale Leute die Chance, Unternehmer zu werden, ohne den Ausbildungsprozess des Gildensystems durchlaufen zu müssen. Selbst als die Fabriken neben den Hütten entstanden, nutzten Firmen diese Form häuslichen Unternehmertums gerne dazu, um Akkordarbeit auszulagern an ein Netz hoch qualifizierter Handwerker, deren Arbeitsleistung sich durch die neue Fertigungstechnik vervielfachte.

Mit der Verbreitung dieser Maschinen endete die Ära der britischen Agrargesellschaft. Während vorher die meisten Menschen auf den Feldern gearbeitet hatten, erledigten jetzt weniger Menschen mit besseren Landmaschinen alles Pflügen und Ernten. Der Rest arbeitete am Heimarbeitsplatz, zunächst an der Spinnmaschine, aber bald auch an hölzernen Webstühlen als Weber oder Stricker.

Diese Arbeit hatte nichts mehr mit der Landwirtschaft zu tun, und damit auch nichts mehr mit den Landbesitzern. Die zu Hause arbeitenden Mitglieder einer Familie waren unabhängig und hatten mehr Kontrolle über ihre eigene wirtschaftliche Zukunft. Sie waren

zwar aus der Abhängigkeit von einem einzigen Grundbesitzer befreit, standen nun aber den Marktkräften von Angebot und Nachfrage gegenüber. Sie verkauften ihre Waren an Großabnehmer aus der Industrie, die immer auf der Suche nach den niedrigsten Preisen waren und dafür auch die Lieferanten wechselten.

Die Löhne waren meist nicht besser als in der Landwirtschaft, aber zumindest konnten sich die Arbeiter ihre Arbeit selbst einteilen. Es war ein Schritt in Richtung Unternehmertum, aber es führte zu keinen entscheidenden Innovationen. Bei der Heimarbeit wurde meist einfach die Arbeit aus der Fabrik nach außen verteilt. Die Maschinen der Heimarbeiter waren zwar schlechter, aber dafür sparten die Fabriken bei den Investitionen in neue Produktionsanlagen oder den Umrüstkosten bei kleineren Aufträgen. Jetzt wurde zwar in den Hütten gearbeitet, aber nicht erfunden. Die Heimarbeiter waren den Unternehmern ausgeliefert.

Dennoch hatte der Aufstieg der Heimindustrie einen großen Anteil an der industriellen Revolution, der jedoch oft vom Bild von »Satans schwarzen Mühlen« überschattet wird. Die neue industrielle Revolution der Maker wird wohl mehr der Heimindustrie ähneln als den großen Fabriken, an die man beim Sekundärsektor als Erstes denkt. Die Heimindustrie war eine verteilte Form der Produktion. Sie war flexibler und erleichterte die Produktion kleiner Stückzahlen im Vergleich zu den großen, zentralisierten Fabriken, die sie ergänzten.

Sie passte zu den familiären Strukturen und stärkte sie sogar noch, weil sie Arbeitsmöglichkeiten für alle Familienmitglieder bot, einschließlich vieler Kinder, und sie trug so zur Bevölkerungsexplosion bei, die diese Phase der britischen Geschichte prägte. Während die großen Fabriken viele junge Erwachsene zur Arbeit in die Städte lockten, wo sie in Arbeitersiedlungen lebten, wuchsen durch die Heimindustrie die Kleinstädte. Dabei standen wertvolle handwerkliche Fertigkeiten im Vordergrund, die auf diese Art erhalten blieben, wie die Herstellung von Spitze, deren maschinelle Fertigung damals schwierig und sehr teuer war.

Die Blütezeit der Heimindustrie dauerte bis weit ins 19. Jahrhundert hinein an. So beschäftigte Dixons in Carlisle in den späten 1830er-Jahren 3500 Handweber in den umliegenden Grafschaften, und ein Jahrzehnt später versorgte Wards in Belper Aufzeichnungen

zufolge 4000 Heimstricker mit Arbeit. Noch in den 1870er-Jahren vergab Eliza Tinsley & Co Aufträge für Heimarbeit an 2000 Nagel- und Kettenschmiede in Mittelengland.<sup>18</sup> Sogar auf dem Höhepunkt der ersten industriellen Revolution gab es, dank der Verteilung der Arbeit auf die Heimindustrie, mehr kleine Gewerbe als große Firmen.

Darin ähnelt die Heimindustrie sehr den kleinen Maker-Firmen von heute. Das typische Heimgewerbe von heute ist ein Verkäufer auf dem Etsy-Marktplatz, der mit einem computergesteuerten Schneideplotter coole Sticker für MacBooks herstellt und perfekte Ersatzteile für Oldtimer verkauft. Wie ihre Vorgänger aus dem Industriezeitalter stellen diese Unternehmer Gegenstände her, die nicht aus den großen Fabriken kommen. Sie konzentrieren sich auf die Nischenmärkte mit einem Volumen von einigen Tausend statt auf die Massenmärkte der Millionen. Ihre Verteilung entspricht der natürlichen Topografie der Ideen, nicht der zentral gesteuerten Logik der langen Versorgungsketten und billigen Gewerbeflächen.

Maker führen ihre Geschäfte oft von ihrer Garage oder Werkstatt aus, zumindest am Anfang, und werden oft von Familienmitgliedern unterstützt. Oft werben sie mit ihren kleinen Auflagen und betonen die handwerklichen Aspekte. Der Großteil der Produktion läuft über Desktop-Fertigungswerkzeuge (Fabber), da sich diese für drei- oder knapp vierstellige Stückzahlen am besten eignen.

Hier kommt ein weiteres Schlüsselprinzip der Maker-Bewegung zum Tragen: Wie die Spinning Jenny vor über 200 Jahren ist heute die Technologie für die Entwicklung und den Entwurf neuer Produkte für alle verfügbar. Man muss nicht mehr in teure Fabriken investieren oder Massen von Arbeitskräften anheuern, um eigene Ideen zu verwirklichen. Die Herstellung neuer Produkte ist nicht mehr das Privileg einiger weniger, sondern eine Chance für viele.

Statt wie früher die Produkte an Fabriken zu verkaufen, die den Zugang zum Markt kontrollieren, verkaufen die Maker-Heimarbeiter von heute ihre Waren direkt online an Verbraucher in aller Welt, entweder über ihre eigenen Websites oder über Online-Marktplätze wie Etsy oder eBay. Anders als ihre Vorgänger aus dem 19. Jahrhundert warten die Maker nicht auf Aufträge von Fabriken, sondern erfinden ihre eigenen Produkte und bauen darauf ihre eigene Mikro-marke auf. Statt sich auf einen Preiswettbewerb im Warenmarkt

einzulassen, der die Beschäftigung billiger Arbeitsplätze fördert, verschaffen sie sich durch Innovationen einen Wettbewerbsvorteil. Sie entwerfen selbst und erzielen Höchstpreise bei ihren anspruchsvollen Kunden, die bewusst den Massenmarkt meiden.

Was bedeutet das für die Zukunft? Wir erleben heute den Aufstieg einer neuen Heimindustrie. Auch dieses Mal verleihen neue Technologien dem Einzelnen die Macht über die Produktionsmittel, sie ermöglichen Unternehmertum von unten und verteilte Innovation. Das Web hat die Produktionsmittel in allen Bereichen demokratisiert, von Software bis Musik, und so ermöglicht, dass Imperien in Studentenbuden gegründet oder Hitalben in Schlafzimmern aufgenommen werden konnten. Entsprechend werden die demokratisierten Werkzeuge der computergesteuerten Herstellung zu den Spinning Jennys von morgen werden. Und wie die Heimindustrie damals die Macht der Handwerker-gilden brach, so könnte die neue Heimindustrie das Ende für das Industriemodell bedeuten, das in Manchester entstand und die letzten drei Jahrhunderte beherrschte.

## KAPITEL 4

### WIR ALLE SIND JETZT DESIGNER

---

Dann sollten wir aber auch lernen,  
wie man es richtig macht.

---

Während meiner Schulzeit an der Highschool in den späten 1970er-Jahren hatten wir auch Werkunterricht, der Teil des Lehrplans für Kunst und Handwerk war. Warum es ein Pflichtkurs war, verstand niemand, denn wir lebten in einem Vorort von Washington, D. C., wo es weit und breit keine Fabriken gab, und die Eltern meiner meisten Freunde waren Anwälte oder Regierungsangestellte. Aber Mitte des 20. Jahrhunderts gehörte es zur amerikanischen Schulbildung einfach dazu, dass man lernte, mit verschiedenen Werkzeugen wie Bandsägen, Tischsägen und Standbohrern umzugehen. Die bösen Jungs stellten Ninjasterne her, die schlimmsten Bongos. Ich baute einen unförmigen Zeitungsständer, den meine Eltern ertrugen, bis ich von zu Hause auszog. Nur mit Glück hatte ich am Ende des Projekts noch alle Finger. Für die Mädchen wurde stattdessen ein Hauswirtschaftskurs angeboten, in dem sie Nähen, Kochen und den Umgang mit Pflanzen lernten, und damit ihren Teil der handwerklichen Grundausbildung abdeckten.

Zu Hause baute ich elektronische Baukästen von Heathkit zusammen. Dabei plagte ich mich wochenlang mit LötKolben, Drähten und

Einzelteilen herum, aber billiger kam man an ein Amateurfunkgerät oder einen Stereoverstärker nicht heran. Chemiekästen enthielten richtige Chemikalien (nicht wie heute, wo kaum mehr als Backnatron und jede Menge Warnhinweise drin sind), und man konnte viel Spaß damit haben. Jeder, der ein cooles oder anfälliges Auto besaß, verbrachte seine Wochenenden mit einem Schraubenschlüssel unter der Motorhaube und tunte es oder bastelte sonst irgendwie an der Mechanik herum. Viele Jugendliche nahmen Dinge auseinander, »um zu sehen, wie sie funktionieren«. Sie fanden dabei viele Einsatzmöglichkeiten für die Einzelteile, und so entstanden zahllose fantastische Maschinen, von denen einige sogar funktionierten.

Aber in den 1980er- und 1990er-Jahren verlor die Herstellung von Dingen mit den eigenen Händen immer mehr an Romantik. Die Arbeitsplätze in der Herstellung garantierten den sozialen Aufstieg oder den Verbleib in der Mittelschicht nicht mehr, und der Werkunterricht war auch nicht länger eine sinnvolle Berufsvorbereitung, denn immer weniger Menschen arbeiteten in der Produktion. Die Schulwerkstatt wurde durch Tastaturen und Bildschirme ersetzt. PCs wurden angeschafft, die in allen guten Jobs benutzt wurden. Ziel des Schullehrplans war es jetzt, die Kinder zu »Symbolic Analysts« auszubilden, so der Name der Sozialwissenschaftler für Angestellte in der Informationsindustrie. EDV-Kurse ersetzten den Werkunterricht. Kürzungen in den Schuletats besiegelten in den 1990ern das Ende des Werkunterrichts. Als die letzten Werklehrer der Generation in Rente gingen, wurden sie einfach nicht ersetzt, die Werkzeuge wurden verkauft oder eingelagert.

Importierte Elektronik aus Asien war bald besser und billiger als die Heathkit-Produkte, und als Mikrochips und integrierte Schaltkreise die einzelnen elektronischen Bauteile, Widerstände, Transistoren und Kondensatoren, ersetzten, nutzte ein Lötkolben nicht mehr viel. Elektronische Geräte wurden zu Wegwerfartikeln, die »keine vom Benutzer zu wartenden Teile« mehr enthielten, wie es in den Warnhinweisen hieß. Ab 1992 stellte Heathkit keine Baukästen mehr her.<sup>19</sup>

Bei den Autos wurden Vergaser und Verteilerkappen, an denen man herumschrauben konnte, durch Einspritzanlagen und elektronische Zündungen ersetzt, bei denen das nicht mehr ging. Chips

ersetzen die mechanischen Teile. Die neuen Autos waren nicht mehr so aufwendig in der Wartung, und unter der Motorhaube gab es nicht mehr viel, das man hätte reparieren oder anders einstellen können, wenn man es gewollt hätte. Man konnte gerade noch Öl und Ölfilter auswechseln. Die beweglichen Teile waren hermetisch verschlossen und unzugänglich, ein Preis, den wir für mehr Zuverlässigkeit und weniger Wartungsaufwand gerne bezahlten.

Während der Werkunterricht den Kürzungen der Schuletats zum Opfer fiel, setzten bessere Arbeitschancen für Frauen und die Gleichstellung der Geschlechter dem Hauswirtschaftsunterricht ein Ende. Die Kinder wuchsen mit Computern und Videospiele auf statt mit Schraubenschlüsseln und Bandsägen. Die klügsten Köpfe einer ganzen Generation wurden von Software und den unendlichen Welten verführt, die online ihrer Erschaffung harreten. Sie schufen das digitale Zeitalter, in dem wir alle heute leben.

Die Welt vollzog damit den Übergang von den Atomen zu den Bits. Diese Entwicklung dauert bereits 30 Jahre lang an, eine ganze Generation, und dagegen ist nichts einzuwenden.

Aber jetzt, 30 Jahre nachdem der Werkunterricht aus den Lehrplänen gestrichen und der Großteil des Sekundärsektors ins ferne Ausland verlagert wurde, gibt es wieder gute Gründe, sich die Hände dreckig zu machen. Desktop-Fertigungsmaschinen kommen langsam im Mainstream an, und es wird Zeit, die »Herstellung von Dingen« wieder auf den Lehrplan der Schulen zurückzubringen, nicht in Form des früheren Werkunterrichts, sondern als Unterricht in *Design*.

In Computerkursen lernen Schüler heute den Umgang mit PowerPoint und Excel, und im Kunstunterricht lernen sie immer noch, wie man zeichnet und Kunstwerke mit den Händen formt. Ein Designkurs wäre hier eine bessere, dritte Alternative. In diesem Kurs würden Schüler den Umgang mit kostenlosen 3-D-CAD-Tools lernen, wie SketchUp oder Autodesk 123D. Manche würden Gebäude oder fantastische Strukturen entwerfen, wie sie es jetzt schon in den Schulheften machen. Andere würden raffinierte Levels für Videospiele entwickeln mit Landschaften und Fahrzeugen. Und wieder andere würden Maschinen erfinden.

Noch besser wäre es, wenn jeder Designklasse ein paar 3-D-Drucker oder Lasercutter zur Verfügung stünden. In allen Desktop-Designtools stünde ein Menüpunkt »Make« zur Auswahl. Die Schü-

ler könnten so das, was sie am Bildschirm entwerfen, auch tatsächlich herstellen. Was würde es wohl für sie bedeuten, etwas in der Hand zu halten, das sie sich ausgedacht haben? So wird eine ganze Generation von Makers heranwachsen. Und aus ihnen wird die nächste Welle industrieller Unternehmer kommen.

## Das Zauberwort »Desktop« verändert alles

20 Jahre nachdem Desktop-Publishing im Mainstream ankam, wird das Wort »Desktop« auch Industriemaschinen vorangestellt, mit gleichermaßen überwältigenden Auswirkungen. Desktop-3-D-Druck, computergesteuertes Desktop-Fräsen, -Walzen und -Zerspanen, Desktop-Laserschnitt, computergesteuertes Desktop-Sticken, -Weben und -Quilten; sogar Desktop-3-D-Scannen oder »Reality Capture«, die Digitalisierung der materiellen Welt. Desktop-Herstellung als Vorstufe einer vollständigen Desktop-Industrie.

Um die Bedeutung des Wortes »Desktop« zu begreifen, hilft ein Blick auf die Geschichte des Computers. Bis in die späten 1970er-Jahre waren »Computer« entweder Großrechner, die ganze Räume füllten, oder Minicomputer von der Größe eines Kühlschranks. Sie waren nur Regierungsbehörden, großen Firmen und Universitäten vorbehalten. Technologen hatten schon lange vorhergesagt, dass Computer in die Durchschnittshaushalte einziehen würden. Das mooresche Gesetz von sinkenden Preisen und immer höherer Leistung garantierte praktisch, dass dieser Tag irgendwann kommen würde. Aber niemand konnte sich vorstellen, warum jemand einen Computer überhaupt würde haben wollen. Computer wurden damals genutzt, um die Ergebnisse von Volkszählungen und die betriebliche Buchführung in Tabellen zu erfassen, um wissenschaftliche Simulationen durchzuführen und nukleare Waffen zu entwerfen – also für wichtige und umfangreiche Zahlenverarbeitung. Wie sollte das in einem Privathaushalt nützen?

Bei Firmen wie IBM oder den Bell Labs von AT&T brüteten die klügsten Köpfe über der Frage, wozu Computer in einem Privathaushalt eingesetzt werden konnten – mit kläglichen Ergebnissen. Die meisten gingen davon aus, dass man damit Kochrezepte verwalten würde. Honeywell bot im Jahr 1969 tatsächlich einen 10 000 Dol-

lar teuren »Küchencomputer« an (offizieller Name: »H316 Pedestal Model«), für den auf dem Cover des Katalogs der Kaufhauskette Neiman Marcus mit einer solchen Funktion geworben wurde. Der Computer hatte ein modisches Design mit integriertem Schneidebrett. (Es gibt keine Beweise dafür, dass jemals einer davon verkauft wurde. Das lag wohl vor allem daran, dass die moderne Köchin die Daten per Kippschalter eingeben und die Rezepte über eine binäre Leuchtanzeige auslesen musste.)

Als mit dem Apple II und später dem IBM-PC die ersten richtigen Personal »Desktop« Computer auf den Markt kamen, fanden sich plötzlich zahllose Anwendungsmöglichkeiten, die sich von Tabellenkalkulation und Textverarbeitung für Firmen bald über Videospiele auf die Bereiche Unterhaltung und Kommunikation ausdehnten. Allerdings hatten letztendlich nicht die Spezialisten der großen Computerfirmen herausgefunden, wozu ihre Kunden einen Computer brauchen konnten, sondern die Menschen selbst hatten neue Anwendungsmöglichkeiten gefunden.

Im Jahr 1985 brachte Apple schließlich den LaserWriter auf den Markt, den ersten echten Desktop-Laserdrucker. Mit dem LaserWriter und dem Mac begann das Phänomen des Desktop-Publishing. In diesem entscheidenden Moment trafen im öffentlichen Bewusstsein zum ersten Mal die beiden Worte »Desktop« (Schreibtisch) und »Publishing« (Veröffentlichung oder Gestaltung) aufeinander. Der Apple-Drucker brauchte einen leistungsstärkeren Prozessor als der Mac selbst, um die Seitenbeschreibungssprache Postscript verarbeiten zu können, die ursprünglich für zehnmals teurere Profidrucker entwickelt worden war. Aber Steve Jobs wollte, dass die Desktop-Publishing-Programme des Mac nicht nur dieselbe Qualität lieferten wie ein Profidrucker, sie sollten besser sein. Er war überzeugt, dass Desktop-Werkzeuge *besser* sein konnten als traditionelle Profiwerkzeuge, und er machte von Anfang an keine Kompromisse. (Die Folge war, dass der Drucker zu einem relativ hohen Preis, für 7000 Dollar, in den Handel kam und eine neue Netzwerktechnologie erfunden werden musste, damit mehrere Leute in kleinen Büros ihn gemeinsam nutzen konnten.)

Zu jener Zeit stand »Publishing« noch für alle Prozesse, die zu einer Veröffentlichung führten, vom Eisenbahntransport von Papier und Tintenfassern in die Druckerei bis zur Auslieferung der fertigen

Waren per Lastwagen. Die »Macht der Presse« entstand in den riesigen Druckmaschinen jener Zeit. Zeitungsverlage waren Fabriken, in denen Arbeiter Paletten mit Papier umherschoben. Aber mit dem Desktop-Publishing rückte eine kleinere Version davon für jeden in greifbare Nähe. Man konnte zu Hause den »Prototyp« einer Publikation herstellen und einige wenige Kopien ausdrucken. Wenn das Ergebnis den Vorstellungen entsprach, kopierte man die Datei auf eine Diskette, ging damit in einen Copyshop und ließ die gewünschte Auflage drucken. Die Desktop-Werkzeuge für den Privatgebrauch sprachen dieselbe Sprache (Postscript) wie die großen Maschinen der Druckereien. Am Anfang war das sicher nicht jedermanns Sache, aber mit der Zeit wurden hochwertige Desktop-Farbdrucker immer besser und billiger. Heute kosten solche Drucker weniger als 100 Dollar und stehen praktisch in jedem Haushalt (als Killer-App erwies sich die digitale Fotografie, nicht die Herstellung von Newsletters und Flyern).

Als das Publizieren die Fabrikhallen verließ, wurde es freier. Dies machte sich auf dem Papier allerdings noch nicht so stark bemerkbar, sondern erst mit der Möglichkeit, online zu veröffentlichen. Als die Menschen die Macht der Presse in den eigenen Händen hielten, wollten sie mehr, als nur Newsletters zu drucken. Im Web wurde dann aus »Publizieren« das »Posten«, und die ganze Welt wurde zum Publikum.

Heute erledigt ein einfaches Posting im Internet, wozu früher ganze Fabriken gebraucht wurden. Moderne PCs sind übergangslos mit Serverfarmen (der »Cloud«) verbunden, die ganze Lagerhallen füllen, und ermöglichen so den sofortigen Zugang zu gigantischen Rechnern. Bei einer Google-Suche denkt wohl kaum einer daran, dass gerade die Macht von Hochleistungsrechnern nutzbar gemacht wird, aber noch vor wenigen Jahrzehnten hätte man einen mehrere Millionen Dollar teuren Supercomputer gebraucht, um derartige Datenmengen zu durchsuchen. Und wer die Serverfarmen von Google jemals gesehen hat, weiß, dass der Vergleich mit einer Fabrik durchaus zutrifft: Sie füllen einen ganzen Häuserblock. Heute kann jeder diese Macht nutzen, um jeden Gedanken weltweit und umsonst zu veröffentlichen oder abzurufen.

Die professionelle Ausstattung der größten Medienkonzerne des 20. Jahrhunderts wurde in etwas verwandelt, das vom Laptop aus

kontrolliert werden kann. Früher standen die größten Computeranlagen nur der Regierung, Großunternehmen und Forschungslabors zur Verfügung. Heute stehen sie jedem Einzelnen zur Verfügung: All dies hat der »Desktop« bewirkt.

## Do-it-yourself-Design

Der 3-D-Drucker hat heute den Stand erreicht, den Jobs' Macintosh und LaserWriter vor 25 Jahren erreicht hatten. Wie die ersten Laserdrucker sind auch 3-D-Drucker immer noch ein bisschen teuer und umständlich in der Benutzung. Noch sind sie nicht jedermanns Sache. Noch ist nicht klar, was die Killer-App sein wird. Fest steht allerdings, dass 3-D-Drucker besser, billiger und sogar schneller sein werden als Laserdrucker, dank der mechanischen und elektronischen Basistechnologie, die 3-D-Drucker mit ihren zweidimensionalen Vorfahren, den beliebten Tintenstrahldruckern, gemeinsam haben. Die einzigen echten Unterschiede liegen darin, dass beim 3-D-Drucker eine andere Flüssigkeit aus den Düsen spritzt (Kunststoffschmelze statt Tinte), und dass er einen zusätzlichen Motor für die Höhe hat.

Wie damals fühlen sich auch die ersten Nutzer der 3-D-Drucker heute ein wenig verloren. Als das Desktop-Publishing aufkam, stellten Zehntausende Menschen fest, dass sie von Schriftarten, Unterschneiden, Textfluss und Ankern keine Ahnung hatten. Sie mussten über Nacht die Fachbegriffe und Techniken aus mehreren Jahrhunderten Typografie lernen. Das Ergebnis waren jede Menge Dokumente mit einem wilden Durcheinander von Schriftarten, aber auch eine Explosion der Kreativität, aus der das heutige Web entstand.

Ähnlich wie beim Desktop-Publishing ist heute durch die Verbreitung der Fabber eine ganze Generation von Amateuren mit der verwirrenden Fachsprache und den Techniken des professionellen Industriedesigns konfrontiert. Heute geht es nicht mehr um Bildumlauf und Blocksatz, sondern um »Gitter« und »G-Code«, um »Raster« und »Vorschubgeschwindigkeit«. Aber keine Angst: Was man braucht, hat man schnell gelernt, und irgendwann werden Schüler in der fünften Klasse im digitalen Werkunterricht alles Not-

wendige lernen. In den ersten Jahren der PC-Revolution klangen die PC-Grundbegriffe – »Pixel«, »Bytes«, »RAM« – auch noch nach Geheimlehre, und heute denken wir über derartige Details kaum noch nach, auch wenn das wohl vor allem daran liegt, dass die moderne Technologie die meisten im Hintergrund ablaufenden Prozesse vor den Anwendern verbirgt.

Bei der Maker-Bewegung wird das genauso sein. Heute sind die Anhänger der Bewegung geblendet von den Möglichkeiten der hochwertigen Geräte, die auf ihren Schreibtischen stehen. Die Geeks sind fasziniert von den fremden Begriffen und ungewohnten Techniken der materiellen Herstellung und stürzen sich in die Erforschung dieser fremden neuen Welt. Aber das ist nur der Vorge-schmack eines sich schnell verbreitenden Mainstream-Phänomens. Diese ersten Geräte werden bald so allgegenwärtig und einfach zu benutzen sein wie Tintenstrahldrucker. Und falls man aus der Vergangenheit schließen kann, wird die Welt sich durch diese Technologie noch schneller verändern als durch den Mikroprozessor eine Generation zuvor.

Wir alle sind jetzt Designer. Wir sollten endlich lernen, wie man es richtig macht.

## KAPITEL 5

### DER LONG TAIL DER DINGE

---

Massenproduktion ist das Richtige für die Massen.  
Aber was ist das Richtige für Sie?

---

An einem Samstag vor wenigen Wochen wollten meine beiden Töchter ihr Puppenhaus umdekorieren. Sie spielen seit einiger Zeit ein Videospiele, *Sims 3*, praktisch ein virtuelles Puppenhaus, das man mit einer erstaunlichen Auswahl an Möbeln einrichten kann. Auch bei den Bewohnern (den »Sims«) hat man reichlich Auswahl und kann dann ihr Leben in der Sims-Welt verfolgen. Die eine Tochter hatte ihr Sims-Haus im Stil »moderne Karrierefrau« eingerichtet, mit Fitness- und Medienräumen. Die andere Tochter hatte sich für den Stil der 1960er-Jahre entschieden, mit stromlinienförmigen Geräten, Mod-Möbeln und eckigem Swimmingpool.

Wenn die Mädchen ihre »Bildschirmzeit« ausgeschöpft hatten, wollten sie das Spiel in ihrem echten Puppenhaus weiterspielen. Das ist typisch für Kinder, die in der digitalen Welt aufwachsen, wo alles möglich und verfügbar ist. Bei den Sims gibt es Hunderte von Möbeln zur Auswahl. Warum sollte man sich in der materiellen Welt mit weniger zufriedengeben?

Aber das funktioniert im echten Leben nicht immer. Zumindest noch nicht.

Ihr erster Gedanke war, natürlich, zu mir zu kommen und mich zu bitten, neue Möbel für sie zu kaufen. Mein erster Gedanke (nachdem ich »Nein« und »wartet auf eure Geburtstage« gesagt hatte) war, mich zumindest über die vorhandene Auswahl zu informieren. Ich ging ins Internet, und dort fielen mir schnell drei Dinge auf: 1. Puppenmöbel sind teuer; 2. es gibt erstaunlich wenig Auswahl; und 3. was den Kindern am besten gefällt, hat nie die richtige Größe für das Puppenhaus. Sorry, Mädels.

Daher fragten sie mich, zu meiner großen Freude, ob wir die Möbel nicht selbst bauen könnten. Meine Freude darüber, dass sie die Einstellung eines Heimwerkers an den Tag legten, wurde jedoch etwas getrübt von Erinnerungen an frühere gemeinsame Projekte, die nach wenigen Stunden damit endeten, dass Dad allein in der Werkstatt stand und über zerbrochene Holzteile und zerschnittene Finger schimpfte. Und selbst wenn ich durchhielt, endete eine Woche mühsamer Miniaturschreinerei erfahrungsgemäß damit, dass meine unförmigen Holzkreationen im Dachgeschoss des Puppenhauses landeten, weil sie mit der gekauften Einrichtung in den anderen Stockwerken nicht mithalten konnten.

Inzwischen besaßen wir jedoch einen 3-D-Drucker, einen Maker-Bot Thing-O-Matic, und daher hatte die Geschichte dieses Mal ein anderes Ende. Wir gingen zu Thingiverse, einem Online-Archiv für 3-D-Entwürfe, die Menschen hochgeladen haben. Und dort war es wie bei den Sims: Es gab einfach alles, jede Art von Möbeln, die man sich vorstellen konnte, von französischer Renaissance bis *Star Trek*, und man konnte alles einfach herunterladen. Wir schnappten uns ein paar viktorianische Stühle und Sofas, passten den Maßstab mit ein paar Mausklicks an unser Puppenhaus an, und drückten auf »bauen«. 20 Minuten später waren unsere Möbel fertig. Sie waren umsonst, schnell fertig, und die Auswahl war sehr viel größer als in der realen Welt oder auch bei Amazon. Wir werden nie wieder Puppenmöbel einkaufen.

Jedem Spielzeughersteller sollte es bei dieser Geschichte kalt den Rücken runterlaufen.

Kodak hat gerade erst Konkurs angemeldet. Die Firma ist ein Opfer der Umstellung weg vom Fotofilm, den man kaufen und entwickeln muss, hin zur digitalen Fotografie, bei der die Fotos kostenlos sind und zu Hause auf dem eigenen Tintenstrahldrucker ausge-

druckt werden können. Für Hersteller von billigem Plastikspielzeug könnte dies ein Vorgeschmack auf ihre eigene Zukunft sein.

Natürlich sind materielle Objekte komplexer als zweidimensionale Bilder. Mit unserem MakerBot können wir bisher nur Plastik in wenigen Farben ausdrucken. Die Oberflächen sind nicht so schön wie bei spritzgegossenem Kunststoff, und wir können die farbigen Details nicht genauso fein drucken, wie sie aus den Maschinen oder Schablonen in den chinesischen Fabriken kommen.

Aber das liegt daran, dass der technologische Stand der aktuellen 3-D-Drucker der Punktmatrix aus den 1980er-Jahren entspricht. Die Drucker damals waren laut, einfarbig und grobkörnig. Winzige Nadeln hämmerten gegen ein schwarzes Farbband. Diese Drucker waren kaum besser als eine elektrische Schreibmaschine. Aber heute, nur eine Generation später, gibt es billige und leise Tintenstrahldrucker, die in allen Farben und mit einer Auflösung drucken, die von professionellen Druckern kaum mehr zu unterscheiden ist.

3-D-Drucker stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung. In zehn oder 20 Jahren werden sie schnell und leise sein und viele verschiedene Materialien drucken können, von Kunststoff bis Zellstoff und sogar Lebensmittel. Sie werden mehrere Farbpatronen enthalten, wie Tintenstrahldrucker, und genauso viele Mischfarben ausdrucken können. Man wird noch detailliertere Bilder auf die Oberflächen aller möglichen Objekte drucken können als die besten Spielzeugfabriken heute. Vielleicht wird man sogar elektrische Schaltungen direkt auf Objekte aufdrucken. Dann fehlen nur noch Batterien.

## Störung nach Plan

Große Veränderungen finden statt, wenn Industrien demokratisiert werden, wenn sie der Alleinherrschaft der Unternehmen, Regierungen und anderer Institutionen entrissen und an die normalen Leute übergeben werden.

Es wäre nicht das erste Mal, denn es geschieht immer, kurz bevor monolithische Industrien angesichts zahlloser kleiner Wettbewerber zerfallen, wie in der Musikindustrie und in der Zeitungsbranche.

Man muss nur die Zugangshemmnisse verringern, und schon strömen die Massen herein.

Die Demokratisierung hat die Macht, die Werkzeuge in die Hände derer zu legen, die am besten damit umgehen können. Wir alle haben unsere eigenen Bedürfnisse, unsere eigenen Fachkenntnisse, unsere eigenen Ideen. Wenn wir alle Werkzeuge in die Hand bekommen, die wir brauchen, um diese Bedürfnisse zu befriedigen, oder sie nach unseren eigenen Ideen anpassen können, können wir gemeinsam die volle Bandbreite an Möglichkeiten eines Werkzeugs ausschöpfen.

Das Internet hat das Verlagswesen, die Fernmeldetechnik und die Kommunikation demokratisiert. Die Folge war, dass immer mehr Menschen immer stärker an der digitalen Welt teilnahmen – es entstand der Long Tail der Bits.

Jetzt geschieht dasselbe bei der Herstellung materieller Gegenstände, und der Long Tail der Dinge entsteht.

Mein erstes Buch, *The Long Tail*, handelte genau davon, dem kulturellen Wandel hin zu Nischenprodukten, aber vor allem in der digitalen Welt.

Im vergangenen Jahrhundert war die natürliche Bandbreite und Auswahl bei Produkten wie Musik, Filmen und Büchern meistens nicht sichtbar. Die engen »Kapazitätsgrenzen« der traditionellen Verteilungssysteme, der Ladengeschäfte, Sendekanäle und Megaplex-Kinos ließen das einfach nicht zu. Als diese Produkte aber online verfügbar wurden auf digitalen Marktplätzen mit unbegrenzten »Regalflächen«, gab es auch eine entsprechende Nachfrage: Das Monopol der Blockbuster war gebrochen. Der kulturelle Massenmarkt verwandelte sich in einen Long Tail von Mikromärkten, wie jeder weiß, der heute mit Teenagern zu tun hat. (Wir alle sind jetzt Indie!)

Oder anders ausgedrückt: Unsere Spezies hat sich als deutlich vielfältiger erwiesen, als die Märkte des 20. Jahrhunderts vermuten ließen. Die begrenzte Auswahl in den Läden unserer Jugend entsprach den wirtschaftlichen Anforderungen des Einzelhandels und nicht dem eigentlichen Geschmack der Menschen. Jeder von uns ist anders, jeder von uns will und braucht etwas anderes, und das Internet gibt all dem in einer Weise Raum, wie es die materiellen Märkte nicht vermochten.

Das gilt natürlich nicht nur für digitale Produkte. Das Internet hat auch die Angebotsvielfalt an materiellen Produkten für Verbraucher deutlich vergrößert. Aber es hat dies erreicht, indem es den *Vertrieb* verändert hat, nicht die Produktion.

Für materielle Waren gab es im Vertrieb des 20. Jahrhunderts drei Nadelöhre, die für die begrenzte Auswahl verantwortlich waren. Nur Waren, die alle drei Tests bestanden, kamen in den Verkauf:

1. Die Nachfrage nach den Produkten musste so groß sein, dass ein Hersteller sie produzierte.
2. Die Nachfrage nach den Produkten musste so groß sein, dass Einzelhändler sie in ihr Sortiment aufnahmen.
3. Die Nachfrage nach den Produkten musste so groß sein, dass die Käufer sie fanden (über Werbung oder prominente Platzierung in den Läden).

Das Internet war von Anfang an bei den letzten beiden Punkten sehr hilfreich, wie Amazon gezeigt hat.

Zunächst arbeiteten Amazon und Konsorten nur mit zentralen Auslieferungslagern, ermöglichten später aber auch Drittanbietern den Zugang zu ihren Angebotsplattformen, die den Vertrieb abwickelten und so eine dezentrale Lagerhaltung ermöglichten. Durch dieses Arrangement konnten sehr viel mehr Produkte ins Angebot aufgenommen werden, als ein lokaler Einzelhändler jemals könnte. (Diese Plattformen ähnelten damit dem ursprünglichen Katalogversandhandel, nur unterlag das Angebot auch keiner Begrenzung durch die Seitenzahl der Kataloge mehr, die per Post verschickt wurden.)

Die Internetsuche wurde als Recherchewerkzeug immer beliebter, und so stieß man bald auch auf Waren, für die mangels Nachfrage im stationären Handel nicht geworben wurde.

eBay sorgte indessen für eine entsprechend große Auswahl an Gebrauchsgütern. Zahllose spezialisierte Internethändler betraten den Markt, und Google lieferte die entscheidende Zutat: die Möglichkeit, alles zu finden. Heute ist die Angebotspalette im Web für materielle Waren genauso groß wie für digitale. Die Nadelöhre 2 und 3 fallen kaum noch ins Gewicht.

Aber was ist mit dem ersten Nadelöhr? Wie kann von Anfang an eine breitere Palette von Waren produziert werden? Das Internet hat

auch in diesem Punkt zu Fortschritten geführt. Die Fähigkeit des Webs, die »diffuse Nachfrage« auszuschöpfen (also die Nachfrage nach Produkten, für die an keinem einzelnen Ort genug Nachfrage besteht, als dass sie in örtlichen Geschäften geführt würden, deren Verkauf aber Sinn macht, wenn man die Nachfrage danach aus der ganzen Welt aggregiert), führte dazu, dass Hersteller einen Markt für Waren fanden, die den Test des traditionellen Vertriebssystems nicht bestanden hätten. Folglich wurden mehr Nischenprodukte hergestellt, weil online auf dem globalen Markt genug Nachfrage nach ihnen bestand.

Das war jedoch nur der Anfang, denn die wahre Internetrevolution bestand nicht darin, dass man nur eine größere Auswahl an Produkten kaufen konnte, sondern dass man *eigene Produkte herstellen* und sie an andere verkaufen konnte. Die zunehmende Verbreitung von Digitalkameras führte zu einer Explosion von Videos auf YouTube, digitale Desktop-Tools bewirkten dasselbe für Musik, Verlagswesen und Software. Mit etwas Talent konnte jeder alles herstellen. Niemand wurde mehr von der Teilhabe ausgeschlossen, weil der Zugang zu geeigneten Maschinen oder Vertriebsstrukturen fehlte. Mit Talent und Ehrgeiz fand jeder ein Publikum, selbst wenn man nicht bei der richtigen Firma arbeitete oder den richtigen Bildungsabschluss hatte.

Im Web bestehen die »Waren« immer noch überwiegend aus Kreativität und ihren digitalen Ausdrucksformen, vor allem Text, Bild und Video. Sie konkurrieren mit den Handelsgütern zwar nicht um Verkäufe, aber um Zeit. Ein Blog mag kein Buch sein, aber letzten Endes sind beide nur unterschiedliche Arten der Unterhaltung oder Information. Die größte Veränderung des letzten Jahrzehnts bestand darin, dass die Menschen mehr Zeit damit verbrachten, privat erstellte Medieninhalte zu konsumieren, als mit dem Konsum professioneller Inhalte. Der Aufstieg von Facebook, Tumblr, Pinterest und ähnlicher Websites bedeutet eine gewaltige Verschiebung der Aufmerksamkeit von den kommerziellen Inhaltslieferanten des 20. Jahrhunderts hin zu den privaten Inhaltslieferanten des 21. Jahrhunderts.

Jetzt geschieht dasselbe bei den materiellen Gütern. Statt Kameras und Musikbearbeitungstools geht es heute um 3-D-Drucker und andere Desktop-Prototyping-Werkzeuge. Mit ihnen können Einzel-

stücke für den eigenen Gebrauch hergestellt werden. Rufus Griscom, ein Webunternehmer und der Gründer von Babble.com, nannte es »die Renaissance des Dilettantismus«.

Gleichzeitig beschreiten die Fabriken der Welt neue Wege. Sie bieten über das Internet eine Produktion auf Abruf als Dienstleistung an für jeden mit einem digitalen Entwurf und einer Kreditkarte. Sie ebnet einer völlig neuen Klasse von Entwicklern den Weg in die Produktion. Entwickler haben so die Möglichkeit, ihre Prototypen in Produkte zu verwandeln, ohne eine eigene Fabrik bauen oder auch nur eine eigene Firma besitzen zu müssen. Industrielle Herstellung ist nur noch ein weiterer »Cloud Service«. Er ermöglicht es, per Webbrowser einen winzigen Teil der gewaltigen industriellen Infrastruktur zu nutzen, wie und wann man ihn braucht. Geleitet werden diese Fabriken von anderen; wir greifen nur bei Bedarf auf sie zurück, so wie wir auch auf die riesigen Serverfarmen von Google oder Apple zurückgreifen, um unsere Fotos zu speichern oder unsere E-Mails zu verarbeiten.

Die globalen Lieferketten sind »größenunabhängig« geworden und können jetzt kleine und große Kunden beliefern, den Bastler in der Garage *und* Samsung. So drücken es zumindest die Wissenschaftler aus. Alle anderen sagen dazu: Alles ist möglich. Die Macht über die Produktionsmittel liegt jetzt in den Händen der Menschen. Eric Ries, Autor von *The Lean Startup*, sagt, Marx habe unrecht gehabt: »Entscheidend ist nicht mehr, wer die Produktionsmittel besitzt. Entscheidend ist, wer die Produktionsmittel *mietet*.«

Die offenen Lieferketten erinnern an die Entwicklung von Web-Publishing und E-Commerce von vor zehn Jahren. Das Internet, von Amazon bis eBay, legte einen Long Tail der Nachfrage nach materiellen Nischenprodukten offen. Heute ermöglichen demokratisierte Produktionswerkzeuge auch einen Long Tail des Angebots.

## Der industrielle Kunsthandwerker

Den Long Tail der Dinge gibt es schon seit Jahren, nur nicht in dieser Größenordnung. Sie stoßen drauf, sobald Sie online etwas suchen, das Sie besonders interessiert. Sie besitzen einen Oldtimer, einen alten MG Roadster vielleicht? Ein paar Klicks im Browser, und schon

sind Sie auf der Website eines Spezialanbieters, der nichts anderes herstellt als Bowdenzüge für Motorhauben von Automodellen, die seit einer Generation nicht mehr hergestellt werden. Oder Sie suchen einen Schmuckbaum, um Halsketten daran aufzuhängen? Sie beginnen Ihre Suche vielleicht bei Crate & Barrel, aber nur fünf Mausklicks später landen Sie bei Etsy und kaufen dort etwas viel Tolleres und Interessanteres (aber nicht Teureres) von einem Metallkünstler aus Texas. Die ganze Vielfalt ist jetzt frei zugänglich.

Durch den Aufstieg der »Handwerker«-Bewegung und der handwerklichen Produktion in großem Maßstab entstand eine breitere Nachfrage nach Spezialgütern. Derzeit gibt es in Brooklyn jede Menge Anbieter von selbst eingelegtem Gemüse. Hier in Berkeley boomt der Markt für handgemachten Senf; und sogar bei Wal-Mart gibt es inzwischen über 100 verschiedene Senfsorten zu kaufen, darunter viele steingemahlene Sorten. Die örtlichen Schokoladenhersteller, wie Tcho, wetteifern darum, wer die weitreichendste moralisch vertretbare Wertschöpfungskette hat. Viele Firmen behaupten, ihre Produkte seien »Bio« und »Fair Trade«, aber gilt das auch schon für die einzelnen Kakaobohnen? Und werden sie direkt in Ghana eingekauft? Und sind zumindest einige Pflücker namentlich bekannt? Für jemanden, dem das wichtig ist, sind Handwerker die idealen Handelspartner, weil auch ihnen wahnsinnig *wichtig* ist, was sie tun.

Was zeichnet diese materiellen Nischenprodukte aus, die von Menschen und Gruppen hergestellt werden, die sich nicht nach den wirtschaftlichen Anforderungen der Großindustrie richten?

Zunächst einmal erzielen Nischenprodukte für eine anspruchsvolle Zielgruppe höhere Preise. Die besten Beispiele hierfür sind Designermode und gute Weine.

Spezialgüter mit einzigartigen Eigenschaften polarisieren: Für den einen sind sie perfekt, für andere nicht. Aber Menschen, auf die solche Waren perfekt zugeschnitten sind, sind oft bereit, dafür auch entsprechend zu bezahlen. Exklusivität hatte schon immer ihren Preis, von maßgeschneiderter Bekleidung bis zu schicken Restaurants.

Die Designerfirma i.materialise nennt das »die Macht des Einzigartigen«. In einer Welt, in der Einheitskonsumgüter vorherrschen, ist der beste Weg, um aus der Masse herauszustechen, die Her-

stellung von Produkten, die individuelle Bedürfnisse befriedigen, keine allgemeinen. Nach Maß angefertigte Fahrräder passen besser. Im Moment ist es noch ein Privileg der Reichen, weil solche Produkte in Handarbeit hergestellt werden müssen. Aber was wäre, wenn sie digital hergestellt werden könnten, sodass durch Komplexität oder bei kleinen Fertigungsserien keine zusätzlichen Kosten entstehen?

Wenn Computer die Fertigungsmaschinen steuern, gibt es inzwischen bei der Produktion jeweils unterschiedlicher Einzelstücke kaum noch Mehrkosten. Jeder Katalog und jede Zeitschrift in der Post mit einer personalisierten Nachricht an den Empfänger ist ein Beispiel dafür, wie eine vormals auf einheitliche Produktion ausgelegte Fertigungsmaschine – die Druckerpresse – durch eine Maschine ersetzt wurde, die auf individualisierte Produktion ausgelegt ist, in diesem Fall einen großen Bruder des Desktop-Tintenstrahldruckers. Ein weiteres Beispiel ist ein Kuchen mit einer raffinierten Zuckerglasur aus dem Supermarkt. Die Glasur wird von einem Roboterarm aufgetragen, der für jede Kuchenglasur gleich lange braucht, egal, ob jeder Kuchen anders verziert wird oder alle gleich. Die individualisierte Kuchenglasur kostet in der Produktion nicht mehr, aber der Supermarkt kann einen höheren Preis dafür verlangen, weil ein solcher Kuchen als wertvoller wahrgenommen wird. Die alten, teuren Spezialmaschinen, die ein Produkt in hohen Stückzahlen produzieren mussten, um die Kosten der Umrüstung zu rechtfertigen, sind ein Auslaufmodell.

Diese Nischenprodukte werden von den Wünschen und Bedürfnissen der Menschen bestimmt, nicht von den Wünschen und Bedürfnissen der Firmen. Natürlich müssen Firmen gegründet werden, um diese Waren in den benötigten Mengen herzustellen. Aber solche Unternehmer halten an ihren Wurzeln fest und bestätigen häufig, dass sie sich vor allem in den Dienst der Gemeinschaft stellen wollen, und erst an zweiter Stelle das Geldverdienen steht. Waren, die von leidenschaftlichen Kunden hergestellt werden, die den Schritt ins Unternehmertum gewagt haben, strahlen eher handwerkliche Qualität aus und weniger effiziente Massenproduktion.

In gewisser Hinsicht ist dies nur ein Extrembeispiel für die Spezialisierung, die Adam Smith in *Der Wohlstand der Nationen* als Schlüssel zu einem effizienten Markt erkannte. Menschen sollten

nur das tun, was sie am besten können, schrieb er, und dann mit anderen spezialisierten Herstellern handeln. Kein Mensch und keine Stadt sollte versuchen, alles selbst herzustellen, weil eine Gesellschaft als Ganzes durch effiziente Arbeitsteilung mehr erreichen kann: komparativer Vorteil plus Handel ist gleich Wachstum. Was im 18. Jahrhundert gut war, ist im 21. Jahrhundert sogar noch besser. Denn jetzt haben Spezialisten Zugang zu globalen Versorgungsketten, um das Ausgangsmaterial für ihre Waren zu beziehen, und sie haben auch Zugang zu globalen Verbrauchermärkten, um ihre Nischenprodukte zu verkaufen.

Vor fast 30 Jahren sagten zwei Professoren des MIT, Michael Piore und Charles Sabel, diese Veränderungen in ihrem Buch *Das Ende der Massenproduktion* voraus. Sie vertraten die Auffassung, dass das Modell der Massenproduktion, das die industrielle Produktion des 20. Jahrhunderts bestimmte, nicht unvermeidlich war, und dass es zu weiteren neuen Entwicklungen im Bereich Warenproduktion kommen würde.

*»Unter anderen historischen Bedingungen hätten Firmen, die mit einer Kombination aus handwerklichem Können und flexibler Ausstattung arbeiten, eine zentrale Rolle im modernen Wirtschaftsleben einnehmen können. Stattdessen wurden sie in fast allen Bereichen der Industrie von Konzernen verdrängt, die auf Massenproduktion setzten. Hätte sich dieses mechanisierte Handwerk durchgesetzt, stünden Industriebetriebe für uns heute für bestimmte Gemeinschaften und wären nicht die unabhängigen Organisationen, die durch die Massenproduktion allgegenwärtig scheinen.«<sup>20</sup>*

Heute hat die digitale Desktop-Fertigung tatsächlich das »mechanisierte Handwerk« ermöglicht, von dem Piore und Sabel nur träumen konnten. Die Maker-Bewegung führte nicht zu einer Rückkehr zu den Nähmaschinen und lokalen Werkstätten, die vor 100 Jahren von den großen Fabriken aus dem Markt gedrängt wurden. Stattdessen basiert die Maker-Bewegung auf digitaler Hightech-Fertigung und erlaubt es gewöhnlichen Menschen, nach Bedarf große Fabriken für die eigene Herstellung zu nutzen. So werden lokale Erfindungen mit globaler Produktion perfekt kombiniert und Nischenmärkte versorgt, die von Geschmack bestimmt werden, nicht von Geogra-

fie. Diese neuen Produzenten werden auf keinen Fall dieselben Einheitsprodukte herstellen, die für die Ära der Massenproduktion typisch waren. Sie werden stattdessen mit Einzelanfertigungen für Einzelkunden anfangen, dann darauf aufbauen und herausfinden, wie viele andere Kunden dieselben Interessen, Leidenschaften und besonderen Bedürfnisse teilen.

## Glückswirtschaft

Interessanterweise führt eine solche Hyperspezialisierung nicht notwendigerweise zu maximalem Profit. Sie maximiert eher die *Bedeutung*. Adam Davidson beschrieb dies im *The New York Times Magazine* als natürliche Evolution eines wohlhabenden Staates, in dem die Grundbedürfnisse der Mittelschicht höherer Gesellschaftsschichten mehr als befriedigt sind:

*»In der Glücksforschung wird recht überzeugend argumentiert, dass Menschen, sobald sie ein gewisses Maß an Wohlgefühl erreicht haben, bereit sind oder sogar danach streben, mögliche Einkünfte durch einen gut bezahlten, aber wenig anregenden Job gegen eine schlechter (aber ausreichend gut) bezahlte, aber befriedigendere Arbeit einzutauschen. Forschungsergebnisse des Wirtschaftswissenschaftlers Erik Hurst aus Chicago legen nahe, dass die Hälfte aller Unternehmer mit ihrer Firmengründung ebenso nach Glück strebt wie nach Profit.«<sup>21</sup>*

Außerdem schätzen Kunden Produkte eher mehr, die ihnen das Gefühl geben, an der Entstehung beteiligt gewesen zu sein, egal, ob sie dafür einen Bausatz zusammengebaut oder die Entwickler nur online ermutigt haben. Forscher nennen dies den »IKEA-Effekt«, und er entstand ursprünglich in der Hauswirtschaft. Der Verhaltensökonom Dan Ariely und Kollegen von der Duke University schrieben darüber in einem Aufsatz:

*»In den 1950er-Jahren kamen Fertigbackmischungen für Kuchen auf den Markt. Sie waren Teil breit angelegter Bemühungen, das Leben der amerikanischen Hausfrau zu erleichtern, indem die manuelle*

*Arbeit minimiert wurde. Aber die Hausfrauen lehnten diese Produkte zunächst ab: Die Mischungen machten das Kochen zu einfach und werteten ihre Arbeit und ihre Fähigkeiten ab. Daraufhin änderten die Hersteller das Rezept ab, sodass jetzt ein Ei hinzugegeben werden musste. Vermutlich gibt es verschiedene Gründe, warum diese Veränderung zu einer größeren Akzeptanz führte, aber der eigene Arbeitsbeitrag schien eine entscheidende Zutat zu sein.«<sup>22</sup>*

Die Autoren des Aufsatzes hatten eine Studie mit IKEA-Möbeln durchgeführt. Als die Teilnehmer der Studie vor die Wahl gestellt wurden, entweder IKEA-Möbel zu kaufen, die sie selbst zusammengebaut hatten, oder solche, die andere zusammengebaut hatten, boten sie für ihre Eigenbauten 67 Prozent mehr. Derselbe Versuch wurde mit Lego-Bausätzen und Origami-Figuren durchgeführt. In allen Fällen waren die Testpersonen bereit, mehr für etwas zu bezahlen, zu dem sie mit ihrem eigenen Schweiß beigetragen hatten. Das ist die Maker-Provision, der ultimative Schutz vor Kommerzialisierung.

Egal in welcher Nische – Ersatzteile für Mountainbikes, Zubehör für Oldtimer, Schutzfolien für Handys oder andere Spielereien: In allen Bereichen entsteht eine Welle neuer Mikrounternehmen, die online verkaufen. Zwar ist jeder Markt anders, aber eines haben diese neuen Kreativen alle gemeinsam: Sie waren einst Konsumenten, die etwas haben wollten, das es noch nicht gab. Statt sich mit dem zufriedenzugeben, was auf dem Markt angeboten wurde, erschufen sie selbst etwas Besseres. Und sobald das erste Exemplar fertiggestellt war, wurde es immer einfacher, mehr davon herzustellen. So entstanden aus den Reihen leidenschaftlicher Konsumenten neue kleine Unternehmen.

Welche Bedeutung hat »Handwerk« in einer digitalen Welt? Mario Carpo, ein italienischer Architekturhistoriker, schrieb in seinem Buch *Alphabet und Algorithmus* aus dem Jahr 2012: »Variabilität ist das Kennzeichen aller handgefertigten Produkte.« Das überrascht niemanden, der schon einmal einen maßgeschneiderten Anzug gekauft hat. Aber er fährt fort:

*»Heute kann derselbe Differenzierungsprozess sehr viel stärker im Voraus festgelegt, programmiert und bis zu einem gewissen Grad*

*gestaltet werden, als in den Zeiten der manuellen Technik vorstellbar war. Variabilität wird jetzt zum Bestandteil einer automatisierten Planungs- und Produktionskette.»<sup>23</sup>*

Ein gutes Beispiel hierfür ist das Internet selbst. Jeder von uns erlebt das Internet anders. Wenn wir die Websites großer Internethändler wie Amazon besuchen, wird die Startseite speziell für uns angepasst. Sie zeigt dann das an, von dem die Algorithmen der Website annehmen, dass wir es mögen. Selbst auf Seiten mit statischen Inhalten sind die Werbeanzeigen unterschiedlich. Sie werden durch Software eingefügt, die unser Verhalten in der Vergangenheit auswertet und unsere zukünftigen Handlungen vorhersagt. Wenn wir durchs Internet surfen, durchsuchen wir es eigentlich. Dabei benutzen wir nicht nur unterschiedliche Suchbegriffe, sondern jeder Nutzer erhält mit denselben Suchbegriffen unterschiedliche Ergebnisse, je nach persönlicher Suchhistorie.

Carmo schreibt: »Das ist, vereinfacht ausgedrückt, die goldene Formel, die Google zu einem sehr reichen Unternehmen gemacht hat. Variabilität, die in einer traditionell mechanischen Umgebung zum Problem werden konnte ... wurde in der neuen digitalen Umgebung zu einem Aktivposten – sogar zu einem der gewinnträchtigsten.«

## Information enthalten

Maßgeschneiderte Anzüge und Bauernmärkte gab es schon immer. Was ist jetzt anders? Die einfache Antwort lautet: Die Heimwerkerkultur traf plötzlich auf die Internetkultur, und digitales Design bildet die Schnittstelle zwischen diesen beiden Kulturen: materielle Produkte, die zunächst auf dem Bildschirm entstehen.

Ein Blick in einen Apple-Store genügt schon: All die glänzenden Objekte, alle wunderschön gestalteten und produzierten Stücke aus Titan, hochwertigem Kunststoff und Schaltkreisen begannen ihre Existenz irgendwo auf einem Bildschirm. Dasselbe gilt für einen Nike-Store oder einen Autohändler.

Materielle Produkte sind immer öfter nur digitale Information, die mit Robotertechnologie wie CNC-Fräsen und Bestückungsauto-

maten, die Leiterplatten drucken, in eine physische Form überführt werden. Diese Information besteht aus einem Entwurf, der in Anweisungen für automatisierte Produktionsanlagen übersetzt wird. Man könnte sagen, dass Hardware heutzutage überwiegend aus Software besteht und Produkte kaum mehr sind als geistiges Eigentum, das in Konsumgüter integriert wird. Dabei kann es sich um Code handeln, der Standardchips in Kleingeräten steuert, oder Dateien mit 3-D-Entwürfen, die eine Produktionslinie steuern.

Je mehr Produkte zu Information werden, umso mehr kann man sie wie Information behandeln: Sie können von allen gemeinschaftlich erzeugt, online und weltweit veröffentlicht, neu zusammengestellt oder völlig überarbeitet werden, sie können verschenkt oder auch geheim gehalten werden. Kurz: Atome sind die neuen Bits, weil sie immer mehr zu *Bits gemacht werden*.

Das Ergebnis ist, dass wir heute das erleben, was Joseph Flaherty, der Autor des Replicator-Blogs, das »mooresche Gesetz der Atome« nennt. Das originale mooresche Gesetz, benannt nach dem Intel-Ingenieur Gordon Moore, beschreibt die Verdopplung der Rechenleistung pro Dollar alle 24 Monate, von der die Computerindustrie seit den 1970er-Jahren geprägt wurde. Dieses exponentielle Wachstum ist eine Folge der sogenannten »zusammengesetzten Lernkurve«: Bahnbrechende Entwicklungen in der Halbleiterforschung gibt es häufig (etwa alle drei Jahre). Sie bauen jeweils aufeinander auf und erhöhen so die Fortschrittsgeschwindigkeit erheblich.

Warum kommt es dann nicht in allen Branchen so schnell zu Fortschritten? Weil die wissenschaftliche Forschung über Halbleiter noch relativ jung ist. Sie basiert auf den Durchbrüchen in der Quantenmechanik- und Materialforschung des frühen 20. Jahrhunderts, einer bemerkenswerten Zeit voller Entdeckungen, die einen völlig neuen Teilbereich der Physik eröffneten. »Es gibt viel Spielraum nach unten«, lautet ein berühmtes Zitat von Richard Feynman über die atomare Ebene der Materie, und wir sind immer noch dabei, diesen Spielraum auszuloten.

Die industrielle Entsprechung hiervon ist nicht mit einer völlig neuen Physik vergleichbar. Es handelt sich dabei nur um die Kombination von Technologien, die das originale mooresche Gesetz uns beschert hat: Computer, digitale Information, das Internet und, vor allem, miteinander verbundene Menschen.

## Remix der materiellen Welt

Wie umfangreich diese Veränderungen sind, wird leicht unterschätzt, denn auf den ersten Blick scheint sich der Herstellungsprozess nicht sehr verändert zu haben. Mein Großvater entwarf seine Maschinen auf Papier und baute die Prototypen von Hand in seiner Werkstatt. Ich erstelle meine Entwürfe mit CAD, und wenn ich einen Prototyp haben will, schicke ich meine Daten an meinen Desktop Fabricator oder an den Industrieroboter eines Dienstleisters. Aber am Ende beider Prozesse steht bei uns beiden ein Prototyp. Was ist dann so großartig an meiner Vorgehensweise?

Die Antwort liegt in den einzigartigen Eigenschaften digitaler Information. Es handelt sich um einen scheinbar kleinen Unterschied: Ob Produkte als physische Objekte mit anderen geteilt werden oder als *digitale Beschreibungen* von physischen Objekten. Schließlich ist es doch egal, welche Form die Anleitung hat, wenn man die Produkte so oder so herstellen muss?

Doch in den letzten Jahrzehnten stellte sich heraus, dass es sehr wohl einen Unterschied gibt: Digitale Daten können praktisch kostenlos und ohne Qualitätsverlust kopiert und mit anderen geteilt werden. Entscheidender ist jedoch, dass sie genauso leicht *verändert* werden können. Wir leben in einer »Remix«-Kultur: Alles wird von etwas inspiriert, das vorher schon da war, und Kreativität zeigt sich sowohl in der Neuinterpretation vorhandener Werke als auch in der Schöpfung neuer Werke. Das war schon immer so (die Griechen behaupteten, es gebe nur sieben verschiedene Handlungen, und alle Geschichten unterschieden sich nur in einzelnen Details von einer dieser Handlungen), aber es war noch nie so einfach wie heute. Mit dem Werbeslogan »Rip. Mix. Burn.« ermutigte Apple Musikkonsumenten dazu, Musik zu kopieren, neu zu mischen und zu brennen. Analog dazu predigt Autodesk jetzt »Rip. Mod. Fab.« (Objekte mit 3-D-Scanner erfassen, sie in einer CAD-Anwendung verändern und dann mit einem 3-D-Drucker ausdrucken).

Die Möglichkeit, einfach ein »Remix« digitaler Daten herzustellen, fördert die Bildung von Gruppen. Sie lädt zum Mitmachen ein. Man muss mit einer Erfindung nicht bei null anfangen und auch keine völlig neue Idee haben. Man kann einfach als Teil einer Gemeinschaft zur Verbesserung bestehender Ideen oder Entwürfe

beitragen. Die Zugangshindernisse für eine Teilnahme sind niedriger, weil es einfacher ist, digitale Daten zu verändern, als sie selbst völlig neu zu erstellen.

Mein Großvater arbeitete allein an seinen Erfindungen, nicht weil er besonders ungesellig war, sondern weil es keine einfache Möglichkeit gab, sie mit anderen zu teilen. Ich bin wahrscheinlich nicht extrovertierter als er, aber weil mein Medium digital ist, ist das Teilen für mich selbstverständlich. Durch Teilen entstehen Gemeinschaften. Und die Stärke von Gemeinschaften sind Remixe, auszuloten, was ein Produkt alles sein kann, es dadurch zu verbessern und es zu verbreiten, schneller, als jeder Einzelne oder eine einzelne Firma es könnte.

Man darf sich den digitalen Entwurf eines Produkts nicht als Bild davon vorstellen, wie es aussehen soll, sondern als mathematische Gleichung des Herstellungsprozesses. Das ist keineswegs metaphorisch gemeint, denn so funktioniert ein CAD-Programm tatsächlich. Wenn man am Bildschirm ein 3-D-Objekt zeichnet, schreibt der Computer eine Serie geometrischer Gleichungen, die eine Maschine anweisen kann, das Objekt in jeder Größe und aus jedem Material zu reproduzieren, unabhängig davon, ob es Pixel am Monitor sind oder Kunststoff aus einem Drucker. Diese Gleichungen beschreiben zunehmend nicht nur die Form des Produkts, sondern auch seine physikalischen Eigenschaften, welcher Teil biegsam oder steif ist, welcher Teil Elektrizität leitet und welcher Teil Hitze isoliert, wo es glatt und wo es rau ist.

Alles ist jetzt also ein Algorithmus. Und genau wie jede Google-Suche einen Algorithmus benutzt, um für jeden Anwender ein anderes Ergebnis auszugeben, so können Algorithmen auch Produkte an die Bedürfnisse der Kunden anpassen.

Der Architekt Greg Lynn entwarf für sein Projekt *99 Teapots* eine Teekanne mit einem CAD-Programm und ließ die Software dann 99 Remixe davon erstellen. Für jede einzelne Kanne wurde eine Gießform aus Grafit hergestellt, in der Titan zur Explosion gebracht wurde, um jede Teekanne einzigartig zu machen. (Bei einem Stückpreis von bis zu 50 000 Dollar handelte es sich dabei eher um Kunstwerke als um Teegeschirr, aber der Herstellungsprozess war dabei genauso interessant wie das Produkt.)

Lynn erklärte, die Erschaffung solcher Formvariationen sei die eigentliche Aufgabe moderner Designer. In einer Rede bei der TED-

Konferenz im Jahr 2005 sprach er über die Herausforderungen, vor der die Designer von BMW ständen: Das Unternehmen arbeitet immer mit mehreren Dutzend Designs gleichzeitig, von der 3er-Reihe für 30 000 Dollar bis zur 7er-Reihe für 70 000 Dollar. Alle BMW-Autos sollen »aussehen wie BMWs«, das heißt, es soll eine gewisse Familienähnlichkeit zwischen ihnen bestehen. Aber wenn der doppelt so hohe Preis der 7er-Reihe gegenüber der 3er-Reihe gerechtfertigt sein soll, dürfen sie sich nicht *zu* ähnlich sein. Stattdessen sollte ein 7er mehr den anderen Modellen der 7er-Reihe ähneln.

Was macht einen BMW zu einem BMW? Und was macht einen 7er-BMW zu einem 7er-BMW? An den technischen Daten allein kann es nicht liegen. Es muss ein gemeinsames ästhetisches Element geben, das sich nicht in Worte fassen lässt, aber leicht erkannt wird. Vor Jahrzehnten zeichnete die Fähigkeit dazu einen Meisterdesigner aus, und wenn man für BMW oder Apple arbeitet, also Unternehmen, die sich über ein unverwechselbares Design definieren, ist das wahrscheinlich auch heute noch so. Aber heute übernimmt in den meisten Firmen ein Algorithmus diese Aufgabe. Software wird immer mehr zur treibenden Kraft hinter dem Designprozess. Die Grundzüge werden von Menschen festgelegt, aber die Details und Variationen werden von Programmen ergänzt, die den Vorgaben von Materialeigenschaften und effizienter Produktion folgen und leicht für zahllose Varianten abgewandelt werden können.

Carpo erklärt es konkret: »Algorithmen, Software, Hardware und numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen stellen die neuen Standards im Produktdesign dar ... Beim mechanischen Prägedruck wird mehreren Objekten dieselbe Form eingeprägt, während bei einem algorithmischen Prägedruck Form und Tiefe des Drucks von einem Objekt zum anderen verändert und abgewandelt werden können.«

Das klingt vertraut? Es klingt nach der »individualisierten Massenfertigung«, die die erste Welle des Internethandels vor zehn Jahren versprach. Wenn ein Produkt nach Wunsch gebaut werden kann, warum sollte es dann nicht auch nach Wunsch entworfen werden? Zumindest könnte man dem Kunden die Möglichkeit bieten, das Produkt an seinen Geschmack anzupassen. Dells Erfolg mit kundenspezifischen Computern schien eine Ära einzuläuten, in der

alles auf diese Weise hergestellt und verkauft würde, von Autos bis Kleidung.

Aber diese Ära gab es nicht, zumindest nicht im erwarteten Umfang. Autos werden, zum Beispiel, vor allem nach Verlässlichkeit ausgesucht. Je mehr unterschiedliche Alternativen es im Produktionsprozess gibt, umso eher steigt die Fehlerquote. Ohne ein perfektes 3-D-Modell der Kunden (und ein telepathisches Wissen über ihre Vorlieben) kann man Kleidung nur schwer nach Maß fertigen, weswegen Schneider auch heute noch bei Männern die Beininnenlänge messen.

Die bekanntesten Beispiele für individualisierte Massenfertigung sind auch heute noch trivial, und vor allem schon lange nicht mehr neu: NikeiD-Schuhe (wo man eigene Muster für Standardsportschuhe entwerfen kann), individuell bedruckte M&Ms und Ähnliches mehr. Dass der eigene Name auf die Rückseite eines iPad gedruckt wird, ist schwerlich eine industrielle Revolution.

Selbst bei Dell gibt es kaum noch individualisierte Massenfertigung. Heute kann man nur noch unter den Standardmodellen auswählen mit zwei oder drei Wahlmöglichkeiten für Speicher, CPU, Festplatte und Grafikkarte, und wenn man sich nicht für die beliebteste Kombination entscheidet (die Dell auf bewährte Art in Serie herstellt), verzögert sich die Auslieferung um zwei zusätzliche Wochen. Autohersteller machen es genauso. Sie alle stellten fest, dass mehr Auswahl zu mehr Qualitätsschwankungen führt und die Lagerbestände schwerer kalkulierbar macht. Wenn Konsumenten vor die Wahl gestellt werden zwischen unbegrenzt vielen Varianten und Produkten, die billig, verfügbar und verlässlich sind, entscheiden sich die meisten für die sichere Alternative: die Einheitsversion.

Entsprechend selten sind auch die Angebote, wo Kunden ihre eigenen Produkte online entwerfen können. Threadless (T-Shirts), Lulu (Veröffentlichungen von Büchern im Selbstverlag), CafePress (Kaffeetassen und anderer Kleinkram) und ähnliche Firmen sind gut im Geschäft, aber sie sind weniger Musterbeispiele für individualisierte Massenfertigung als Plattformen für Kreativität. Sie ermöglichen den Kunden lediglich, kleine Chargen von standardisierten Grundprodukten herstellen zu lassen, von T-Shirts, Tassen und gebundenem Papier.

Daher werde ich über die »individualisierte Massenfertigung« auch nicht mehr viele Worte verlieren. Was das neue Industriemodell allerdings hervorgebracht hat, ist ein Massenmarkt für Nischenprodukte. Dabei geht es nicht um Stückzahlen von zehn Millionen (Masse) oder eins (individualisierte Masse), sondern 10 000. Man muss nicht mehr große Mengen eines Produkts verkaufen, damit es den Weltmarkt und ein großes Käuferpublikum erreicht, denn diese Produkte liegen nicht in den Regalen von Wal-Mart. Stattdessen läuft der Handel über E-Commerce-Seiten, wo immer anspruchsvollere Kunden, von sozialen Medien und Mundpropaganda beeinflusst, Spezialprodukte online kaufen.

Neil Gershenfeld, der MIT-Professor, in dessen Buch *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop* die Grundsätze der Maker-Bewegung schon zehn Jahre zuvor beschrieben wurden, beschrieb seine Erkenntnis in einer Rede bei der Maker Faire 2011 folgendermaßen:

*»Ich erkannte, dass die Killer-App für die digitale Herstellung die Personal Fabrication ist. Nicht die Möglichkeit, etwas herzustellen, das man bei Wal-Mart kaufen konnte, sondern etwas herzustellen, das man nicht bei Wal-Mart kaufen konnte.*

*Das ist genau wie bei der Umstellung von Großrechnern auf Personal Computer. Sie wurden nicht für dasselbe benutzt – Personal Computer gibt es nicht für die Inventur oder für Gehaltsabrechnungen. Stattdessen wurden Personal Computer für persönliche Angelegenheiten benutzt, von E-Mails bis Videospiele. Bei Personal Fabricators wird das genauso sein.«<sup>24</sup>*

## Small Batch

Der Blogger Jason Kottke suchte lange nach einer Bezeichnung für diese neue Art des Unternehmertums, diese Heimindustrie mit globaler Reichweite, die auf Nischenmärkte mit verteilter Nachfrage ausgerichtet ist. »Boutique« klang zu pompös, und »Indie« traf es nicht ganz. Bei anderen las er: »Handwerker, Kunsthandwerker, maßgeschneidert, cloudless, Studio, Atelier, Long Tail, agil, Bonsai-Unternehmen, Krämer, kleiner Maßstab, spezial, anatomisch, gro-

ßes Herz, GTD-Firma, Dojo, Haus, Tempel, Koterie und Disco Business«. Aber nichts davon schien den Kern der Bewegung wirklich zu erfassen.

Also schlug er »Small Batch« (wörtlich: kleine Charge) vor, ein Begriff, der meistens im Zusammenhang mit Bourbon Whiskey gebraucht wird, und dann für sorgfältiges Handwerk steht. Aber es kann sich auch allgemein auf Firmen beziehen, die mehr Wert auf die Qualität ihrer Produkte legen als auf Verkaufszahlen. Sie machen lieber etwas mit Leidenschaft als für die Masse. Heute hat jeder Zugang zu Produktions- und Vertriebsmöglichkeiten und damit durchaus diese Wahlmöglichkeit. Wal-Mart, mit allen damit verbundenen Kompromissen, ist nicht mehr der einzige Weg zum Erfolg.

Eine Million Bastler in ihren Garagen mit ihrem gesammelten Potenzial stehen an der Schwelle zu den globalen Märkten, denn ihre Ideen gehen jetzt direkt in Produktion, sie brauchen keine Finanzierung und keine Werkzeuge mehr dazu. »Drei Typen mit Laptops« war eine gebräuchliche Beschreibung für ein Internet-Start-up. Jetzt trifft diese Beschreibung auch für Hardwarefirmen zu. »Hardware wird immer mehr wie Software«, schrieb der MIT-Professor Eric von Hippel.

Das Internet war nur die Feuerprobe dafür, wie ein offenes, auf Zusammenarbeit beruhendes Industriemodell nach dem Bottom-up-Prinzip aussehen konnte. Jetzt erreicht die Revolution die reale Welt.

# TEIL ZWEI DIE ZUKUNFT



## KAPITEL 6

### DIE WERKZEUGE DER TRANSFORMATION

---

3-D-Drucker entwickeln sich zum Traum aller Alchemisten: Alles herstellen können.

---

»Tee. Earl Grey. Heiß.«

Wenn Captain Jean-Luc Picard in seinem Bereitschaftsraum an Bord des Raumschiffs *Enterprise* ein heißes Getränk haben will, dann spricht er diese Worte. Der »Replikator« des Schiffs fügt dann die notwendigen Atome zusammen – auch für die Tasse – und gibt das Getränk dann trinkfertig aus. Picard denkt sich nichts weiter dabei. Es ist für ihn so selbstverständlich wie für uns heute eine Mikrowelle. So wie wir heute in der Küche durch Mikrowellen Atome in Schwingungen versetzen und Wärme erzeugen (was in den 1950er-Jahren noch völlig undenkbar war), so bringt Picards Replikator durch eine raffinierte Energietechnik, die in *Raumschiff Enterprise: Das nächste Jahrhundert* nie näher erläutert wird, die Atome dazu, sich zu Essen und Getränken zusammenzusetzen.

Das ist zwar Science-Fiction, aber nicht unmöglich. Wenn man einem 3-D-Industriedrucker heute bei der Arbeit zusieht, kann man mit ein wenig Fantasie die Anfänge von etwas sehr Ähnlichem erahnen. Eine Wanne mit Flüssigharz bildet die Ursuppe. Ein blitzartiger Laser zeichnet Muster hinein. Eine Gestalt nimmt Form an

und erhebt sich aus dem nährenden Bad, wie durch Zauberei aus dem Nichts erschaffen.

Aber zurück zur Realität: Bis sich Moleküle von selbst anordnen, ist es noch ein weiter Weg, oder zumindest, bis sie es auf sinnvolle Weise tun. Ein 3-D-Drucker verarbeitet nur eine Materialsorte pro Druckvorgang, und wenn man Materialien kombinieren will, muss man mit mehreren Druckköpfen arbeiten oder zwischen den verschiedenen Materialien umschalten, ähnlich wie bei den unterschiedlichen Farbpatronen in einem Tintenstrahldrucker. Derzeit ist für uns nur eine maximale Auflösung von etwa 50 Mikrometern (die Dicke eines feinen Haares) möglich, während die Natur tausendmal feinere Details schafft, die nur wenige Zehntelnanometer groß sind. Bei einem 3-D-Druck setzt sich außerdem nichts von selbst zusammen: Der Drucker erledigt das. Durch die schiere Gewalt eines Lasers wird Staub oder Flüssigharz verfestigt oder Plastik geschmolzen und zu einer dünnen Schnur lang gezogen.

Aber das Prinzip wird deutlich: Wir können uns etwas ausdenken, es mit einem Computer zeichnen, und eine Maschine lässt es dann Wirklichkeit werden. Wir drücken auf einen Knopf, und es entsteht (nach einer gewissen Zeit) ein Objekt. Arthur C. Clarke schrieb: »Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.« Diese Technologie ist nahe dran.

## Vier Desktop-Fabriken

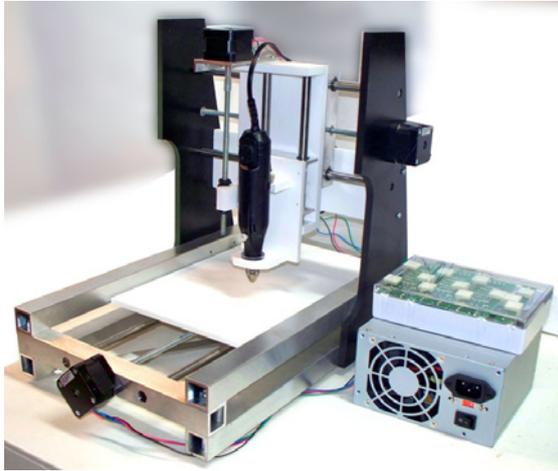
1. **3-D-Drucker:** Ein 3-D-Drucker und der Papierdrucker, der wahrscheinlich schon auf Ihrem Schreibtisch steht, sind sich sehr ähnlich. Der traditionelle Laser- oder Tintenstrahldrucker ist ein 2-D-Drucker. Er wandelt Pixel auf einem Bildschirm in Punkte aus Tinte oder Toner auf einem 2-D-Medium um, in der Regel Papier. Ein 3-D-Drucker hingegen verwandelt »Geometrien« auf einem Bildschirm (3-D-Objekte, die mit denselben Anwendungen erstellt werden, die Hollywood für CGI-Filme verwendet) in Objekte, die man in die Hand nehmen und verwenden kann. Manche 3-D-Drucker pressen Stränge aus geschmolzenem Kunststoff heraus und bauen die Objekte so schichtweise auf. Andere härten mit einem Laser Flüssigkeiten oder Pulver aus, sodass das

Produkt aus einem Rohmaterialbad emporsteigt. Wieder andere stellen Objekte aus jedem beliebigen Material her, von Glas, Stahl und Bronze bis Gold, Titan oder sogar Kuchenglasur. Man kann eine Flöte ausdrucken oder eine Mahlzeit. Man kann sogar menschliche Organe aus lebenden Zellen ausdrucken. Dabei wird eine Lösung mit Stammzellen auf einen Nährboden gespritzt, ähnlich wie ein Tintenstrahldrucker Tinte auf Papier spritzt.



MakerBot Thing-O-Matic

2. **CNC-Maschine:** Während 3-D-Drucker ein »additives« Verfahren anwenden, um Dinge herzustellen (sie werden schichtweise aufgebaut), stellt eine CNC-Fräsmaschine mit denselben Daten ein ähnliches Produkt her, wendet aber ein »subtraktives« Verfahren an, das heißt, dass die Maschine mit einem Bohrkopf ein Produkt aus einem Kunststoff-, Holz- oder Metallblock schneidet. Es gibt zahllose CNC-Maschinen für Spezialanwendungen: CNC-Quilt- und -Stickmaschinen, CNC-Blech- oder -Folienschneidemaschinen sowie CNC-Papier- und -Stoffschneidemaschinen, um nur ein paar Beispiele zu nennen. Manche CNC-Maschinen sind so groß wie Esstische und stellen Holzmöbel her. (CNC-Industriemaschinen können so groß wie eine Lagerhalle sein und Objekte von der Größe ganzer Flugzeugrümpfe herausfräsen.)



MyDIYC

**3. Lasercutter:** Der Lasercutter, eigentlich ein 2-D-Gerät, ist eines der beliebtesten neuen Desktop-Werkzeuge. Ein Laser schneidet beliebig komplexe Muster präzise in eingeführte Platten aus jedwedem Material, von Kunststoff und Holz bis zu dünnem Metall. Viele CAD-Programme können ein 3-D-Objekt in 2-D-Bestandteile zerlegen, sodass sie mit dem Lasercutter hergestellt und dann zusammengefügt werden können wie die bekannten Bausätze für Dinosaurier aus Schichtholz.



Epilog-Zing-Lasercutter

4. **3-D-Scanner:** Mit diesem Gerät, das nicht größer als ein Brotkasten sein muss, kann man »die Realität einfangen«. Statt ein Objekt komplett neu zu zeichnen, kann man ein existierendes Objekt in den Scanner legen. Mit Laser oder einer anderen Lichtquelle und einer Kamera wird das Objekt von allen Seiten abgebildet und dann in ein 3-D-Bild umgewandelt, das aus Zehn- oder Hunderttausenden von Polygonen besteht, wie eine Figur in einem Videospiel oder einem CGI-Film. Per Software wird das Bild dann vereinfacht, damit man jeden beliebigen Teil verändern kann. Viele Anwender scannen mit dem Gerät als Erstes den eigenen Kopf ein, überzeichnen dann die Gesichtszüge und lassen den 3-D-Drucker eine Wackelfigur mit dem eigenen Kopf ausgeben.



Creaform Handyscan™ MaxScan

Heute ist 3-D-Druck noch hochaktuelle Spitzentechnologie, die nur in gehobenen Designerwerkstätten und von Technikfreaks angewendet wird. Aber Sie sind vielleicht schon einmal mit einem 3-D-Drucker in Berührung gekommen, allerdings auf eine so prosaische Weise, dass Sie es nicht bemerkt haben.

In Form von zahnmedizinischen Passkörpern etwa, von der Art, die Zahnstellungen über Monate hinweg durch eine Reihe leicht

unterschiedlicher Gebisssschienen verändern, die das Gebiss jeweils fast unmerklich in eine neue Position schieben. Dafür scannt ein Zahntechniker die aktuelle Zahnstellung ein. Ein Programm errechnet dann die mathematischen Modelle für alle Zwischenstufen bis zum gewünschten Endpunkt. Am Schluss werden 3-D-Drucke aus Kunststoff von einer Reihe Gebisssschienen ausgedruckt, die dann vom Patienten über jeweils zwei oder drei Wochen getragen werden, bis die Zähne die neue Position erreicht haben.

Ähnlich sieht es bei den Prototypen für fast alle Geräte aus, die man kaufen kann, sowie bei den Architekturmodellen für die neuen Gebäude in Ihrer Umgebung. Maßgefertigte Prothesen sind 3-D-Drucke: Wenn Sie zu den Glücklichen gehören, deren Zahnarzt eine Krone bei einer einzigen Sitzung ersetzen kann, wird sie als 3-D-Druck wahrscheinlich in der Praxis hergestellt (und dann eine Keramiksicht aufgetragen). Ärzte haben schon einen kompletten menschlichen Unterkiefer aus Titan gedruckt und eingesetzt.

Heute können Sie als Spezialanfertigung einen 3-D-Druck Ihres Charakters aus *World of Warcraft* oder Ihres Xbox-Live-Avatars kaufen. In Tokio können Sie Ihren Kopf einscannen lassen und dann eine fotorealistische Figur von sich selbst kaufen (wenn Sie das nicht zu gruselig finden).

Kommerzieller 3-D-Druck funktioniert nur mit ein paar Dutzend verschiedenen Materialien, vor allem verschiedenen Metallen und Kunststoffen, aber mehr sind in Vorbereitung. Forscher experimentieren mit exotischeren Materialien, von Zellstoff bis Kohlenstoffnanoröhrchen, die einem ein Gefühl für die Tragweite dieser Technologie geben. Manche 3-D-Drucker können Schaltplatinen drucken und so komplexe Elektronikteile aus dem Nichts erschaffen. Wieder andere drucken Glasur auf Kuchen und arbeiten mit anderen flüssigen Lebensmitteln, einschließlich geschmolzener Schokolade.

Im größeren Maßstab gibt es bereits 3-D-Drucker, die Beton »ausdrucken« und so ganze mehrstöckige Gebäude herstellen können. Derzeit muss ein solcher Drucker noch so groß sein wie das Gebäude selbst, aber eines Tages kann er vielleicht direkt in einen Betonmischer eingebaut und mit Beton bestückt werden, der über Orientierungssinn verfügt, die CAD-Pläne des Architekten direkt auswertet und entscheidet, wo Beton hingehört und wie viel.

Inzwischen arbeiten Forscher ebenso hart an Fortschritten in der anderen Richtung: 3-D-Druck auf molekularer Ebene. Heute gibt es »Biodrucker«, die Schichten aus körpereigenen Zellen eines Patienten auf ein 3-D-gedrucktes »Gerüst« aus inertem Material aufdrucken. Auf dieser Grundlage wachsen die Zellen zu einem Organ heran. Bei Blasen und Nieren wurde das im Labor bereits erfolgreich durchgeführt. Wenn für den Druck Stammzellen verwendet werden, bildet das Gewebe eigene Blutgefäße und interne Strukturen aus.

Dem 3-D-Druck wird derzeit eine große Zukunft vorhergesagt. Carl Bass, der Chef von Autodesk, einem der führenden Hersteller von CAD-Autorensoftware, sieht den Aufstieg der computergesteuerten Fabrikation als eine umwälzende Veränderung, vergleichbar mit der ursprünglichen Einführung der Massenproduktion. Nicht nur der Herstellungsprozess traditioneller Konsumgüter könnte sich dadurch verändern, denn 3-D-Druck funktioniert auch in ganz unterschiedlichen Größenordnungen, von biologischen Strukturen bis zu Häusern und Brücken.

In einem Essay in der *Washington Post* erklärte Bass, was diese Art der Herstellung von anderen unterscheidet:

*»Die Möglichkeit, hochwertige Artikel in kleiner Zahl zu produzieren und sie zu vernünftigen Preisen zu verkaufen, bedeutet einen enormen Eingriff in die Wirtschaft. Darin liegt die Zukunft der amerikanischen Industrie.*

*Bei einem rechnergestützten Herstellungsprozess wie dem 3-D-Druck kostet Komplexität und Qualität nicht extra. ... Für einen traditionellen Papierdrucker macht es keinen Unterschied, ob er einen Kreis ausdruckt oder eine Kopie der Mona Lisa. Dasselbe Prinzip gilt auch für einen 3-D-Drucker.«<sup>25</sup>*

Aus konzeptioneller Sicht ist das revolutionär. Die Designer müssen sich nicht länger um den Herstellungsprozess kümmern. Er ist für sie nicht mehr relevant, weil die computergesteuerten Maschinen ihnen die Arbeit abnehmen. Mit demselben Design kann ein Produkt aus Metall, Kunststoff, Pappe oder Kuchenglasur hergestellt werden. (Bei manchen Materialien mag das nicht sinnvoll sein, aber es wäre möglich.) »Erstmals in der Geschichte ist der Entwurf eines

Produkts unabhängig vom Herstellungsprozess, weil alle für den Druck des Objekts notwendigen Informationen im Entwurf enthalten sind«, erklärte Bass.

Darüber hinaus finden 3-D-Drucker immer mehr Verbreitung und werden für die Herstellung kleiner Stückzahlen von Maß- oder Spezialanfertigungen eingesetzt, und sie machen die Produktion nachhaltiger. Es fallen keine oder kaum Transportkosten an, weil die Produkte vor Ort gefertigt werden. Es gibt wenig bis gar keinen Abfall, weil nur so viel Rohmaterial eingesetzt wird, wie für das Produkt gebraucht wird. Und weil die Produkte nach Kundenwunsch angefertigt werden, werden sie mehr geschätzt und länger behalten. Personalisierte Produkte werden weniger weggeworfen. Man hängt einfach mehr an ihnen.

Rich Karlgaard, der Herausgeber der Zeitschrift *Forbes*, glaubt, 3-D-Druck könne »die umwälzende Technologie der Zeit zwischen 2015 und 2025« werden. Er schreibt:

*»Dies hat das Potenzial, die Industriewirtschaft umzuformen, weg von der Massenproduktion zurück zum Handwerk bestehend aus kleinen Designerwerkstätten mit Zugang zu 3-D-Druckern. Anders ausgedrückt könnte die Herstellung von realen Gegenständen sich von einer kapitalintensiven Industrie zu etwas entwickeln, das mehr an Kunst und Software erinnert. Der typisch amerikanischen Kreativität käme das sehr entgegen.«<sup>26</sup>*

Man darf dabei aber nicht vergessen, was 3-D-Druck und alle anderen digitalen Produktionstechniken nicht können. Es gibt dabei keine Stückkostendegression: Es ist pro Produktionseinheit nicht günstiger, 1000 Stück herzustellen, als eines. Stattdessen bieten sie in genau gegensätzlicher Hinsicht einen Vorteil: Es entstehen keine Zusatzkosten, wenn jedes Stück anders ist oder jeweils nur kleine Stückzahlen hergestellt werden.

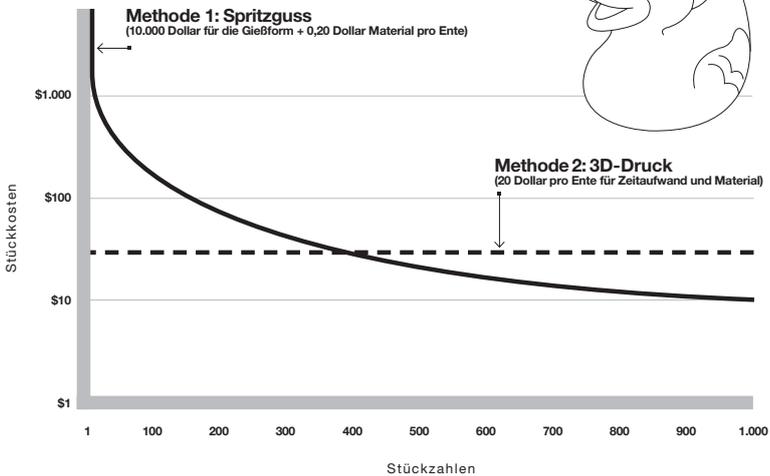
Es handelt sich dabei um das Gegenteil der Massenproduktion, die Wiederholungen und Standardisierung bevorzugt. Stattdessen bevorzugt der 3-D-Druck Individualisierung und Anpassung an Kundenwünsche. Der große Vorteil des digitalen Industriezeitalters ist die Wahlmöglichkeit zwischen diesen beiden Alternativen, ohne dabei auf teure Handarbeit zurückgreifen zu müssen. Sowohl für

Massenproduktion als auch für Sonderanfertigungen stehen jetzt rentable automatisierte Produktionsmethoden zur Verfügung.

Wenn Sie eine Million Gummienten herstellen wollen, gibt es nichts Besseres als Spritzguss. Die Gießform für die erste Ente kostet unter Umständen 10 000 Dollar, aber mit jeder weiteren Ente amortisieren sich diese Einmalkosten. Wenn Sie dann eine Million davon hergestellt haben, entstehen nur noch wenige Cent an Kosten für die Rohstoffe. Wenn sie hingegen dasselbe Produkt mit einem 3-D-Drucker herstellen, kostet Sie das erste Entchen vielleicht nur 20 Dollar an Zeit und Material, und damit deutlich weniger. Aber leider gibt es auch bei der Millionsten keinen Mengenrabatt.

Wenn man die amortisierten Kosten für die Maschine mit einberechnet, die man braucht, um eine Ente nach der anderen zu drucken (was jeweils bis zu einer Stunde dauern kann), statt sie in Chargen von einem Dutzend oder mehr per Spritzguss herzustellen (was unter einer Minute pro Charge dauert), dann ist der Spritzguss schon ab wenigen Hundert Stück billiger. Bei kleinen Stückzahlen gewinnt die digitale Produktion. Bei großen Stückzahlen ist die alte analoge Methode immer noch der beste Weg (siehe Grafik).

## Zwei Herstellungswege für Enten



Aber bei vielen Produkten sind dreistellige Stückzahlen sinnvoller als Auflagen in Millionenhöhe. Für diesen »Long Tail der Dinge« war noch vor wenigen Jahrzehnten die manuelle Herstellung die einzige Option. Aber heute machen die digitalen Fabrikationsgeräte automatisierte Herstellungsprozesse und höchste Qualität auch bei kleinsten Stückzahlen möglich. All die Nischenprodukte, die entweder gar nicht auf dem Markt waren, weil sie den Wirtschaftlichkeitstest der Massenproduktion nicht bestanden, oder unerschwinglich teuer waren, weil sie von Hand hergestellt werden mussten, sind jetzt erreichbar.

Die digitale Fabrikation stellt die Wirtschaftlichkeitsrechnung der herkömmlichen Massenproduktion auf den Kopf. Bei der Massenproduktion entstehen die meisten Kosten am Anfang für die Umrüstung der Werkzeuge, und je komplexer ein Produkt ist und je mehr Veränderungen man vornimmt, umso mehr kostet es. Bei der digitalen Fabrikation ist es genau andersherum: Hier gibt es kostenlos, was bei der herkömmlichen Produktion am teuersten ist:

1. **Vielfalt ist kostenlos:** Es kostet genauso viel, jedes Produkt anders zu machen wie immer das Gleiche herzustellen.
2. **Komplexität ist kostenlos:** Ein minutiös beschriebenes Produkt mit vielen kniffligen Details kann genauso günstig 3-D-gedruckt werden wie ein Kunststoffklotz. Dem Computer ist es egal, wie viele Berechnungen er durchführen muss.
3. **Flexibilität ist kostenlos:** Um ein Produkt nach Produktionsbeginn zu verändern, muss nur der Befehlscode geändert werden. Die Maschinen bleiben unverändert.

Aber es braucht gar keinen 3-D-Druck, um dies in der Praxis zu beobachten, denn das gibt es schon bei einer kleinen Gruppe »standardisierter Plattformen«, die nach Kundenwunsch angepasst werden: T-Shirts und andere einfache Kleidungsstücke, Kaffeebecher, Sticker und Ähnliches. Firmen wie Threadless, CafePress und andere bieten individuelle Drucke auf solchen Produkten an und machen damit sehr gute Geschäfte. In diesem Fall ist die zugrunde liegende Technologie zwar nicht der 3-D-, sondern nur der 2-D-Druck auf komplexe Formen und Materialien, aber der Effekt ist derselbe: ein florierender Markt mit Produkten, die bei reiner Massenproduktion keinen Sinn machen würden.

Üblicherweise liegen Bestellmengen pro Produkt bei Threadless und CafePress bei Dutzenden, nicht bei eins, aber auch nicht im vierstelligen Bereich. Insgesamt aber kommt beim Long Tail einiges zusammen. CafePress hat über zwei Millionen Kunden und erwirtschaftete im Jahr 2011 Einnahmen von 175 Millionen Dollar.<sup>27</sup> Anteile der Firma werden öffentlich gehandelt, und bei Drucklegung dieses Buches war sie 1,25 Milliarden Dollar wert. Das nur mit individuell bedruckten T-Shirts und Tassen zu schaffen ist beeindruckend.

## Einfach nur XYZ

Wie aber funktioniert ein 3-D-Drucker, diese wundersame Maschine, die die Fantasie von Futuristen und Werkstattbetreibern gleichermaßen beflügelt?

Im Kern ist ein 3-D-Drucker nichts anderes als eine Dreiachsen-CNC-Maschine. Zwei rechnergesteuerte Motoren bewegen einen Druckkopf nach links und rechts, nach vorn und hinten (die x- und y-Achse), während ein zweiter Motor das Druckfach oder eine Hebebühne mit dem Druckobjekt nach oben und unten (entlang der z-Achse) bewegt.

Wenn Sie beim Patronenwechsel jemals einen Blick in das Innere Ihres Tintenstrahldruckers geworfen haben, werden Sie viele Teile wiedererkennen. Ein Tintenstrahldrucker ist ein 2-D-Drucker, das heißt, er arbeitet nur auf den x- und y-Achsen. Der Motor, der den Druckkopf hin und her bewegt, ist genau der gleiche, der auch im 3-D-Drucker zum Einsatz kommt. Nur benutzt der Tintenstrahl-drucker eine Walze, um das Papier entlang der dritten Achse zu bewegen. Aber das Prinzip ist dasselbe: Ein Computer übersetzt den Entwurf in Motoranweisungen und platziert das jeweilige Material sehr schnell an genau der richtigen Stelle. Der 3-D-Drucker macht das nur mit mehr Motoren und druckt nicht nur mit Tinte.

Manche 3-D-Drucker, wie der MakerBot, pressen geschmolzenen ABS-Kunststoff aus einem winzigen Loch und bilden so Schichten aus Material. Dieser Prozess wird als Fused Deposition Modeling (FDM) bezeichnet. Andere High-End-Geräte nutzen einen Laser, entweder um Flüssigharz in einem Behälter auszuhärten (die sog-

nannte Stereolithografie oder SLA), oder um Schichten aus Kunststoff, Metall oder Porzellan in Pulverform auszuhärten (selektives Lasersintern oder SLS). Die laserbasierten Geräte verarbeiten mehr verschiedene Materialien und erreichen höhere Auflösungen, aber sie sind meist teurer als die Kunststoff druckenden 3-D-Drucker, die man auch in Privathaushalten findet. Es ist ähnlich wie bei den Papierdruckern. Dort stehen Laserdrucker auch eher in Büros und Tintenstrahldrucker eher zu Hause.

3-D-Drucker gehören zur »additiven« Technik: Sie bauen Objekte Schicht für Schicht auf, von unten nach oben. Im Gegensatz dazu sind andere rechnergesteuerte Maschinen, CNC-Router und CNC-Fräsen »subtraktiv«: Sie schneiden oder schleifen Material mit einem rotierenden Werkzeug weg. Beim additiven Verfahren wird also Material angelagert, wo ein Objekt »ist«; beim subtraktiven Verfahren wird Material entfernt, wo ein Objekt »nicht ist«.

Bei einem 3-D-Drucker überprüft ein Programm zunächst die CAD-Daten für ein Objekt und berechnet dann, wie es mit einem minimalen Aufwand an Material und Zeit gedruckt werden kann. Ein Beispiel: Die Außenwände einer Büste müssen gedruckt werden, aber die Wanddicke ist unter Umständen nicht festgelegt und hängt von dem verwendeten Material ab. Das Programm berechnet die besten Werte, damit so wenig wie möglich gedruckt werden muss, die Wände aber stabil sind.

Die Innenseite der Büste ist in der Regel nicht sichtbar und muss somit nicht gedruckt werden. Aber ohne jegliche innere Struktur könnte die Büste zu instabil und zerbrechlich werden. Normalerweise erstellt das Programm eine Wabenstruktur im Innern der Büste, um maximale Stabilität bei minimalem Materialeinsatz zu erreichen. (Wenn man ein Objekt bei einem 3-D-Druckservice hochlädt, bezahlt man in der Regel für die Menge an verbrauchtem Material oder die Zeit, die die Maschine für die Durchführung des Auftrags benötigt.)

Die Software »zerlegt« dann das Objekt in so dünne horizontale Schichten, wie der Drucker sie gerade noch verarbeiten kann. Jede Schicht besteht aus einem Satz Anweisungen an den Druckerkopf, wie er sich entlang der x- und y-Achse bewegen muss, während er Material herauspresst oder den Laser auf das Pulver oder Flüssigharz richtet. Der Kopf bewegt sich über die Baufläche und zeichnet

so die komplette Schicht des Objekts ein. Den optimalen Pfad, damit der Druckerkopf so wenig Strecke zurücklegen muss wie möglich, hat das Programm vorher berechnet.

Das Verfahren erinnert an die ursprüngliche Postscript-Druckersprache, mit der die Desktop-Publishing-Bewegung vor fast 30 Jahren begann. In beiden Fällen wird eine für Menschen verständliche Bildsprache (damals Worte und Schrift, heute 3-D-Objekte auf einem Bildschirm) in eine für Computer verständliche Maschinensprache übersetzt. Die Fertigungssprache heute heißt »G-Code«. Wie Postscript ursprünglich dafür konzipiert wurde, große Industriedrucker anzutreiben, inzwischen aber auf dem Schreibtisch angekommen ist, so wurde G-Code für Werkhallen entwickelt und wird jetzt in Kellerräumen benutzt.

Wenn der 3-D-Drucker eine Schicht beendet hat, befiehlt G-Code dem z-Motor, den Druckkopf ein winziges Stück nach oben zu rücken, und der Kopf fährt die nächste Schicht ab und baut so eine weitere Lage mit Material auf. Und so geht es weiter, Schicht für Schicht immer weiter hinauf, bis das Objekt fertig ist.

In manchen 3-D-Druckern, etwa solchen, die Flüssigharz aushärten, bewegt sich das Objekt während der Herstellung im Flüssigharzbad nach unten, sodass immer eine neue Schicht Flüssigkeit über die vorhergehende Schicht fließt und dann mit dem Laser ausgehärtet wird. So sind Auflösungen von bis zu wenigen Nanometern möglich, und Strukturen von der Größe menschlicher Zellen können gedruckt werden. Wieder andere Drucker schichten sehr dünne Plastikfolien aufeinander mit Klebstoff zwischen den einzelnen Lagen, und der Druckkopf schneidet die Form in jede Schicht. Aber die Grundidee ist immer dieselbe: Ein Objekt wird aus einzelnen Schichten aufgebaut, die so dünn sind, wie physikalisch möglich ist. Bei einem hochwertigen Drucker sind sie praktisch unsichtbar.

Ein Vorteil der 3-D-Drucker, die mit einem Laser Pulver aushärten, besteht darin, dass das nicht ausgehärtete Pulver, das die Objekte noch dicht umgibt, als Stütze für überhängende Teile des Objekts fungiert, die sonst im noch warmen Zustand herunterhängen würden. Am Ende des Produktionsvorgangs nehmen die Bediener das Objekt heraus und bürsten überschüssiges Pulver weg. Mit einem 3-D-Drucker, der mit geschmolzenem Kunststoff arbeitet, kann man dasselbe erreichen. Allerdings wird dazu idealerweise ein zweiter

Druckkopf benötigt, der eine Pulverschicht oder andere Materialreste dort ablagert, wo überhängende Teile in einer höheren Schicht gestützt werden müssen.

Diese ganzen Berechnungen, die für die Produktion notwendig sind, wirken sehr knifflig, aber alles geschieht automatisch. Es wirkt tatsächlich fast wie Zauberei. Das ist das Schöne an der digitalen Fabrikation: Man muss gar nicht wissen, wie die Maschinen ihre Arbeit erledigen oder wie man ihre Arbeitswege optimieren kann. Das wird alles über die Software geregelt. Der CAD-Entwurf des Objekts enthält alle Informationen, die der 3-D-Drucker braucht, um es herzustellen.

## Der Homebrew Printing Club

Alles begann in den 1980er-Jahren in Firmen der Werkzeugindustrie, aber im vergangenen Jahrzehnt hat die Technologie auch die normalen Leute erreicht, wie der PC vor ihr. Wenn man sehen will, wie alles anfang, nimmt man am besten die U-Bahn zu einem ansonsten wenig bemerkenswerten Teil der Third Avenue in Brooklyn und klopft an eine Metalltür mit einem großen für Handys lesbaren QR-Code darauf. Irgendwann wird die Tür von einem stilvoll zerzausten jungen Mann geöffnet, und man wird hereingelassen.

Willkommen im Botcave.

In dieser umgebauten Brauerei arbeiten Bre Pettis, Zach Smith und ihr Team von Hardwareingenieuren von MakerBot Industries am ersten Mainstream-3-D-Drucker für 1000 Dollar. Der MakerBot Thing-O-Matic benutzt keinen Laser, sondern er baut die Objekte aus einer 0,33 Millimeter dicken Schnur aus geschmolzenem ABS-Kunststoff auf, der auf verschiedenfarbigen Spulen liegt.

Während 3-D-Industriedrucker meist aussehen wie medizinisches Gerät, werden MakerBots von ihren Besitzern meist an den eigenen Geschmack angepasst, mit Neonbuchstaben beklebt und mit elterlicher Liebe überschüttet. Meiner ist schwarz mit orangefarbenen Buchstaben und blauen LEDs. Es sieht richtig cool aus, wenn er in einem dunklen Raum bei der Arbeit ist.

In der Standardausführung ist der MakerBot ein ganz normaler 3-D-Drucker: Er erstellt Kunststoffteile nach digitalen Vorlagen.

Sie brauchen sofort ein bestimmtes Teil? Laden Sie den Entwurf herunter und drucken Sie es aus. Sie wollen ein Objekt verändern, das Sie schon haben? Scannen Sie es ein, verändern Sie, was Sie wollen, mit der kostenlosen SketchUp-Software von Google, und laden Sie die Daten in die ReplicatorG-App. Nach wenigen Minuten ist ein völlig neues materielles Objekt fertig: Rippen, mixen und brennen für Atome.

Der MakerBot ist einer der einfachsten 3-D-Drucker und hat nur vier Motoren: den x-, y- und z-Motor und einen vierten Motor, der die ABS-Kunststoffschnüre zum Schmelzen durch eine Wärmeeinheit bewegt und dann auf die Bauplattform, um das Objekt aufzuschichten.

Das Rahmengestell des MakerBot besteht aus Sperrholz, das per Laser zugeschnitten wurde, und einige Bestandteile aus Kunststoff wurden von anderen MakerBots hergestellt. Die Elektronik basiert auf dem Prozessorboard von Arduino.

Am Gerät gibt es sehr viel mehr blinkende LED-Lichter als nötig. Wenn Sie noch fragen müssen, warum, dann haben Sie etwas nicht verstanden: Der MakerBot ist kein reines Werkzeug. Er ist auch ein Spielzeug. Er ist eine revolutionäre Leistung. Er ist eine kinetische Skulptur. Er ist ein politisches Statement. Er ist einfach wahnsinnig cool.

Jede Wette, dass Sie das über Ihren Tintenstrahldrucker nicht sagen.

Darin besteht der Unterschied zwischen kommerziellen Industrier Werkzeugen und den Produkten der DIY-Bewegung. Bei den Maker-Sachen ist der Entstehungsprozess genauso wichtig wie das eigentliche Produkt. Die Tatsache, dass ein MakerBot von einer Gemeinschaft entworfen und von Menschen hergestellt wurde, deren Namen Sie kennen und deren Weitblick Sie bewundern, und dass er Persönlichkeit hat, macht ihn zu etwas Besonderem. Man kauft mit einem MakerBot nicht nur einen Drucker; man sichert sich damit einen Platz in der ersten Reihe bei einer kulturellen Transformation. Open Source ist mehr als eine effiziente Innovationsmethode. Es ist für die Anhänger ein ebenso machtvolles Glaubenssystem wie die Demokratie oder der Kapitalismus.

Der MakerBot ist durchdrungen von dieser Philosophie. Er baut auf mehreren vorhergehenden Open-Source-Projekten auf, unter

ihnen der RepRap-3-D-Drucker (eine clevere, aber klapprigere Konstruktion), die Arduino-Mikroprozessorboards und verschiedene Softwarepakete, die aus CAD-Daten Anweisungen für die Motoren des 3-D-Druckers berechnen. In diesem Fall ist nicht nur die Software Open Source, sondern alles: Elektronik, Software, physische Konstruktion, Dokumentation, sogar das Logo. Praktisch alles am MakerBot wurde entweder in Gemeinschaftsarbeit entwickelt oder an eine Gemeinschaft übergeben, die damit machen konnte, was sie wollte. Wenn man den Schutz am geistigen Eigentum aufgibt, hat man am Ende womöglich mehr Schutz in Form von gemeinschaftlicher Unterstützung und Vertrauen. Der MakerBot ist das beste Beispiel dafür.

Ich besuchte das Botcave 2009, nur wenige Monate nach der Markteinführung des MakerBot. In dem langen gemauerten Raum standen 100 Kartons mit der neunten Auflage des MakerBot nebeneinander und wurden allmählich mit Bauteilen gefüllt. (Als Kunde war es für mich ein aufregender Gedanke, dass eines der Geräte – mit der Seriennummer 400 – für mich bestimmt war. Es hat mir lange gute Dienste geleistet, bis ich es durch ein Gerät der zweiten Generation ersetzte, den »Thing-O-Matic«.) Auf den Regalen lagen die Einzelteile für die nächste Ladung breit, und Lasercutter arbeiteten sich durch Stapel von dünnem Sperrholz für das Rahmengestell.

Die Hersteller erlebten die raue Wirklichkeit des Supply-Chain-Managements am eigenen Leib: Die Kisten konnten nicht verschickt werden, solange nicht alle Teile drin waren. Aber einige Bauteile waren nicht rechtzeitig angekommen, und andere waren defekt geliefert worden. Ein MakerBot besteht aus Hunderten von Einzelteilen, und wenn nur eines von ihnen fehlt, kann nicht ausgeliefert werden.

Um den Zustand zu vermeiden, dessen Zeuge ich wurde – Dutzende von Kisten, die wochenlang auf die letzten Teile warten –, und sicherzustellen, dass alle Einzelteile immer auf Lager waren, hätten die Betreiber von allem mehr bestellen müssen, als sie brauchten. Diese Art der Versicherung ist sehr teuer: Bei meinem Besuch waren bereits Einzelteile für den MakerBot im Wert von 300 000 Dollar auf Lager, und trotzdem fehlte es an wichtigen Teilen. Totes Kapital in Form von Lagerbeständen eingefroren zu haben tut weh, besonders

bei Start-up-Unternehmen. Das MakerBot-Team hatte sich nur auf Forschung und Entwicklung konzentriert. Jetzt mussten sich die Unternehmer mit den trockeneren, aber ebenso wichtigen Problemen beschäftigen, wie man eine zuverlässige Versorgung mit Einzelteilen sicherstellt und Nachfrage prognostiziert. Das kennt wohl jeder, der im letzten Jahrhundert in der Industrie gearbeitet hat, aber für diese Open-Source-Hardware-Hacker war es völlig neu. Revolutionen entstehen nicht im Establishment.

Während ich dies schreibe, sind mehr als 5200 MakerBots verkauft (im Wert von über fünf Millionen Dollar), und mit jedem einzelnen wird die Gemeinschaft erweitert durch neue Anwendungsmöglichkeiten und neue Tools, die sie noch besser machen. Der neueste Druckkopf schafft zum Beispiel eine Auflösung von 0,2 Millimetern. In einem anderen Druckkopf ist ein rotierendes Messer eingebaut, das aus dem Drucker einen CNC-Router macht. Andere Drucker wurden vergrößert, sodass sie doppelt so große Objekte herstellen können wie ursprünglich vorgesehen.

Bis heute haben Investoren, unter ihnen der Amazon-Gründer Jeff Bezos, über zehn Millionen Dollar in den Ausbau von MakerBot investiert. Die Firma wird das Geld brauchen und noch mehr, denn die Konkurrenz unter den Herstellern von günstigen 3-D-Druckern, auch chinesischen, ist groß. Im Moment werden noch Bausätze verkauft (die man aber auch vormontiert kaufen kann), aber bald werden diese Drucker in Serie hergestellt, von MakerBot und anderen Firmen, und noch billiger werden. Die Benutzung wird insgesamt einfacher werden. Der Markt wird von den ersten 5000 auf die nächsten 50 000 anwachsen, von den technisch versierten Pionierkunden auf Menschen, die einfach etwas Cooles ausdrucken wollen.

Gleichzeitig stehen große Druckerhersteller wie Hewlett-Packard schon in den Startlöchern. Bisher verkaufen sie nur teure 3-D-Drucker an Industriekunden. Aber irgendwann in den nächsten Jahren wird es einen Markt für Millionen von Mainstream-3-D-Druckern geben, die dann bei Wal-Mart und Costco verkauft werden. Dann werden die enormen Größenvorteile, mit denen HP oder Epson aufwarten können, ihre volle Wirkung entfalten. Ein 3-D-Drucker wird 99 Dollar kosten, und jeder wird einen haben.

## Die Einstiegsdroge

3-D-Drucker sind schon richtig irre, aber noch sind sie keine echten Materie-Compiler. Bis es so weit ist, ist der einfache Lasercutter das eigentliche Arbeitspferd der Maker-Bewegung. In jedem Makerspace sind die Lasercutter den ganzen Tag in Betrieb, und trotzdem bilden sich Warteschlangen vor ihnen. Sie sind das digitale Werkzeug, das jeder als erstes benutzt, weil sie so einfach und idiotensicher sind. Maker nennen sie die »Einstiegsdroge« zur digitalen Fabrikation.

Wie alle numerisch gesteuerten Maschinen ist auch der Lasercutter eine CNC-Maschine. In diesem Fall steuert der Computer Motoren, die einen Hochleistungslaser über die xy-Ebene bewegen. Der Laser kann entweder eine dünne Linie durch eine Materialplatte brennen (die aus allem bestehen kann, von Sperrholz und Kunststoff bis zu dünnem Metall), oder er kann etwas eingravieren, indem man die Intensität des Lasers variiert, damit er die Materialplatte nicht vollständig durchdringt.

Lasercutter sind so beliebt, weil sie einfach zu benutzen sind. Man muss dafür kein 3-D-Objekt entwerfen, sondern kann einfach ein Bild in einem 2-D-Zeichenprogramm wie Adobe Illustrator erstellen. Jeder kann in 2-D zeichnen – das ist, wie auf Papier zu zeichnen. Und wenn man es zeichnen kann, dann kann der Lasercutter es auch ausschneiden. Lasercutter eignen sich besonders gut für alles, wofür man sonst eine Stichsäge benutzen würde. Sie sind schnell, billig und leise – das ideale Anfängerwerkzeug für die Herstellung von Prototypen.

Dass ein Lasercutter im zweidimensionalen Bereich arbeitet, heißt aber nicht, dass man damit keine 3-D-Objekte herstellen kann. Spezielle Softwarepakete können ein 3-D-Objekt in 2-D-Schichten zerlegen, die einzeln ausgeschnitten werden können, und fügen sogar noch kleine Nut-Feder-Verbindungen ein, damit die einzelnen Schichten zusammengesteckt werden können und einen stabilen und einfach zu montierenden Bausatz ergeben. Die Bausätze für Dinosaurierskelette aus Holz sind Beispiele für die Arbeit eines Lasercutters.

Dutzende von Dienstleistern, wie Ponoko oder Polulu, bieten Nutzern die Möglichkeit an, 2-D-Daten bei ihnen hochzuladen, die

automatisch auf Fehler überprüft werden, bevor der Nutzer dann mit Beratung ein geeignetes Material auswählt. Alle Teile, die man aus einem 30 mal 30 Zentimeter großen Stück Sperrholz oder Kunststofffolie herausbekommt, kosten insgesamt 15 Dollar. Eine Woche später werden die Teile ins Haus geliefert.

Wenn man etwas Dickeres, Größeres oder weniger Flaches ausschneiden will, braucht man einen CNC-Router oder eine Fräsmaschine. Sie ähneln 3-D-Druckern insofern, als sie auf der x-, y- und z-Achse operieren. Aber statt Material anzulagern, schneiden sie Material weg. Im Gegensatz zu Lasercuttern schneiden CNC-Router auch in die Tiefe präzise, sodass man in einem Arbeitsgang ein echtes 3-D-Objekt erstellen kann. Technisch anspruchsvollere »Fünf-Achsen«-Industriegeräte können den Schneidekopf drehen und wenden wie eine menschliche Hand und so auch schräge Kanten schneiden oder Metall bearbeiten wie die besten Bildhauer, aber in übermenschlicher Geschwindigkeit.

Ich besitze eine Desktop-Version namens MyDIYCNC, die 500 Dollar kostet und als Schneidekopf ein billiges handgeführtes Multifunktionswerkzeug der Marke Dremel benutzt. Wir verwenden das Gerät, um mit den Kindern Modelllandschaften für Strategiespiele aus Styropor auszuschneiden. Die Idee haben wir von einem Unternehmer, der anhand der »Karte« eines Videospiele eine maßstabsgetreue Modelllandschaft unter Glas anfertigt. (Die Landschaften aus den Spielen der *Halo*-Serie sind besonders beliebt.) Wir machen das nicht sehr oft, aber die Kinder lernen einiges dabei. Und wir können das Dremel-Werkzeug sogar durch einen Laser ersetzen und haben dann praktisch einen Lasercutter.

Wenn Sie in letzter Zeit Ihre Küche von einem Möbelschreiner renovieren ließen, dann hat er wahrscheinlich einen größeren CNC-Router namens ShopBot dafür benutzt. Die Möbelteile, die sie bei IKEA im Paket kaufen können, wurden in der Fabrik mit einer CNC-Maschine hergestellt. Der Prototyp Ihres Autos wurde wahrscheinlich mit einer zimmergroßen CNC-Maschine hergestellt, die die Karosserieform aus Schaumstoff ausschnitt. Und noch größere CNC-Maschinen mit den Ausmaßen eines Lagerhauses können einen ganzen Flugzeugrumpf aus Schaumstoff ausschneiden, der dann als Grundlage für einen Rumpf aus Fiberglas dient.

## Reality Capture

All diese digitalen Werkzeuge verwandeln auf unterschiedliche Arten Bits in Atome. Aber wie sieht es in der entgegengesetzten Richtung aus? Wie werden Atome in Bits verwandelt? 3-D-Objekte komplett am Bildschirm zu zeichnen ist schwierig. Mit etwas zu beginnen, das schon existiert und dem ähnelt, was man will, und es dann abzuändern, ist viel einfacher.

Dieser Vorgang nennt sich Reality Capture. Die Idee dahinter ist, dass man jedes Objekt nehmen kann (auch wenn fast alle aus irgendeinem Grund mit ihren eigenen Köpfen beginnen), es scannen und eine Punktwolke daraus erstellen kann, die die Oberfläche definiert. Ein anderes Programm berechnet dann aus dieser Punktwolke ein Polygongitter, ähnlich den »Drahtmodellen«, aus denen die Figuren in computeranimierten Filmen bestehen, die dann am Bildschirm manipuliert und modifiziert werden können.

Inzwischen sind im Handel 3-D-Drucker erhältlich, bei denen ein Laser das Objekt abtastet und Kameras die Positionen der Laserpunkte an der Oberfläche aufzeichnen, aber es gibt auch billigere Alternativen. Von Autodesk gibt es einen kostenlosen Online-Service namens 123D Catch, bei dem man normale Fotos von einem Objekt hochladen kann (die von allen Seiten aufgenommen wurden). Eine Cloud-basierte Software erzeugt dann daraus ein 3-D-Objekt, das man verändern und auf einem 3-D-Drucker ausdrucken kann. Es gibt davon sogar eine Version fürs iPad.

Oder man baut sich einen eigenen 3-D-Scanner aus einem Taschenprojektor, der ein Lichtgitter (»strukturiertes Licht«) auf ein Objekt projiziert, das mit einer hochauflösenden Webcam aufgenommen wird. Das Objekt wird gedreht, und die Webcam erfasst alle Seiten und Dimensionen. Die Geometrien werden daraus berechnet, wie das bekannte Lichtmuster beim Auftreffen auf die Oberfläche des Objekts verzerrt wird.

In Forschungsprojekten wird daran gearbeitet, wie dies mit der Webcam eines Laptops oder Smartphones bewerkstelligt werden kann. Ein Programm auf Ihrem PC kann Ihnen dabei helfen, das Objekt zu drehen und es von verschiedenen Seiten zu zeigen, damit fehlende Teile des Objekts im internen Programmmodell ergänzt werden. Dieses »geführte Scannen« könnte dazu führen, dass Sie

eines Tages, wenn Sie ein Objekt kopieren wollen, nur Ihr Telefon vor das Objekt halten und den Anweisungen des Telefons folgen müssen, wie Sie das Objekt drehen und welche Bereiche heranzoomt werden sollen. Am Ende drücken Sie dann einfach auf »Drucken«, und eine möglicherweise sogar farbige Kopie wird in Ihrem Desktop-3-D-Drucker erscheinen.

Die Möglichkeiten, die sich dadurch bieten, sind offensichtlich: Wir können die Realität kopieren, zumindest in der Qualität einer Filmrequisite aus Hollywood. Die Auflösung wird sich zunehmend verbessern. Aus Low Fidelity wird High Fidelity werden. Der nächste Schritt wird dann unter die Oberfläche führen: Es wird nicht mehr nur die Form kopiert, sondern auch die Funktion. Die Tasse für den Earl Grey können wir schon herstellen. Wie lange wird es wohl noch dauern, bis wir auch den Tee herstellen können?

Der Replikator ist bereits in Sicht.

## KAPITEL 7

### OPEN HARDWARE

---

Ein Markt, auf dem Kunden Ihnen bei der Entwicklung Ihrer Produkte helfen und die Produkte dann von Ihnen kaufen? Kein Problem – verschenken Sie einfach die Bits und verkaufen Sie die Atome.

---

An einem sonnigen Freitagnachmittag im März 2007 plante ich ein wundervolles Bastlerwochenende mit meinen Kindern. Unter den üblichen Besprechungsexemplaren, die an jenem Tag in der *Wired*-Redaktion ankamen, befanden sich dieses Mal ein Lego-Mindstorms-Robotics-Set und ein flugbereites ferngesteuertes Modellflugzeug. Ich schnappte mir beide, versprach, jeweils eine Besprechung zu schreiben, und stellte einen Zeitplan auf: Am Samstag würden wir Roboter bauen und am Sonntag das Flugzeug fliegen lassen. Es würde ein unglaubliches Wochenende werden.

Aber schon am späten Samstagvormittag lief alles schief. Beim Auspacken der Lego-Mindstorms-Box und beim Zusammenbauen des Roboters, einem dreirädrigen Rover, waren die Kinder noch voll bei der Sache, aber als wir die Batterien angeschlossen hatten, war ihre Enttäuschung nicht zu übersehen. Hollywood hatte die Robotertechnik für Kinder anscheinend ruiniert: Sie erwarteten laser-

bewaffnete humanoide Maschinen, die sich in einen Truck verwandeln können. Doch der Mindstorms-Rover konnte nach einer Stunde Montage und Programmierung gerade einmal vorwärtsrollen und fuhr dabei noch gegen Wände. Wir schauten online nach, was andere mit den Mindstorms anstellten, und fanden heraus, dass Amateure schon alles Mögliche damit gebaut hatten, von Robotern, die Zauberwürfel lösten, bis zu Kopiergeräten, die tatsächlich funktionierten. Wir wollten etwas ganz Neues erfinden, aber wir brachten auf keinen Fall auch nur etwas Annäherndes zustande. Nach dem Mittagessen hatten die Kinder jedes Interesse verloren.

Aber wir hatten ja noch das Flugzeug. Am Sonntag gingen wir damit in den Park. Ich warf es in die Luft und steuerte es prompt in einen Baum. Die Kinder sahen mich einfach nur an, entsetzt über meine Unfähigkeit und darüber, dass ich ihre Erwartungen enttäuscht hatte. Ich hatte ihnen vorgeschwärmt, wie cool das Flugzeug sein würde (und wir hatten gemeinsam auf YouTube Videos von atemberaubender Flugakrobatik angeschaut), und jetzt war es in Wirklichkeit alles andere als cool. Ich warf mit Stöcken nach dem Flugzeug im Baum, damit es herunterfiel, während meine Kinder so taten, als würden sie mich nicht kennen. Mein Wochenende als Geekdad war ein Reinfall, und ich ärgerte mich über mich selbst, weil ich alles falsch gemacht hatte, und über meine Kinder, weil sie so undankbar waren. Ich ging eine Runde Laufen, um Dampf abzulassen.

Beim Laufen dachte ich über die Sensoren nach, die für Lego Mindstorms erhältlich waren. Es gab Akzelerometer (»Neigungssensoren«), elektronische Drehratensensoren, einen Kompasssensor und einen Bluetooth-Anschluss, über den ein drahtloser GPS-Sensor angeschlossen werden kann. Eigentlich war es eine erstaunliche Ausstattung, und mir kam der Gedanke, dass man genau diese Sensoren brauchte, um einen Autopiloten für ein Flugzeug zu bauen. Wir konnten zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen: Wir erfanden etwas Cooles mit Lego, auf das noch niemand zuvor gekommen war, und wir ließen den Roboter das Flugzeug steuern! Ein besserer Pilot als ich war er auf jeden Fall.

Sobald ich wieder zu Hause war, begann ich auf dem Esstisch mit dem Bau eines Prototyps für einen Lego-Autopiloten, und eines der Kinder half mir, die Software dazu zu schreiben. Wir schossen ein

paar Fotos, posteten sie, und noch am selben Abend waren sie auf der Startseite von Slashdot. Wir setzten den Autopiloten in ein Flugzeug ein – die wahrscheinlich erste Lego-Drohne der Welt – und nahmen ihn erst einige Wochenenden später wieder raus. Es funktionierte sogar irgendwie: Das Flugzeug blieb definitiv in der Luft und lenkte sich selbst, wenn auch nicht immer in die Richtung, die wir wollten.

An diesem Punkt erwachte endgültig der Tüftler in mir, und ich beschloss, so lange daran zu arbeiten, bis es so funktionierte, wie ich es mir erträumt hatte. Jetzt, Jahre später, habe ich mein Ziel immer noch nicht erreicht. (Meine Kinder haben leider schon nach ein paar Tagen jedes Interesse daran verloren und sind wieder zu ihren üblichen Beschäftigungen zurückgekehrt, Videospiele und YouTube, die schnellere Befriedigung bieten.)

Ich arbeitete an einer verbesserten Version des Lego-Autopiloten, und schließlich hatte ich einen, der die meisten Funktionalitäten eines professionellen Autopiloten aufwies, wenn auch nicht dieselbe Leistungsfähigkeit. (Er steht inzwischen im offiziellen Lego-Museum in Billund, Dänemark.) Mir war aber schnell klar geworden, dass Lego Mindstorms nicht der beste Weg war, um einen richtigen Autopiloten zu bauen: Zunächst einmal war das Gerät zu groß und zu teuer, und es reagierte damals nicht besonders gut auf Funkfernsteuerungen.

Was wäre ein besserer Weg? Ich beschloss, öffentlich und online nach Antworten auf diese Frage zu suchen und zu veröffentlichen, was ich unternahm und fand. Es war das Jahr 2007, und Facebook boomte, daher richtete ich DIYDrones.com als soziales Netzwerk ein (auf der Ning-Plattform) und nicht als Blog (schließlich hatten wir nicht mehr 2004!).

Die Entscheidung, die Site als Community aufzubauen und nicht als Nachrichten- und Informationsseite eines Einzelnen, wie ein Blog es ist, machte den entscheidenden Unterschied aus. Wie bei allen guten sozialen Netzwerken hat jeder Teilnehmer, nicht nur der Gründer, Zugriff auf alle Autorenwerkzeuge: Neben den üblichen Kommentaren können alle Mitglieder eigene Blogposts veröffentlichen, neue Unterhaltungen beginnen, Videos und Bilder hochladen, Profilseiten erstellen und sich gegenseitig Nachrichten schicken. Mitglieder der Community konnten zu Moderatoren ernannt

werden, um vorbildliches Verhalten zu fördern und schlechtes zu unterbinden.

Dadurch ging es auf der Website nicht nur um mich oder meine Ideen. Es ging stattdessen um jeden, der sich daran beteiligte. Und das waren von Anfang an fast alle. Auf der Website wimmelte es bald von Menschen, die Ideen und Berichte über ihre eigenen Projekte und Versuche austauschten. Anfangs posteten die Mitglieder einfach Programmcode und Designdaten und prahlten vor den anderen Freaks mit ihren Ideen. Aber mit der Zeit organisierten wir die Zusammenarbeit immer besser. Wir richteten eine Versionsverwaltung und Dateiablagen ein, Wikis, Mailinglisten, und teilten offizielle Teams ein.

Ich war schwer beeindruckt von dem, was Mitglieder unserer Community mit Sensoren aus Handys und Chips, die weniger als eine Tasse Kaffee kosteten, alles zustande brachten. Schritt für Schritt arbeiteten sie sich zur Flugzeugelektronik vor, die nur zehn Jahre zuvor mehrere Millionen Dollar gekostet hatte. Ich hatte das Gefühl, die Zukunft der Luftfahrt mitzuerleben. Der PC war aus dem Homebrew Computer Club heraus von Amateuren entwickelt worden und hatte schließlich die etablierte Computerindustrie der 1980er-Jahre auf den Kopf gestellt. Ich konnte mir vorstellen, dass Roboter auf ganz ähnliche Weise den Himmel erobern konnten. Wir erlebten die Anfänge dieser Bewegung. Wenn es in der Branche eine Firma wie Apple Computer gab, dann uns!

An dieser Stelle erwachte der Unternehmer in mir. Ich kann nichts einfach nur aus Spaß tun, es muss immer alles einen Zweck haben. Leider führt das in der Regel dazu, dass ich »meine Hobbys industrialisiere«, wodurch dummerweise aller Spaß verloren geht. (Bei der Erziehung meiner Kinder hatte ich es vor ein paar Jahren auch so gemacht. Aus meiner Suche nach Projekten, mit denen ich meinen Kindern den Spaß an der Technologie vermitteln konnte, wurde der GeekDad-Blog, der heute GeekDad Inc. ist, ein erfolgreiches, eigenständiges Unternehmen. Zumindest in dem Fall konnte ich die Sache in andere Hände legen, bevor sich selbst meine Rolle als Vater wie Arbeit anfühlte.) Schnell war klar, dass es bei DIY Drones genauso sein würde.

## Meine erste Manufaktur

Meine erste Flugroboterfirma nahm tatsächlich auf unserem Esstisch ihren Anfang. Ich baute dabei auf einem Luftschiffcontroller auf, den ich mit einem anderen Mitglied der Community entworfen hatte, und suchte mir die Teile zusammen, die ich für einen Bausatz brauchte. Die Entwurfsdaten für die Platine schickte ich an einen Hersteller und ging dann auf die Jagd nach möglichst günstigen Deals für die anderen elektronischen Teile, die ich in größeren Mengen benötigte. Die Materialbeschaffung nahm mehrere Wochen in Anspruch. Die Hersteller sollten ihre Materialien von keinem Zwischenhändler beziehen, das war meine einfache Vorgabe. Am Ende hatte ich Motoren aus China, Luftschiff-»Hüllen« aus Mylar von einem Warendepot in Kanada, Propeller aus Taiwan, eine große Kiste mit maßgefertigten, lasergeschnittenen Kunststoffteilen für den Unterbau und stapelweise Pizzaschachteln als Verpackung. (Ich überredete außerdem Lego dazu, eine große Kiste mit Getriebe-teilen zu spenden.)

Die ersten paar Dutzend Platinen lötete ich von Hand zusammen, bevor ich mir schwor, das *nie wieder* zu machen. Ich suchte über Craigslist einen Studenten oder Schüler in meiner Nähe, der weitere 100 oder so zusammenbauen sollte. Dadurch hatte ich am Ende aber mehr Ärger als Nutzen. Schließlich tat ich, was ich von Anfang an hätte tun sollen: Ich beauftragte eine Montagefirma damit, es bei einigen weiteren 100 Stück richtig zu machen, nämlich mit Bestückungsautomaten. Ich bekam eine große Kiste mit fertigen Platinen geliefert und verbrachte einen Abend damit, sie zu testen und die Software zu laden.

Endlich war es soweit, und ich konnte die Bausätze verpacken. Wir hatten alle Einzelteile beisammen, und ich bestach die Kinder, damit sie mir beim Packen halfen. Im Esszimmer waren Tisch und Fußboden mit Haufen von Einzelteilen übersät, an denen jeweils ein Notizzettel klebte, auf dem stand, wie viele in eine Packung gehörten. Während meine Kinder mit wachsendem Überdruß eine Packung nach der anderen füllten, erlebten sie einen Vormittag lang, was es heißt, in einer richtigen Fabrik zu arbeiten. (Eine schmerzhaftes Lektion: Überlassen Sie die Qualitätskontrolle nie einem fünfjährigen Kind – wir mussten alle Packungen noch einmal überprüfen.)

Mit dem nächsten Produkt unserer Community, einer Platine für einen Flugzeugautopiloten, wandten wir uns gleich an Profis. Von der Mentalität her passte SparkFun am besten zu uns. Die Firma entwirft, baut und verkauft elektronische Bauteile an die wachsende Open-Source-Hardware-Gemeinde. Sie kümmerte sich um die Materialbeschaffung und die Herstellung, sodass sich unsere Community ausschließlich mit Forschung und Entwicklung beschäftigen konnte. Außerdem gingen wir so auch kein Bestandsrisiko ein.

Im Lauf der Zeit jedoch entwickelte unsere Community neue Produkte schneller, als SparkFun sie annehmen konnte, und viele waren zu speziell für das Sortiment von SparkFun. Es wurde Zeit für eine eigene Fabrik. Mit meinem Partner Jordi Muñoz (über ihn später mehr) gründete ich eine richtige Firma: 3D Robotics.

In einer angemieteten Garage in Los Angeles begann Muñoz mit dem Aufbau unserer eigenen kleinen Version von SparkFun. Statt eines Bestückungsautomaten hatten wir einen jungen Mitarbeiter mit scharfen Augen und einer ruhigen Hand, und als Reflow-Ofen benutzten wir einen umgebauten kleinen Tischbackofen. Auf diese Weise brachten wir es auf Dutzende von Platinen pro Tag.

Als die Nachfrage stieg, wurde die Garage für uns zu klein. Muñoz zog mit dem Betrieb in Gewerberäume in einem Industriepark in San Diego um, das näher am Billiglohnzentrum Tijuana lag. Wir schafften richtige automatisierte Produktionswerkzeuge an: zuerst einen kleinen Bestückungsautomaten, dann einen größeren, und schließlich einen noch größeren mit automatischer Bauteilzuführung. Der Tischbackofen wich einem richtigen automatischen Reflow-Ofen mit Stickstoffkühlung für eine perfekte Temperaturkontrolle. Und dafür brauchten wir natürlich einen Stickstoffgenerator. So ging es immer weiter. Die Ausstattung wurde immer professioneller, und Muñoz und sein Team lernten den Umgang mit den Geräten mithilfe von Tutorials aus dem Internet.

Zu diesem Zeitpunkt war unsere Firma für die erste Gewerbefläche schon zu groß geworden, und wir hatten uns auf eine größere angrenzende Fläche ausgebreitet. Dann wurde uns auch das zu klein, und heute erstreckt sich die Fabrik von 3D Robotics in San Diego über 3600 Quadratmeter, und in Tijuana gibt es eine zweite, die fast genauso groß ist. Überall in der Einrichtung stehen Montageautomaten, die von Fabrikarbeitern bedient werden, und meh-

rere Ingenieurteams entwickeln immer neue Produkte. Die Platinen aus den Bestückungsautomaten werden in automatischen Reflow-Öfen gebacken, bei denen ein Stickstoffgenerator die Temperatur reguliert. Lasercutter, 3-D-Drucker und CNC-Maschinen stellen Einzelteile für Quadcopter her. Drei Jahre zuvor hatte Muñoz mit einem Lötkolben Platinen von Hand auf seinem Küchentisch zusammengebaut, und jetzt hatten wir zwei richtige Fabriken.

## Vom Maker zu Millionen

In unserem ersten Jahr machten wir etwa 250 000 Dollar Umsatz; im Jahr 2011, unserem dritten Jahr, hatten wir die Drei-Millionen-Dollar-Grenze geknackt. Für 2012 haben wir über fünf Millionen Dollar angepeilt. Unsere Firma wächst weiterhin mit 75 bis 100 Prozent pro Jahr, was für eine Open-Hardware-Firma wie unsere nicht ungewöhnlich ist. Wir haben vom ersten Jahr an schwarze Zahlen geschrieben (im Hardwarebereich ist das gar nicht so schwer, man muss nur höhere Preise verlangen, als Kosten entstehen!), aber wir investieren den Großteil unserer Gewinne wieder, um neue Fertigungslinien einzurichten. Wir verkaufen online und waren so von Anfang an global. Durch Netzwerkeffekte über Mundpropaganda im Internet wachsen solche Firmen in der Regel stärker als herkömmliche Industriebetriebe. Aber wir stellen Hardware her, die Geld und Zeit in der Herstellung kostet, und daher haben wir nicht dieselbe exponentielle Wachstumskurve wie die bekanntesten Internetfirmen.

Unsere Firma ist ein Hybrid: Sie basiert wie ein herkömmlicher Industriebetrieb auf einem einfachen Geschäftsmodell und hat dieselben Liquiditätsvorteile, bei Marketing und Reichweite stehen uns allerdings alle Vorteile einer Internetfirma offen. Wir sind noch ein Kleinbetrieb, doch der Unterschied zu den chemischen Reinigungen und Tante-Emma-Läden, die den Großteil der Mikrounternehmen in den Vereinigten Staaten ausmachen, ist, dass wir webbasiert und global sind.

Wir mussten uns vom ersten Tag an auf dem internationalen Markt behaupten. Viele Firmen konzentrieren sich zunächst auf den lokalen Markt und hoffen, später international expandieren zu kön-

nen, und sind dadurch nicht auf den globalen Wettbewerb vorbereitet. Eine Firma wird stärker, wenn sie vom ersten Tag an weltweit anbietet. Zwei Drittel unserer Aufträge kommen heute von außerhalb der Vereinigten Staaten. Allein durch den lokalen Markt kann eine Firma nie das Wachstum erzielen, das eine globale Marktpräsenz ermöglicht.

## Gewinn zu machen ist nicht schwer

Gewinne zu erwirtschaften ist für Internetfirmen immer ein Problem. Ihr oberstes Ziel sind möglichst viele Besucher auf ihrer Website, und Geld zu verlangen schadet dabei nur. Im Hardwarebereich, wo es unvermeidbare Kosten gibt, die bezahlt werden müssen, ist eine gute Preiskalkulation unverzichtbar für den Aufbau eines zukunftsfähigen Unternehmens.

Viele Maker, die ihre Produkte verkaufen wollen, machen am Anfang den Fehler, zu wenig für ihre Produkte zu verlangen. Das ist aus verschiedenen Gründen verständlich. Sie wollen, dass ihr Produkt ein Erfolg wird, und sie wissen, dass es sich umso besser verkauft, je niedriger der Preis ist. Manche fühlen sich nicht wohl dabei, mehr als die Selbstkosten zu verlangen, weil ihr Produkt mithilfe von Freiwilligen in einer Gemeinschaft entwickelt wurde.

Dieses Denken ist nachvollziehbar, aber falsch. Nur durch einen angemessenen Gewinn kann man ein zukunftsfähiges Unternehmen aufbauen. Ein Beispiel: Sie stellen 100 Einheiten Ihres wunderbaren, per Laserschnitt hergestellten Aufziehspielzeugs Drummer Boy her. Das Holz, der Laserschnitt, Hardware, Verpackung und Anleitungen kosten Sie insgesamt 20 Dollar pro Stück. Nehmen wir an, Sie setzen den Preis auf 25 Dollar fest, um alle Kosten zu decken, die Sie nicht berücksichtigt haben, und fangen an, es zu verkaufen.

Es ist ein lustiges Ding und ziemlich billig, also findet es schnell Käufer. Sie stellen plötzlich fest, dass Sie neu produzieren müssen, dieses Mal 1000 Stück auf einmal. Nur müssen Sie diesmal nicht nur ein paar Tausend Dollar für Material vorstrecken, sondern Sie müssen Zehntausende Dollar dafür hinlegen. Sie können die einzelnen Sets auch nicht wie vorher in Ihrer Freizeit verpacken, sondern müssen jemanden dafür einstellen. Sie müssen einen Lagerraum für

die ganzen Kisten anmieten, und Sie müssen jeden Tag zu FedEx fahren.

Langsam artet Ihr Hobby in richtige Arbeit aus. Und es wird noch schlimmer. Ihr Spielzeug ist so beliebt, dass einige große Internethändler darauf aufmerksam werden, Hunderte Stück auf einmal kaufen wollen und einen großzügigen Großhandelsrabatt erwarten. Sie freuen sich, dass die Nachfrage nach Ihrem Produkt so groß ist, und Sie sind geschmeichelt, dass diese Händler, die sehr viel mehr Menschen erreichen als Sie über Ihre eigene Website, es verkaufen wollen. Aber wenn Sie es für 25 Dollar verkaufen, können die großen Händler es kaum teurer verkaufen. Die Händler verlangen einen Preisnachlass, weil sie selbst ja auch mit jedem Stück Gewinn machen müssen, meist um die 50 Prozent. Also dürfen sie im Einkauf nicht mehr als 17 Dollar pro Stück kosten. Das wiederum würde jedoch bedeuten, dass Sie bei jedem Stück Verlust machen! Ihre Kosten, die anfangs noch im Rahmen üblicher Ausgaben für ein Hobby lagen, könnten Sie und Ihr Unternehmen in den Ruin treiben.

Unternehmer lernen schnell, dass sie für ihr Produkt mindestens das 2,3-Fache der Herstellungskosten verlangen müssen: mindestens 50 Prozent Gewinnspanne für sich selbst und weitere 50 Prozent für ihren Zwischenhändler ( $1,5 \cdot 1,5 = 2,25$ ). Die ersten 50 Prozent für den Unternehmer decken vor allem die versteckten Kosten, die entstehen, wenn ein Geschäft anfangs ungeahnte Ausmaße annimmt. Diese Kosten reichen von den nicht geplanten Angestellten bis zu Versicherungen, die unnötig schienen, und dem Kundenservice sowie unerwarteten Reklamationen. Die 50-Prozent-Spanne für die Zwischenhändler ist im Einzelhandelsmarkt einfach üblich. *(Die meisten Firmen kalkulieren sogar mit einer 60-Prozent-Spanne, wodurch sich der Multiplikator auf 2,6 erhöhen würde. Aber durch den kleinen Rabatt erhalte ich mir den Grundgedanken der Uneigennützigkeit und Wachstumsförderung, der typisch für den Maker ist.)*

Damit hätte das 20-Dollar-Spielzeug für 46 Dollar verkauft werden müssen statt für 25. Das mag auf den ersten Blick übersteuert wirken, aber wenn Firmen ihre Preise nicht von Anfang an richtig kalkulieren, werden sie ihre Produkte nicht sehr lange herstellen können, was ein Verlust für alle wäre. Das ist eben der Unterschied zwischen einem Hobby und einem echten, erfolgreichen und profi-

tablen Unternehmen. Man sollte außerdem bedenken, dass in diesem mehr auf individuelle Kundenwünsche ausgerichteten Markt Produkte üblicherweise höhere Preise erzielen. Kunden sind sowohl begeisterungsfähig als auch clever: Sie sind bereit, ein bisschen mehr auszugeben, wenn sie dafür genau das bekommen, was sie wollen. Es ist ein vielversprechendes Geschäftsmodell.

## Die Vorteile von Open Design

Wir benutzen Open-*Software*-Produkte inzwischen jeden Tag: den Firefox-Webbrowser, die Android-Handys, die Linux-Webserver, auf denen die meisten der von uns besuchten Websites laufen, und zahlreiche weitere Open-Source-Software, auf der das Internet aufgebaut ist. Schon morgen könnte das auch für *Hardware* gelten. Ich habe Open-Source-Autos gefahren (den Local Motors Rally Fighter, von dem später noch die Rede sein wird) und Open-Source-Flugzeuge fliegen sehen. Es werden Open-Source-Raketen entwickelt, die ins All fliegen sollen, und auch Open-Source-U-Boote. Es gibt Open-Source-Armbanduhren und -Wecker, -Kaffeemaschinen und -Tischöfen.

Alle diese Firmen verschenken die Bits und verkaufen die Atome. Alle Dateien mit Entwürfen, die ganze Software und andere Elemente, die digital beschreibbar sind, also in Bits, sind im Internet frei verfügbar, unter einer Lizenz, die kaum Nutzungsbeschränkungen vorsieht, solange alles offen und verfügbar bleibt. Aber die physischen Produkte selbst, die Atome, werden verkauft, weil bei ihrer Herstellung reale Kosten entstehen, die gedeckt werden müssen.

Es gibt täglich neue Beispiele für sehr erfolgreiche Geschäftsmodelle im Open-Hardware-Bereich. Der MakerBot-3-D-Drucker ist Open Hardware, und auch der RepRap, auf dem er basiert. Dasselbe gilt für Arduino und die Hunderte von Produkten von Firmen wie Adafruit, Seeed Studio und SparkFun. Nachforschungen von Phillip Torrone von Adafruit ergaben, dass Ende 2011 mehr als 300 kommerzielle Open-Hardware-Produkte erhältlich waren, die insgesamt Umsätze von über 50 Millionen Dollar erzielten.<sup>28</sup>

Offenheit war der Leitgedanke, den Thomas Jefferson und die Gründerväter bei ihrem Patent Act im Sinn hatten, einem der ersten

offiziellen Gesetze der jungen Vereinigten Staaten von Amerika im Jahr 1790, ein Jahr nach der Ratifizierung der Verfassung. Der Sinn eines Patents – eines Monopols, das für eine begrenzte Zeit garantiert wird – lag für die Gründerväter nicht in erster Linie darin, dem Erfinder Einkünfte aus seiner Erfindung zu garantieren. Das erreichten Erfinder einfacher, indem sie ihre Erfindungen als Betriebsgeheimnis behandelten. Stattdessen sollten Erfinder dazu ermutigt werden, ihre Erfindungen mit der Öffentlichkeit zu *teilen*, damit andere von ihnen lernen konnten. Erfinder konnten ihr Patent nur lizenzieren, wenn sie es veröffentlichten, und so die Gesellschaft als Ganzes von der Erfindung profitierte. (Der Wissenschaftsbetrieb funktioniert genauso. Dort hängen Ansehen und beruflicher Aufstieg auch davon ab, wie viele Publikationen in Fachzeitschriften erschienen sind.)

Heute teilen immer mehr Erfinder ihre Erfindungen mit der Öffentlichkeit ohne jeglichen Patentschutz. Genau dafür stehen Open Source, Creative Commons und all die anderen Alternativen zum herkömmlichen Schutz geistigen Eigentums. Warum diese Erfinder das machen? Weil sie glauben, dass sie mehr zurückbekommen, als sie hergeben: Sie bekommen kostenlose Unterstützung bei der Entwicklung ihrer Erfindungen. Menschen schließen sich gern vielversprechenden offenen Projekten an, und wenn diese Projekte dann veröffentlicht werden, werden auch ihre Beiträge automatisch mit veröffentlicht. Erfinder bekommen außerdem Feedback und Unterstützung bei Werbung, Marketing und Fehlerbehebung. Und sie erwerben dadurch »soziales Kapital«, eine Mischung aus Aufmerksamkeit und Ansehen (Goodwill), das für den Erfinder später noch nützlich sein kann.

Ein Produkt, das in einem offenen Innovationsumfeld entwickelt wurde, steht nicht unter demselben rechtlichen Schutz wie eine patentierte Erfindung. Man könnte jedoch argumentieren, dass ein solches Produkt bessere Chancen auf kommerziellen Erfolg hat. Es wurde höchstwahrscheinlich schneller, besser und billiger entwickelt, als es im Geheimen der Fall gewesen wäre. Zumindest wurde es auf dem Markt der Meinungen schon einmal getestet, und das ist nicht die schlechteste Art der Marktforschung. Auch ein eigenes Marketing-Team bringt das Produkt gleich mit, bestehend aus Mitgliedern der Entwicklungsgemeinschaft, die sich für den Erfolg des

Produkts einsetzen. Jedes Produkt, um das sich vor dem Markteintritt eine Gemeinschaft bildet, hat sich bereits auf eine Weise bewährt, wie es ein Patent nur selten schafft.

Den Firmen, die auf offene Innovationen setzen, bieten sich neben dem erweiterten Marktzugang noch weitere Vorteile. Bei einer gut durchdachten »Architektur der Partizipation«, wie Tim O'Reilly es nannte, dessen Firma die Zeitschrift *Make* herausgibt, beteiligen sich Hunderte fähige Menschen ehrenamtlich aus denselben Gründen, die auch für Open-Source-Software und Wikipedia gelten: Manche wollen Teil von etwas sein, an das sie glauben, andere wollen einfach etwas schaffen, das ihre eigenen Bedürfnisse befriedigt, veröffentlichen ihr Projekt aber, um den Normen der Gemeinschaft zu entsprechen.

Das bedeutet billigere, schnellere und bessere Forschung und Entwicklung. Dadurch arbeiten Firmen, die ihre Produkte auf diese Weise entwickeln, unschlagbar wirtschaftlich. Und das gilt nicht nur für Forschung und Entwicklung. Auch Produktdokumentation, Marketing und Kundenservice werden auf diese Weise realisiert, durch eine Gemeinschaft von Freiwilligen innerhalb einer Gemeinschaft. Einige der teuersten Aufgabenbereiche in herkömmlichen Unternehmen werden so oft kostenlos übernommen, solange die sozialen Anreize stimmen.

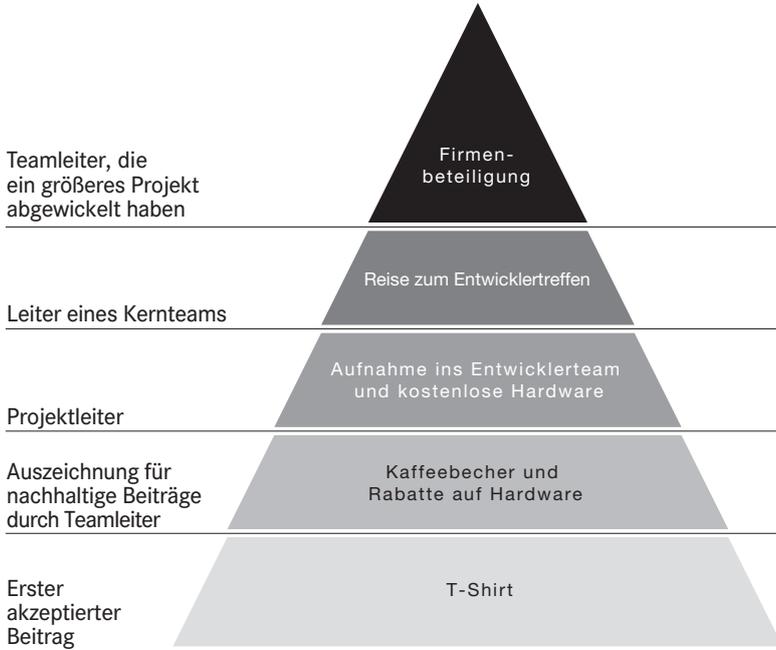
Bei 3D Robotics machen wir es mit allem so, und zwar aus folgenden Gründen: Wenn man seine Entwürfe im Internet unter einer Lizenz veröffentlicht, die es anderen erlaubt, die Entwürfe zu benutzen, baut man Vertrauen auf, eine Gemeinschaft und eine potenzielle Quelle für kostenlose Tipps und Mitarbeit bei der Entwicklung. Wir veröffentlichen die Entwürfe für unsere elektronischen Leiterplatten in ihrer nativen Form (dem EAGLE-Format von CadSoft) unter einer Creative-Commons-Attribution-ShareAlike-Lizenz (»by-sa«), die eine kommerzielle Verwendung gestattet. Unsere Soft- und Firmware werden mittlerweile alle unter einer GPL-Lizenz veröffentlicht, die ebenfalls eine kommerzielle Verwendung gestattet, solange die Vorgaben zur Namensnennung eingehalten werden und der Quellcode zugänglich bleibt. Das Ergebnis war, dass Hunderte von Menschen Code und Designideen beigetragen, Fehler behoben und eigene Produkte entwickelt haben, die unsere ergänzten.

Allein dadurch, dass wir unseren Quellcode offengelegt haben, bekamen wir ein praktisch kostenloses Forschungs- und Entwicklungsprogramm, das uns Hunderttausende von Dollar gekostet hätte, wenn wir unter einer Closed-Source-Lizenz gearbeitet hätten und Ingenieure hätten bezahlen müssen, ganz zu schweigen von der Qualität dieser Arbeit. Tagsüber arbeiten unsere ehrenamtlichen Helfer für andere Firmen als Experten auf ihren jeweiligen Gebieten. Solche Profis hätten wir nie abwerben können. Aber nachts gehen sie ihrer Leidenschaft nach und leisten großartige und ehrenamtliche Arbeit für uns. Sie tun es, weil wir gemeinsam etwas erschaffen, das sie selbst haben und an dem sie beteiligt sein wollen. Weil alles Open Source ist, wissen sie, dass es mehr Menschen erreichen und noch mehr begabte Menschen anziehen wird. So entsteht ein sich selbst verstärkender Effekt, der den Innovationsprozess weit stärker beschleunigt, als es die herkömmliche Entwicklung vermag.

Wenn die Grundlagen für eine Gemeinschaft erst einmal durch Inhalte gelegt sind und die ersten Nutzer auftauchen, muss man die Arbeit delegieren. Konstruktive Teilnehmer können zu Moderatoren ernannt werden, und besonders freundliche und hilfsbereite Mitglieder sollten eine »Tutor«-Kennzeichnung bekommen. Wenn genügend Mitglieder einen offiziellen Posten oder eine Auszeichnung für ihre gemeinschaftsbildende Arbeit bekommen haben, helfen sie sich üblicherweise gegenseitig, und ersparen einem die Mühe.

Ein Problem ist dabei immer die Frage, ob man Freiwillige bezahlen soll. Ich bin der Meinung, dass wichtige Beiträge zu einem Produkt honoriert werden sollten, aber man darf nicht überrascht sein, wenn so ein Angebot abgelehnt wird. Dafür gibt es vielfältige Gründe: Die freiwilligen Mitarbeiter leisten ihren Beitrag nicht aus finanziellen Gründen; die ausgezahlten Summen sind winzig im Vergleich zu dem, was sie in ihrem regulären Job verdienen; sie halten es für falsch, Geld anzunehmen, wenn andere Mitwirkende nichts bekommen; und schließlich, wenn ihnen klar wird, dass jede Honorarzahlung höhere Preise für die Kunden bedeutet, lehnen sie ab, weil das dem eigentlichen Grund widerspricht, aus dem sie sich beteiligt haben: etwas zu erschaffen, das ein größtmögliches Publikum erreicht; denn höhere Preise bedeuten weniger Nutzer.

## Belohnungshierarchie



Aber außer Geld gibt es noch andere Belohnungsmöglichkeiten, die noch motivierender sein können, vor allem für die Lieferanten der wichtigsten Beiträge, die meistens auch schon in ihrem Beruf sehr erfolgreich sind und entsprechend verdienen.

Wir haben für das Entwicklerteam bei DIY Drones eine Hierarchie der Belohnungen entwickelt. Sie reicht von läppischen, aber effektiven Belohnungen wie etwa einem Kaffeebecher pro beigesteuertem Stück Code (selbst wenn man dafür nur ein oder zwei Stunden gebraucht hat), bis zu ziemlich wertvollen Belohnungen, wie Aktienoptionen von 3D Robotics für die wichtigsten Mitarbeiter.

## Wie man eine Gemeinschaft aufbaut

Bei der Durchführung eines Open-Source-Projekts verschenkt man etwas in der Hoffnung, mehr zurückzubekommen. Klappt das immer? Nein. Man muss zusätzlich eine Gemeinschaft aufbauen. Dazu muss

man sicherstellen, dass eine Nachfrage nach dem Grundprodukt besteht, und dass es ausreichend dokumentiert und einzigartig genug ist, dass Menschen bereit sind, an seiner Entwicklung mitzuarbeiten. Selbst dann kann schon die Organisation einer Open-Source-Community zum Vollzeitjob werden. Aber wenn sie funktioniert, ist eine solche Community ein wahres Wunder: eine Abteilung für Forschung und Entwicklung, die schneller, besser und billiger ist als bei so manchem Weltkonzern.

Wenn man eine Gemeinschaft aus dem Nichts aufbaut, sollte man sich gut überlegen, ob man sie anstelle eines Blogs oder Diskussionsforums nicht lieber als soziales Netzwerk einrichtet. Die besten Social-Media-Werkzeuge bieten alles: tolle Blogging-Werkzeuge, super Diskussionsforen, Profile, persönliche Nachrichten, Videos, Fotos und mehr.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Gemeinschaft ist, dass ihre Inhalte ein möglichst breites Publikum erreichen, nicht nur über Diskussionsforen, sondern auch in Blogbeiträgen, Veröffentlichungen von Fotos und Videos und Nachrichten-Feeds. Die Maker-Gemeinschaften haben all das, von zahlreichen täglichen Blogbeiträgen bei MakerBot, SparkFun und Adafruit bis zu den Videoprofilen der Mitglieder bei Kickstarter und Etsy.

Mit derart reichhaltigen und ansprechenden Inhalten wird Marketing betrieben, Marketing für die Gemeinschaft selbst, aber auch für die Produkte, die in dieser Gemeinschaft entstehen. Die erfolgreichsten Maker sind gleichzeitig die besten Verkäufer, selbst wenn sie sich nicht so sehen. Sie erstellen ständig Blogbeiträge über ihre Fortschritte oder twittern darüber. Sie machen Fotos und Videos von jedem größeren Fortschritt und posten sie. Ihre Begeisterung für das, was sie tun, wirkt ansteckend und führt zu wachsender Begeisterung für und Vorfreude auf das fertige und veröffentlichte Produkt.

So ist jede Produktentwicklung in der Öffentlichkeit gleichzeitig Marketing. Die Verwaltung einer Gemeinschaft ist Marketing. Das Posten von Tutorials ist Marketing. Facebook-Updates sind Marketing. E-Mail-Kontakte zu Makern, die an ähnlichen Projekten arbeiten, sind Marketing. Natürlich geht es dabei nicht *nur* um Marketing. Diese Art der Produktentwicklung ist so effektiv, weil es den Menschen auch etwas Wertvolles bietet, das sie schätzen und dem

sie Aufmerksamkeit schenken. Aber letzten Endes ist alles, von der Namenswahl für ein Produkt bis zur Entscheidung, auf wessen Erfolgswelle man mitreitet (wie wir uns für Arduino entschieden haben), zumindest teilweise eine Marketing-Entscheidung. Ihre Community ist Ihr bester Marketing-Kanal. Aus ihr entstehen die Mundpropaganda und das virale Marketing, das Sie brauchen werden. Gleichzeitig ist sie ein Ort, an dem Sie nach Herzenslust von Ihren Produkten schwärmen können. Wenn Sie den Menschen einen Grund für ihr Engagement liefern, der ihre Bedürfnisse und Interessen befriedigt, dann ist es keine Werbung, wenn Sie Ihr neuestes Spielzeug anpreisen, es ist Inhalt.

## Festungen ohne Mauern

Wie aber können sich Firmen, die nach der Open-Innovation-Philosophie arbeiten, vor Wettbewerb oder gar Produktpiraterie schützen? Schließlich gehört es zum System der Open Innovation dazu, dass man etwas zurückgibt, dass man alles mit der Gemeinschaft teilt, die es geschaffen hat. Welchen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil haben diese Firmen?

Sind es die Marken? Viele Open-Hardware-Projekte veröffentlichen die Entwurfsdaten ihrer Produkte, lassen ihre Namen und Logos aber als Marken schützen. Damit können andere zwar das selbe Produkt herstellen, aber sie können es nicht genauso nennen (zumindest ist es in den Ländern nicht legal, in denen die Marken registriert sind). Eine Marke kann tatsächlich ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil sein. Aber diesen Markenschutz gerichtlich wirkungsvoll durchzusetzen, vor allem in anderen Ländern, kann extrem teuer werden. In einer Welt des Open Source kann man auch nicht mehr einfach davon ausgehen, dass die Kopien minderwertig und einfach zu erkennen sind.

Sind es die Communitys? Ja, solange sie Pionierkunden und andere Maker unterstützen. Eine chinesische Firma kann Kopien unserer Produkte herstellen und sie billiger verkaufen, aber sie wird nicht unsere Community haben, und wenn unsere Community die Kopie erkennt, werden sich die Mitglieder meist weigern, denen zu helfen, die die »Heimmannschaft« nicht unterstützen. Allerdings

gibt es unsere Communitys ja gerade, *weil* unsere Produkte kompliziert sind. Es sind überwiegend Unterstützergemeinschaften, wo Mitglieder sich gegenseitig dabei helfen, sich auf verwirrendem und unbekanntem Terrain zu bewegen. Die Entwicklergemeinschaft ist im Vergleich dazu klein und besteht für das eine Prozent der Nutzer, die dazu beitragen wollen, das Produkt weiterzuentwickeln, oder ganz neue Wege damit einschlagen wollen.

Aber das eigentliche Ziel der Open-Innovation-Projekte ist die Entwicklung neuer Produkte, die genauso gut sind wie Produkte aus den herkömmlichen geschlossenen Innovationsansätzen, oder sogar besser. Das bedeutet in erster Linie, dass sie leicht zu handhaben sein müssen, gut konstruiert und dokumentiert. Bei einem Toaster aus dem Kaufhaus ist es egal, ob es dazu eine Gemeinschaft gibt. Tolle Produkte brauchen keine tolle Gemeinschaft. Manchmal sprechen tolle Produkte einfach für sich selbst.

In diesen Fällen ist der einzige nachhaltige Wettbewerbsvorteil ein Ökosystem. Keine Gemeinschaft aus Kunden, sondern eine Gemeinschaft aus anderen Firmen und Entwicklern, die Produkte herstellen, die mit unserem eigenen Produkt zusammen funktionieren und es ergänzen. Man denke nur an die Zehntausende Apps, die Android, ein quelloffenes Betriebssystem für mobile Geräte, ergänzen und stützen. Oder die Hunderte von Plug-ins und Dienstprogrammen rund um WordPress, die Open-Source-Blogplattform. In all diesen Fällen sorgte die Offenheit für einen Kundenkreis, der zum anhaltenden Erfolg des Produkts führte. Es war egal, dass andere es kopieren konnten, weil der ganze Goodwill einen Netzwerkeffekt ausgelöst hatte, der sehr viel schwerer zu kopieren war als der reine Programmcode.

Aber was ist, wenn uns trotzdem jemand abzocken will? Das kommt ganz darauf an, was man unter »abzocken« versteht. Wenn ein anderer unsere Dateien benutzt, ohne große Modifikationen oder Verbesserungen die Produkte herstellt und uns Konkurrenz macht, dann müssen diese Waren schon deutlich billiger sein als unsere, um auf dem Markt Fuß zu fassen. Wenn sie das mit derselben oder gar besserer Qualität schaffen, dann ist das toll: Der Verbraucher gewinnt, und wir können die Produktion dieser Ware einstellen und uns auf andere Dinge konzentrieren, die mehr Zusatznutzen bringen (wir wollen ja gar nicht in die Massenproduktion).

Allerdings wird das in der Realität kaum geschehen. Unsere Produkte sind ohnehin schon sehr günstig, und wir benutzen dieselben Werkzeugmaschinen, wie sie auch in China eingesetzt werden, zum selben Preis.

Und selbst wenn die Produkte in derselben Qualität billiger hergestellt werden können, ist da noch die kleine Frage des Kundenservice. Unsere Community ist unser Wettbewerbsvorteil: Sie leistet den Großteil des Kundenservice über Diskussionsforen und Tutorialblogs und unser Wiki. Jemandem, der eine chinesische Kopie unseres Produkts auf eBay gekauft hat, wird unsere Community nur im Ausnahmefall helfen. Ein solches Verhalten gilt als illoyal gegenüber dem ursprünglichen Entwicklerteam.

Wie aber erkennt man, welches unser Produkt ist und welches eine Kopie, die unsere Open-Source-Lizenz ermöglicht? Die Kopien können nicht denselben Namen verwenden. Das einzige geistige Eigentum, das wir schützen lassen, ist unser Markenname. Wenn jemand also dieselben Platinen herstellen will, dann muss er sie anders nennen. Das Arduino-Projekt funktioniert nach demselben Prinzip. Man kann die Platinen einfach kopieren, aber man kann sie nicht »Arduino« nennen (obwohl man sie als »Arduino-kompatibel« bezeichnen kann). Man muss sogar alle Logos, Namen und Grafiken aus den Entwurfsdateien der Leiterplatten entfernen, die man veröffentlicht. Das ist eine ideale Möglichkeit, um ein Minimum an unternehmerischer Kontrolle zu behalten und trotzdem am Prinzip von Open Source festzuhalten.

Open Source sieht die Möglichkeit für Nutzer, die Produkte selbst herzustellen, wenn sie es wollen, ausdrücklich vor. Sie müssen nicht unbedingt dafür bezahlen. Davon profitieren etwa 0,1 Prozent der Nutzer, von denen auch die besten neuen Ideen und Innovationen rund um das Produkt kommen. Aber den anderen 99,9 Prozent ist es lieber, jemanden für die Herstellung zu bezahlen, der die Funktionsfähigkeit gewährleistet. Darin liegt das Kerngeschäft.

## Wie Sie Ihre »Piraten« dazu bringen, für Sie zu arbeiten

Ein Beispiel aus der Praxis: Gegen Ende 2010 postete jemand auf der DIY-Drones-Website die Nachricht, dass bei Taobao, eBay und

anderen Online-Marktplätzen chinesische Kopien unseres Ardu Pilot Mega verkauft würden. Und tatsächlich waren die Kopien gut gemacht und voll funktionsfähig. Nicht nur das, auch unsere englische Gebrauchsanleitung war ins Chinesische übersetzt worden, zusammen mit einem Teil der Software.

Unsere Community war schockiert über diese dreiste »Piraterie« und wollte wissen, was wir dagegen zu unternehmen gedachten.

Gar nichts, antwortete ich.

Beides wird bei Open-Source-Hardware erwartet und sogar gefördert. Software, deren Vertrieb nichts kostet, ist kostenlos. Hardware, deren Herstellung teuer ist, wird zu einem Preis verkauft, der gerade ein gesundes Wachstum eines zukunftsfähigen Betriebs ermöglicht, um die Qualität, Unterstützung und Verfügbarkeit der Produkte sicherzustellen, aber die Entwürfe werden ebenfalls verschenkt. Alles geistige Eigentum steht frei zur Verfügung, damit die Gemeinschaft es nutzen, es verbessern, und eigene Varianten herstellen kann.

Die Möglichkeit, dass andere die Produkte kopieren, ist fester Bestandteil des Modells. Unsere Open-Source-Lizenz gestattet dies ausdrücklich. Im Idealfall werden die Produkte verändert und verbessert (Stichwort: »derivative Designs«), um eine bestehende Nachfrage auf dem Markt zu befriedigen, die wir nicht berücksichtigt haben. Diese Art der Innovation soll durch Open Source gefördert werden. Aber wenn die Produkte einfach nur kopiert und zu einem niedrigeren Preis verkauft werden, ist das auch okay. Der Markt entscheidet.

Übrigens ist Arduino mit dem Entwicklerboard genau dasselbe passiert: Mehrere chinesische Firmen haben es nachgebaut. Die Qualität der Nachbauten war teilweise schlechter, aber selbst wenn sie gut war, unterstützten die meisten Leute doch lieber weiter die offiziellen Arduino-Produkte und deren Entwickler. Kopien machen heute nur einen kleinen Teil des Marktes aus und kommen vor allem in preiseempfindlichen Märkten wie China vor. Aber ein Produkt für das Niedrigpreissegment des Marktes anzupassen ist ja nur eine andere Form der Innovation, und das ist doch gut.

Persönlich gefällt mir diese Entwicklung aus vier Gründen:

1. Ich finde es großartig, dass jemand das Wiki ins Chinesische übersetzt hat, weil so noch mehr Menschen darauf zugreifen können.
2. Es ist ein Zeichen des Erfolges: Man wird nur kopiert, wenn man etwas macht, das Menschen wollen.
3. Wettbewerb ist gut.
4. Eine zunächst reine Kopie kann sich zu einer echten Innovation entwickeln oder zu Verbesserungen führen. Unsere Lizenz verlangt, dass alle abgeleiteten Produkte ebenfalls quelloffen sein müssen. Wäre es nicht toll, wenn ein chinesisches Team etwas Besseres erfinden würde als wir? Dann könnten wir den Spieß umdrehen und ihren Entwurf nachbauen, die Dokumentation ins Englische übersetzen und das Produkt außerhalb Chinas auf den Markt bringen. So gewinnen alle!

Kurz nachdem ich das geschrieben hatte, meldete sich ein Mitglied namens »Hazy« über die Kommentarfunktion. Er habe mit dem Team zusammengearbeitet, das die chinesischen Boards herstellte, und er habe alles übersetzt. Ich gratulierte ihm zu der Geschwindigkeit, in der er es geschafft hatte. Und dann fragte ich ihn, ob er sich vorstellen könne, seine Übersetzung in unser offizielles Handbuch einzuarbeiten, ein Wiki bei Google Code, wo auch unser Datenarchiv liegt. Er erklärte sich bereit, und so gab ich ihm Editierrechte für das Wiki und ergänzte eine Wahlmöglichkeit für die Nutzer zwischen englischer Version oder chinesischer Übersetzung.

Damals benutzten wir das Versionskontrollsystem Subversion (inzwischen benutzen wir Git), und Google Code arbeitete mit einer sehr einfachen Implementierung. Die Wiki-Seiten waren einfach Dateien, die im selben Archiv gespeichert waren wie der Quellcode für unsere Autopiloten, und ich hatte mir die Berechtigungsoptionen nicht genau angesehen. Damit andere das Wiki bearbeiten konnten, gab ich ihnen einfach umfassenden Schreibzugriff (also die Erlaubnis, Dateien zu erstellen und zu bearbeiten) für das ganze Archiv.

Mitglieder der Community, denen ich diese Zugriffsrechte gab, bat ich üblicherweise, nicht aus Versehen den Code zu verändern (die Mitgliedschaft im Code-Entwicklerteam war stärker beschränkt, weil die Gefahr dort größer war, dass etwas passierte), aber bei Hazy vergaß ich es.

Als Erstes integrierte Hazy die chinesische Übersetzung nahtlos in unser Handbuch, sodass man durch einen einfachen Mausklick auf einen Link zwischen den beiden Sprachen wechseln konnte.

Er war ein Experte für unseren Autopiloten (schließlich hatte er in dem Team mitgearbeitet, das ihn nachgebaut hatte), und so führte er gleich noch einige Korrekturen am englischen Handbuch aus. Ich sichtete seine vielen Änderungen und bestätigte alle: Sie waren clever, korrekt und in perfektem Englisch geschrieben.

Dann wurde es interessant, denn Hazy begann, Fehler im Code direkt zu beheben. Beim ersten Mal dachte ich, er habe aus Versehen eine Wiki-Datei in den falschen Ordner verschoben. Aber ich sah mir die Datei an: Es war Code und seine Korrektur war nicht nur korrekt, sondern auch ausführlich dokumentiert. Wer hätte geahnt, dass Hazy auch Programmierer war?!

Ich dankte ihm, dass er den Fehler behoben hatte, und dachte nicht weiter darüber nach. Aber dann änderte er immer mehr Code: Hazy arbeitete unsere Liste mit Programmfehlern ab; er nahm sich alle Fehler vor, einen nach dem anderen, für die das Entwicklerteam zu beschäftigt gewesen war, um sie selbst zu beheben.

Heute ist er einer der besten Entwickler in unserem Team. Ich habe ihn immer noch nicht persönlich kennengelernt, aber nach einer Weile wollte ich mehr über ihn wissen und fragte nach.

Sein richtiger Name ist Xiaojiang Huang. Er lebt in Beijing. Tagsüber arbeitet er an seiner Doktorarbeit in Informatik an der Universität Beijing.

Er erzählte mir von seinem Leben:

*»Als ich klein war, faszinierten mich Modelle aller Art, und ich wollte unbedingt ein RC-Flugzeug. Viele Jahre später, als ich meinen College-Abschluss machte, konnte ich mir endlich einen RC-Helikopter leisten. Ich kaufte außerdem RC-Trucks und -Flugzeuge. Manchmal werde ich als naiv verlacht, weil ich mit »Spielzeug« spiele, aber ich bin glücklich, weil es mein Kindheitstraum war. Ich stieß beim Surfen im Internet zufällig auf ArduPilot, und mir gefielen die leistungsfähigen Funktionen. Ein paar meiner Freunde waren ebenfalls interessiert, aber sie hatten Probleme mit der englischen Dokumentation. Also übersetzte ich sie ins Chinesische, weil ich hoffte, es für die chinesischen Fans einfacher zu machen, mit dem ArduPilot zu spielen. Danke, DIY Drones,*

*für die großartige Arbeit, und ich hoffe, dass dadurch mehr Menschen ihre Träume verwirklichen können.«*

Was hier geschah, war reine Magie. Als wir das erste Mal von den nachgebauten Boards gehört hatten, waren einige in unserer Gemeinschaft sofort davon überzeugt, dass das ein klarer Fall der üblichen chinesischen Produktpiraterie war, und sie fragten, wann wir rechtlich dagegen vorgehen würden. Aber dann erinnerte ich sie daran, dass diese Version nicht »geklaut« war, sondern eine »abgeleitete Version«, die unsere Open-Source-Lizenz nicht nur erlaubte, sondern anregte, und die Stimmung kippte.

Weil wir das chinesische Team nicht verteufelten, sondern sie als Teil der Gemeinschaft behandelten, verhielten sie sich auch so. Hazy gab sich zu erkennen und trug zu unserer Arbeit bei, statt sie einfach nur auszunutzen.

Damit arbeitete zumindest ein Teil der »Piraten« jetzt für uns. Statt einfach nur unsere Technologie zu verwenden, helfen sie uns dabei, sie für alle zu verbessern. Hazy hat seine Träume verwirklicht, und indem er es tat, hat er auch uns dabei geholfen, unsere Träume zu verwirklichen.

## KAPITEL 8

### DIE NEUERFINDUNG DER GRÖSSTEN ALLER FABRIKEN

---

Die Automobilindustrie ist die Königin der verarbeitenden Industrie. Wenn sie umgestaltet werden kann, dann klappt es überall.

---

Es gibt kein Gesetz, das vorschreibt, dass Maker-Firmen klein bleiben müssen. Schließlich begannen auch einige Größen des Silicon Valley, von Hewlett-Packard bis Apple, in einer Garage, und im Internet ist die »Vom Studenten zum Millionär«-Geschichte inzwischen so verbreitet, dass Informatikstudenten, die tatsächlich bis zu ihrem Abschluss an der Uni bleiben, sich dem Verdacht aussetzen, ihnen mangle es an unternehmerischem Talent. Maker-Firmen sind ein Hybrid zwischen einem herkömmlichen Industriebetrieb und einem Internet-Start-up. Dadurch haben sie das Potenzial, die nächste große Sensation zu werden, indem sie die Wachstumsraten der Software mit den Möglichkeiten zum Geldverdienen verbinden, die Hardware bietet.

Aber letzten Endes wird die Maker-Bewegung nicht nur nach dem Einfluss beurteilt werden, den sie auf Produktkategorien und unternehmerisches Vermögen hatte, sondern auch danach, wie sie die Wirtschaft als Ganzes beeinflusst hat. Und dazu muss die Maker-

Bewegung in den größten Industriezweigen Wirkung zeigen, vor allem dem größten von allen: der Automobilindustrie. Sogar hier, im härtesten Industriesektor überhaupt, gibt es durchaus Chancen für Maker. Sie können zwar keine großartigen Skaleneffekte bieten, aber sie haben die Flexibilität und die Fokussierung, die Firmen mit enger Anbindung an ihre Kunden heute auszeichnen.

In der Autoindustrie hat es selbstverständlich schon immer Nischenfirmen und kleine Zulieferer gegeben. Aber in der Branche wurde die Luft immer dünner, wie der schleichende Niedergang und Verkauf der meisten britischen Spezialfirmen in der Automobilbranche an multinationale Großkonzerne gezeigt hat. Nur leider hat sich die traditionelle Automobilindustrie in der Vergangenheit als äußerst innovationsfeindlich erwiesen. Die Entstehungsgeschichte des Intervallscheibenwischers ist ein gutes Beispiel dafür.

## Die Leiden eines Erfinders im 20. Jahrhundert

Ein junger Ingenieur namens Robert Kearns wurde in seiner Hochzeitsnacht im Jahr 1953 von einem Sektkorken am linken Auge getroffen und erblindete. Zehn Jahre später lehrte er am Wayne State College in Detroit. Wegen seiner verminderten Sehfähigkeit hatte er einige Probleme. Doch gegen eines dieser Probleme, die Ablenkung beim Fahren durch die Scheibenwischer seines Ford Galaxie bei Regen, konnte er etwas unternehmen.

Der Scheibenwischer war nicht nur für Menschen mit nur einem funktionstüchtigen Auge ein Ärgernis. Wenn er eingeschaltet war, bewegten sich die Wischerarme ständig hin und her, egal wie stark der Regen war. Man konnte sie verlangsamen, aber man konnte keine Pausen einlegen, wenn es nur noch tröpfelte. Es war, als würden die Augenlider sich andauernd öffnen und schließen, statt nur hin und wieder zu blinzeln. Für einen Mann mit eingeschränkter Sehkraft bedeutete die ständige Bewegung eine weitere Ablenkung beim Autofahren. Für einen Professor der Ingenieurwissenschaften war es eine Herausforderung, eine bessere Lösung zu finden.

Kearns ging in seinen Werkstattkeller und begann zu basteln. Er konstruierte auf seiner Werkbank den Prototyp eines elektrischen Verzögerungsschalters, bei dem ein Kondensator langsam aufge-

laden und so ein Scheibenwischer für eine einstellbare Zeitdauer angehalten wird, je nachdem, wie stark es regnete. Wie im Film *Flash of Genius* über Kearns' Leben aus dem Jahr 2008 von Greg Kinnear dargestellt, führt er seinen Kindern überschwänglich sein Arbeitsmodell vor, das er mit den Wischermotoren aus dem Auto seiner Frau und einer Glasscheibe zusammengebaut hat: »Es lebt, lebt, lebt!« Die Kinder sind angemessen beeindruckt und helfen ihm sogar beim Schweißen (das ist eben Hollywood). In dieser Szene ist die Erfindung auf ihren Kern reduziert: ein Mann, eine Idee und die passenden Werkzeuge und Fertigkeiten, um sie Realität werden zu lassen.

Dieses Bild erinnert mich sehr an meinen Großvater, ohne die Theatralik natürlich. Doch Kearns traf damals eine andere Entscheidung als mein Großvater. Beide meldeten ein Patent auf ihre Erfindung an, aber Kearns verkaufte keine Lizenzen für seine Erfindung an die Automobilfirmen. Stattdessen stellte er seine Intervallscheibenwischer selbst her, um sie dann als fertiges Produkt an die Automobilfirmen zu verkaufen. Ford erklärte sich vertraglich bereit, Kearns' Scheibenwischer in eines ihrer neuen Modelle einzubauen. Also musste Kearns eine Fabrik bauen.

Er lieh sich Geld, nahm einen stillen Teilhaber mit ins Boot, nahm eine Hypothek auf sein Haus auf und kratzte auf jede denkbare Art die riesige Summe zusammen, die er Mitte der 1960er-Jahre für eine Scheibenwischerfabrik brauchte. Es war eine gigantische Unternehmung und, wie sich herausstellte, keine gute Entscheidung.

Die Szenen, in denen Kearns seine Fabrik aufbaut, sprechen für sich. Als Erstes mietet er 9000 Quadratmeter Gewerbefläche an, ein einziger großer, offener Bereich, in dem nur einzelne Pfeiler zwischen den geziegelten Außenwänden und Laderampen standen. Dann musste dieser Raum mit Fertigungsanlagen gefüllt werden. Männer mit Schutzhelmen tragen Stahlregale umher und fahren Gabelstapler mit Rollenlagern für Förderbänder – ein typischer Anblick für das Industriezeitalter. Am Ende findet ein Treffen mit Motorola statt, um über den Kauf von Transistoren zu verhandeln, für den die Finanzabteilung der Firma einen Kredit genehmigen muss. Ganz schön beängstigend für einen Kleinunternehmer.

Aber es kommt noch schlimmer: Kurz bevor Kearns seine Fabrik in Betrieb nehmen kann, zieht Ford sich ohne Vorwarnung aus dem

Vertrag zurück. Kearns' Telefonanrufe werden nicht beantwortet, und er hat keine Ahnung, warum. Ohne Aussicht auf Umsätze muss die Fabrik schließen, bevor darin ein einziger Scheibenwischer produziert wurde.

18 Monate später geht Kearns bei Regen zu seinem Auto zurück und sieht drei brandneue Ford Mustangs um die Ecke biegen auf dem Weg zur großen Rollout-Party. Die Scheibenwischer wischen, machen eine Pause, und wischen wieder. Man hat seine geniale Idee gestohlen. Kearns ist ruiniert und wird kurz darauf wahnsinnig, was im dramatischen Rest des Films erzählt wird. (In Wirklichkeit führte Ford wenige Jahre später Intervallscheibenwischer ein, als im Film dargestellt, als Sonderausstattung in der Mercury-Serie von 1969.<sup>29</sup> Aber Kearns durchlebte leider tatsächlich Jahre der Verzweiflung, Depression und Zusammenbrüche.)

Am Ende verklagte Kearns Ford und Chrysler wegen Patentverletzung, und nach einem jahrelangen Rechtsstreit und zehn Millionen Dollar Rechtskosten wurden ihm fast 30 Millionen Dollar zugesprochen. Aber er bestand darauf, dass es in seinem Kampf gegen Ford nicht ums Geld gegangen sei, sondern ums Prinzip. In seinem Nachruf im Jahr 2005 stand, dass »er oft sagte, er habe nur eine Chance haben wollen, mit seinen sechs Kindern eine Fabrik zu leiten und seine Wischermotoren herzustellen.«<sup>30</sup> Diese Chance bekam er nie. Es war damals einfach zu schwierig.

Heute würde Kearns die Sache anders angehen. Wie früher auch hätte er seinen ersten Prototyp im Keller angefertigt. Aber statt eine Fabrik zu bauen, hätte er die Elektronik von einer Firma fabben und das Gehäuse von einer anderen herstellen lassen. Dann hätte er einen Hersteller von Scheibenwischern in Guangdong oder Ohio oder irgendwo anders dafür bezahlt, sein Produkt mit diesen Einzelteilen herzustellen. Wahrscheinlich wären sie direkt an die Kunden, die Automobilhersteller, ausgeliefert worden, und der ganze Vorgang hätte nur Monate gedauert, keine Jahre – zu schnell, als dass die großen Firmen ihm hätten zuvorkommen können. Keine Fabrik, kein Rechtsstreit, kein Wahnsinn. Er hätte sich seinen Traum erfüllen und aus seiner Erfindung ein Unternehmen machen können, ohne dafür gegen Windmühlen kämpfen zu müssen.

## Flash of Genius – die nächste Generation

Heute muss man sich eine solche Geschichte nicht mehr nur vorstellen, sondern kann selbst Zeuge von etwas ganz Ähnlichem werden. Man muss dazu nur nach Chandler in Arizona fahren zur Local Motors-Fabrik in einem umgebauten Lagerhaus für Wohnmobile etwa 20 Minuten südlich von Phoenix. Topfpflanzen, die sich um die Säulen ranken, lockern den Innenraum etwas auf, ein gestalterisches Detail, das von einer Ferrari-Fabrik abgeschaut ist (auch wenn die Pflanzen bei der künstlichen Beleuchtung nur schwer am Leben zu halten sind). Aber ansonsten sieht es dort eher aus wie in einem Autohaus als in einer Fabrik. Vor allem gibt es hier keine Fertigungslinien. Stattdessen wird neben farblich abgestimmten Werkzeugschränken sehr liebevoll an den einzelnen Autos gearbeitet.

Hier werden die ersten Open-Source-Autos der Welt hergestellt. Das erste Modell ist ein Baja Racer für 75 000 Dollar mit dem Namen Rally Fighter, dessen runde Formen an einen Kampffjet erinnern. Die Anlage in Chandler ist nur die erste von vielen »Mikrofabriken« mit jeweils 40 Mitarbeitern, die die Firma in ganz Amerika plant. In jeder Fabrik werden Autos hergestellt, die von der Community entwickelt wurden, die auch in der Produktion mitarbeitet. Es ist ein kleiner Vorgeschmack auf eine völlig neue Art, Autos zu entwerfen, zu entwickeln und zu produzieren, und vieles andere mehr.

Local Motors ist als Automobilfirma auf den Maker-Prinzipien aufgebaut. Die Entwürfe entstehen durch Crowdsourcing, und die serienmäßig produzierten Einzelteile werden auf dieselbe Weise ausgewählt. Die Ideen werden nicht patentiert, sie werden kostenlos weitergegeben, damit andere darauf aufbauen und sie weiter verbessern können zum Nutzen aller. Es gibt nur minimale Lagerbestände. Erst nachdem Käufer eine Anzahlung geleistet haben und ein Liefertermin feststeht, werden die Einzelteile eingekauft und die Ausstattung zusammengestellt.

Alles begann mit einer Frage: Wie baut man eine Automobilfirma im Internet auf? Im Jahr 2007 beschlossen Jay Rogers und Jeff Jones, es herauszufinden. Sie erstellten eine Website, auf der Auto-designer (Profis, Amateure und andere am Prozess Interessierte) ihre Ideen miteinander teilen und über ihre Favoriten abstimmen konnten. Sie nannten die Firma Local Motors, weil sie hofften, ihre

Produktion könne eines Tages genauso geografisch verteilt sein wie die Community. »Mikrofabriken« vor Ort sollten gleichzeitig als Autohaus fungieren. Die Autos sollten nach Bedarf nahe am Wohnort der Kunden hergestellt werden, und nicht in großen zentralen Fabriken.

Rogers war prädestiniert für diesen Job. Sein Großvater, Ralph Rogers, hatte im Jahr 1945 die Firma Indian Motorcycle gekauft. Als nach dem Zweiten Weltkrieg die leichten Triumph-Motorräder auf den US-Markt kamen, realisierte Rogers Senior, dass sein Marktführer Chief, eine wuchtige und zuverlässige Straßenmaschine, nicht mehr konkurrenzfähig war. Er beschloss, einen neuen, leichteren Motor zu entwickeln, damit Indian ein eigenes, wendiges Motorrad herstellen konnte. Er scheiterte an dieser Aufgabe. Der Richtungswechsel war einfach zu schwierig und zu teuer, und am Ende verlor Rogers seine Firma.

Heute plant Ralph Rogers' Enkel etwas noch Radikaleres: Er will mit minimalem Budget die ganze Automobilproduktion revolutionieren. Es ist heute einfacher. Sein Unternehmen hat zehn Millionen Dollar beschafft, und er hält das für ausreichend, um die Firma in die Rentabilitätszone zu bringen.

Worin unterscheidet sich die Situation heute von der Vergangenheit? »Damals gab es keine Möglichkeit, auf den Markt vorzudringen, weil einige wenige den gesamten Herstellungsprozess fest im Griff hatten«, antwortet Jay Rogers. Inzwischen haben sich die Lieferketten für die kleinen Firmen geöffnet.

Rogers und Jones glauben, dass das Prinzip der offenen Innovation unsere Art Auto zu fahren verändern könnte. Sie formulierten ihren Auftrag so:

### Das alte Paradigma

*Mit einem hohen Einsatz an Kapital entwerfen heutige Automobilkonzerne ein einziges Modell, stellen es in tausendfacher Ausfertigung pro Jahr her und drücken die Autos über ein Netz von Vertragshändlern auf den Markt.*

## Was wir anders machen

*Wir erwerben eine Lizenz für ein besonders sicheres Leichtbau-Fahrgestell, das man mit 2000 Stück pro Jahr profitabel herstellen kann. Darüber legen wir dann einen Entwurf unserer Open-Source-Design-Community. In dieser Community haben ehrgeizige Nachwuchsdesigner aus der ganzen Welt die Möglichkeit, neue Designs zu erfinden und immer weiter zu verbessern. Unser Team gibt den Zielverkaufspreis vor. Die Gruppe sorgt für die Innovationen. Diese Designs werden dann an unsere Zulieferer geschickt, die die benötigten Bauteile just in time direkt an die Local-Motors-Fabrik liefern. Alle Autos werden von einer 20-köpfigen Mannschaft montiert, einer Qualitätsprüfung unterzogen und vor Ort verkauft in einer Anlage mit einem Tausendstel des Kapitaleinsatzes heutiger Autofabriken.*

Durch die Veränderungen in der weltweiten Automobilindustrie der vergangenen drei Jahrzehnte ist es heute erheblich einfacher, ein solches Auto zu bauen. Der von den Japanern angeführte Wechsel weg von gigantischen Fabriken und hin zu einem Ökosystem von Zulieferern mit Just-in-time-Lieferungen, hat dazu geführt, dass praktisch alles, was man braucht, auf dem Markt und einfach erhältlich ist. Kleine Firmen bekommen die Teile vielleicht nicht ganz so schnell und günstig wie Ford, aber die globale Versorgungskette der Automobilindustrie steht grundsätzlich allen offen. Sie funktioniert für Stückzahlen in Millionenhöhe und für Einzelstücke: ein weiteres skalenfreies Netzwerk, genau wie das Internet.

Als ehemaliger Captain bei den US-Marines mit Einsätzen im Irak trägt der 38-jährige Rogers heute noch am liebsten einen Fliegeranzug im Militärstil. Er hat außerdem einen MBA von Harvard und arbeitete eine Zeit lang als Ingenieur in China. Während seiner Zeit in Harvard hörte er einen Vortrag über Threadless, die Open-Design-T-Shirt-Firma, die ihm die Macht des Crowdsourcing vor Augen führte.

Autos sind zwar komplexer als T-Shirts, aber beides sind Beispiele für »Plattformen«, auf denen Menschen ihre Talente unter Beweis stellen und gemeinsam Neues ausprobieren können. In beiden Fällen gibt es sehr viel mehr Menschen, die solche Produkte entwerfen können, als derzeit dafür bezahlt werden. Die meisten Studenten

des Automobildesigns finden keine Arbeit in der Automobilindustrie. Sie entwerfen am Ende Zahnpastatuben oder Kinderspielzeug. Aus diesem Talentpool von verhinderten Autodesignern kommen die Teilnehmer von gut organisierten Autodesign-Wettbewerben und -Communitys.

## Ein Wettbewerb für jede Radkappe

Local Motors' Anfänge liegen in Wareham in Massachusetts, etwa eine Stunde südlich von Boston, in einem Industriegebiet hinter Factory Five Racing, einem Kit-Car-Hersteller, der auch in die neue Firma investierte. Die Kit-Car-Verbindung ist Teil der Tradition, aus der Local Motors entstand, aber gleichzeitig auch ein warnendes Beispiel dafür, welche Fehler es zu vermeiden galt. Kit Cars gibt es schon seit Jahrzehnten. Sie sind ein Beweis dafür, in welchem kleinem Maßstab Automobilproduktion funktioniert. Sie bestehen aus einem handgeschweißten Stahlfahrwerk und einer Fiberglaskarosserie mit einem Serienmotor und Serienausstattung. Amateure bauen diese Autos in der Regel zu Hause zusammen, und umgehen so viele regulatorische Einschränkungen (ähnlich wie bei selbst gebauten Versuchsflugzeugen).

Kit Cars sind meist Nachbauten berühmter Renn- oder Sportwagen, was immer wieder Rechtsstreitigkeiten und Lizenzgebühren nach sich zieht. Das erschwert es, Gewinne zu erzielen, und setzt auch dem Wachstum der Branche Grenzen. Seit der Firmengründung im Jahr 1995 hat Factory Five nur etwa 8000 Kit Cars verkauft.

Rogers und seine Mitgründer fanden einen Weg, das zu vermeiden: Ihre Firma würde nur eigene Entwicklungen bauen. Statt sich nach klassischen Entwürfen zu richten, würden sie ihre eigenen Vorstellungen davon entwickeln, wie ein Auto sein konnte. Die Gemeinschaft um die Firma würde die Produkte kreieren und gleichzeitig die Kundschaft stellen. Dabei war die Gemeinschaft kein Komitee: Über die besten Entwürfe wurde durch Abstimmung und Wettbewerb entschieden, nicht durch Kompromisse und Einstimmigkeit.

Im Jahr 2008 rief Local Motors den Wettbewerb für das erste Auto aus, einen Baja Racer. Um die Gruppe in die richtige Richtung zu

lenken und ihnen einen Ansatzpunkt für ihre Arbeit zu geben, forderte Rogers die Teilnehmer als zusätzliche Herausforderung auf, sich an dem P-51 Mustang zu orientieren, einem Jagdflugzeug aus dem Zweiten Weltkrieg, ein klassisches und wunderschönes Flugzeug, das für viele Qualitäten stand, die Rogers auch im Auto wiederzufinden hoffte: Leistungsfähigkeit, Belastbarkeit, Beweglichkeit und Coolness. Vor allem aber war der P-51 kein Auto, sodass die Firma für die Hommage wohl kaum wegen Verletzung irgendeines geistigen Eigentums verklagt werden würde.

Im Bereich Gesamtgestaltung gewann Sangho Kim, ein Grafikdesignstudent vom Art Center College of Design in Pasadena in Kalifornien (er erhielt insgesamt 20 000 Dollar Preisgeld für seine Beiträge). Als seine Karosserie als Gewinner feststand, gab es noch über ein Dutzend andere Wettbewerbe für Bauteile, vom Rückspiegel bis zur modischen »Vinylhaut«, die statt Farblack die Karosserie überziehen sollte. Alle Teilnehmer der Wettbewerbe wollten nicht einfach nur ein weiteres Auto entwerfen, das den Ansprüchen des Massenmarktes und den Konventionen genügte. Sie wollten etwas Eigenes machen. Sie wollten ein Traumauto zum Leben erwecken.

Am Ende hatten über 160 Menschen zur endgültigen Ausführung beigetragen.

Wie aber konnte man die üblichen Gefahren eines Gemeinschaftsdesigns vermeiden, dass man am Ende entweder mit einem Kamel oder mit einem goldbeschichteten Elefanten dastand? Hier bewies das Team von Local Motors gute alte Führungsqualitäten: Während der Entwurfsphase des Rally Fighter verliebte sich die Gruppe in ein Rücklicht, das sie selbst entworfen hatte. »Okay«, war Rogers' Antwort, »das können wir machen. Aber wir müssen dafür 1000 Dollar auf den Preis des Autos draufschlagen.« »So toll ist es auch wieder nicht!«, war daraufhin die Antwort der Gruppe. Sie einigten sich auf ein 75-Dollar-Teil von Honda, das perfekt zum Auto passte. Rogers leitete die Gruppe vorsichtig an, damit sie selbst langsam Erfahrungen mit der Wirtschaftlichkeitsrechnung von Autos sammeln konnte, ohne das Ergebnis vorgeben zu müssen.

Die Gemeinschaft um Local Motors hat inzwischen fast 20 000 Mitglieder: Amateure und Profis sind darunter, manche sind schon Autodesigner, andere sind Designer aus anderen Bereichen, und manche lieben einfach nur Autos. Sie suchen sich ein Problemgebiet

aus, an dem sie mitarbeiten wollen, abhängig von ihren Vorkenntnissen und was zu tun ist: Industriedesign, Dynamik, »Außenhaut«, elektromechanisches System, Betriebsorganisation, Beschaffung und mehr.

In der Gruppe gibt es keine Rangordnung nach Qualifikation. Amateure haben genauso viel Einfluss wie Profis. Das ist in fast jeder Open-Innovation-Gruppe so: Wenn man Beiträge von allen annimmt und die Ideen nach ihrem Wert beurteilt werden statt nach dem Lebenslauf des Einreichers, merkt man schnell, dass die besten Beiträge nicht unbedingt von denen kommen, die tatsächlich in dem Bereich beruflich tätig sind.

Rogers zufolge gibt es zwei Arten von Teilnehmern: »Lösungssucher« und »Problemlöser«. Die »Lösungssucher« wollen etwas Bestimmtes erreichen, und die »Problemlöser« stürzen sich einfach auf jedes Problem und lösen es. Weil es eine Open-Source-Gemeinschaft ist, veröffentlichen Leute, die etwas für ihren eigenen Bedarf entwickeln, ihre Projekte während der Entwicklungsphase, um Unterstützung und Rat zu bekommen, und nach Abschluss des Projekts. Dadurch dass so viele unfertige Projekte veröffentlicht werden, gibt es immer etwas, bei dem man helfen kann, wenn man das möchte. Die treibende Kraft der Gemeinschaft ist die »Homophilie« (»Liebe zum Gleichen«), dass Menschen sich anderen anschließen, die ihnen ähnlich sind, und sich mit ihnen verbinden, etwa in einem Netzwerk.

Dadurch wird der »Long Tail des Talents« erschlossen. In vielen Bereichen gibt es mehr Menschen mit nützlichen Fähigkeiten, Ideen und Zeit zum Helfen als Menschen, die eine entsprechende Berufsausbildung oder andere offizielle Befähigungsnachweise haben. Die große Stärke der offenen Innovationen liegt darin, dieses verborgene Potenzial freizulegen, sowohl bei Profis, die nach einer Möglichkeit suchen, ihrer Leidenschaft zu folgen und nicht den Prioritäten ihrer Chefs, als auch bei Amateuren, die etwas zu bieten haben.

Die Absolventen des Art Center College of Design, eine der besten Schulen für Automobildesign in den Vereinigten Staaten, sind ein anschauliches Beispiel. Allein im Bachelor-Programm für Transportation Design, bei dem es hauptsächlich um Autos geht, gibt es 180 Studenten und noch Hunderte mehr in verwandten Fächern wie Industriedesign. Etwa 50 von ihnen werden später für einen Auto-

hersteller arbeiten. Die meisten anderen werden in anderen Produktbereichen Arbeit als Designer finden und für Produzenten von Verbrauchsgütern arbeiten.

Die meisten Autodesignstudenten werden also hauptberuflich niemals Autos entwerfen. Stattdessen werden sie Zahnpastatuben und Shampooflaschen entwerfen. Aber viele werden weiter davon träumen, ein Auto zu entwerfen. Aber es gibt ganz einfach nicht genügend Vollzeit-Designerjobs in der Automobilindustrie für sie. Sie müssen ihren Lebensunterhalt mit etwas anderem verdienen.

Aber die Local-Motors-Gemeinschaft bietet eine Möglichkeit, Autos zu entwerfen, selbst wenn man es nicht hauptberuflich macht. Die Studenten vom Art Center, die es nicht in die Autoindustrie geschafft haben, besitzen immer noch die notwendigen Kenntnisse, Erfahrungen und Ideen. Sie werden in ihrem regulären Job nur nicht für diese Tätigkeit bezahlt. Aber nach Feierabend können sie immer noch ihrem Herzen folgen und Autos entwerfen. Und wenn ihr Entwurf gewinnt, können sie sogar Geld damit verdienen, wie Sangho Kim.

Die Stärke dieser neuen Modelle liegt darin, dass sie sich die »dunkle Energie« (oder wie der Autor Clay Shirky es nennt, die »kognitiven Rücklagen«) zunutze machen, die es schon immer überall gab. Es ist die ultimative Marktlösung: Open-Innovation-Gruppen verbinden das latente Angebot (Talente, die in dem Bereich noch nicht eingesetzt werden) mit der latenten Nachfrage (Produkte, die auf herkömmliche Art nicht wirtschaftlich hergestellt werden können).

Wenn man sich in einer solchen Gruppe als großartiger Auto-designer erweist, kann das auch dabei helfen, einen echten Job in diesem Bereich zu bekommen. Sangho Kim hat es tatsächlich geschafft, zum Teil durch seine Erfolge beim Rally Fighter, und arbeitet heute für GM in Korea.

Wenn die Local-Motors-Gemeinschaft sich für ein Design entschieden hat, machen die Ingenieure der Firma daraus ein herstellbares Produkt. Sie konstruieren ein Montagegestell, auf das die Rahmenträger geschweißt werden, und bauen Formwerkzeuge für die Fiberglasteile der Karosserie. Die meisten anderen Komponenten werden einfach bei Automobilzulieferern bestellt, wie der Penske Automotive Group. Der Motor und das Getriebe können direkt von

den großen Autoherstellern gekauft werden, etwa BMW oder GM, die auch an Dritte verkaufen. Die Radachse des Rally Fighter stammt von einem Ford-F-150-Truck, der Tankdeckel von einem Mitsubishi Eclipse. Dadurch dass die im Hinblick auf Leistung, Sicherheit und Herstellbarkeit kritischen Teile von Profis kommen, während die Gemeinschaft die Teile entwirft, die die Form und den Stil des Autos bestimmen, ist Crowdsourcing auch bei einem Produkt möglich, bei dem es um potenziell lebenswichtige Sicherheitsaspekte geht.

Die Endmontage führen die Kunden selbst durch unter der Anleitung eines erfahrenen Mechanikers und erleben so hautnah den Bau ihres Autos in der Chandler-Fabrik mit. In zwei gegenüberliegenden Reihen werden immer ein halbes Dutzend Rally Fighters gleichzeitig gebaut. Für jede Montage gibt es einen eigens zusammengestellten Werkzeugschrank und ein Regal mit Bauteilen gleich daneben. Der leitende Mechaniker arbeitet immer mit einem der Teams zusammen.

Der Käufer verbringt zwei lange Wochenenden (sechs Tage insgesamt) mit der Montage des Autos. Man muss dafür vorher noch nicht einmal eine Motorhaube geöffnet haben. Wenn man fertig ist, weiß man, wie es geht. Als Erstes lernt man, wie man eine Schraubenmutter richtig befestigt: Zunächst zieht man sie mit einem Drehmomentschlüssel genau richtig an. Dann überdreht man sie und beschädigt die Schraube, damit man den Unterschied begreift zwischen fest angezogen und überdreht. Und so geht es mit allen anderen Befestigungs- und Montagetechniken: Man bekommt die Kurzversion eines Mechaniker-Bootcamps.

Das meiste ist Montage und keine echte Fertigung. Die Stahlrahmenträger sind vorher bereits in einem hinteren Raum von zwei Arbeitern zusammengeschweißt worden und fertig, ebenso die Fiberglasteile der Karosserie. Der verwendete 6,2-Liter-V8-Motor wird serienmäßig von BMW oder GM hergestellt, und auch das Automatikgetriebe ist Standardware. Bei genauem Hinsehen erkennt man den Rückspiegel des Dodge Challenger und das Lenkrad des Ford F-150.<sup>31</sup>

Normalerweise besteht ein Team aus zwei Personen – oft Vater und Sohn –, aber man kann sein Auto auch nur mit der Hilfe des Trainers bauen. Man muss nur die Einzelteile zusammenbauen. Wenn man fertig ist, fährt man damit einfach nach Hause. Das Auto

zeigt sich von seiner besten Seite, wenn man damit durch die Wüste rast und über Bodenwellen und -senken schanzt, aber es gilt auch in allen 50 US-Staaten offiziell als straßentauglich, dank des Seriennmotors, der schon vorher von der Environmental Protection Agency getestet und abgesegnet wurde. Man kann damit also auch zum Einkaufen fahren, wenn es einem nichts ausmacht, angestarrt zu werden.

Weil die Käufer mindestens 50 Prozent des Autos selbst zusammenbauen, entfallen einige rechtliche Hürden, ähnlich wie bei selbst gebauten Versuchsflugzeugen. Sie sind von den meisten Vorschriften der Federal Aviation Administration ausgenommen, mit der Begründung, dass die Besitzer genug wissen, um sich selbst zu schützen, oder zumindest, um die Risiken zu kennen. Die Autos von Local Motors müssen keine Crashtests durchlaufen und sie sind auch nicht mit Airbags ausgerüstet. Wem dabei mulmig ist, sollte die Finger von den Autos lassen. Aber viele haben damit kein Problem.

Produkthaftungs- und Verbraucherschutzregeln sind ebenfalls weniger streng, wenn der Verbraucher seine Waren selbst herstellt. Wenn beim Rally Fighter ein Fehler auftritt, dann bringen Sie ihn nicht einfach zum »Händler« zurück oder warten auf einen Rückruf. Sie haben den Wagen gebaut, also können Sie ihn auch reparieren. Wenn Sie das Auto fertig gebaut haben und damit von der Fabrik aus nach Hause fahren, bekommen Sie sogar noch eine Werkzeugkiste mit allem Zubehör, das Sie für Reparaturen brauchen. Auch Sie sind ein Teil der Gemeinschaft, in der jeder gern und engagiert dem anderen hilft.

Ein Rundgang durch die Fabrik ist wie ein Blick sowohl in die Vergangenheit als auch in die Zukunft der Automobilindustrie. Die ferne Vergangenheit ist präsent in den Menschen, die diese Autos wie die ersten pferdelosen Wagen mit Schraubenschlüssel und Schraubendreher zusammenbauen. Weit und breit ist kein Roboter zu sehen (mal abgesehen von den CNC-Maschinen, die im Hinterzimmer Metall schneiden), und es gibt auch keine Fertigungslinien.

Aber man sieht auch die Zukunft: Der Entwicklungsansatz in einer Open-Source-Gemeinschaft ist nicht nur schneller, billiger und besser, sondern er liefert die Marktforschung für das Produkt gleich mit (zumindest unter den eifrigsten potenziellen Kunden).

Produkte, die von einer Gemeinschaft entwickelt werden, werden auch eher von einer Gemeinschaft angenommen. Es sind noch weitere Produkte in Vorbereitung, und die Firma gibt an, sie könne innerhalb von 18 Monaten ein Produkt von der ersten Rohskizze zur Marktreife bringen. So lange braucht man in Detroit, um die Spezifikation einer einzelnen Türverkleidung zu ändern.

Local Motors bewies das bei einer Ausschreibung der Forschungsagentur DARPA des US-Verteidigungsministeriums für ein »experimentelles, Crowd-basiertes Kampfunterstützungsfahrzeug« (XC2V). Die Local-Motors-Community trat sofort in Aktion und legte nach wenigen Wochen einen Entwurf vor, der von den Ingenieuren der Firma den letzten Schliff bekam. Dreieinhalb Monate später wurde dieser Entwurf zum Sieger erklärt, und einen weiteren Monat später präsentierte Rogers ihn US-Präsident Obama. Der Wettbewerb richtete sich natürlich gezielt an Communitys, wie Local Motors sie hat, aber ein traditionelles Rüstungsunternehmen hätte in dreieinhalb Monaten wahrscheinlich nicht einmal den Papierkram erledigt, geschweige denn ein komplett neues Hochleistungs-Panzerfahrzeug entworfen und gebaut.

## DIY der nächsten Generation

Aber ist das tatsächlich revolutionär? DIY-Autos gibt es schließlich schon seit Jahrzehnten, und der einfache Meyers-Manx-Strandbuggy mit seiner auf dem Fahrgestell eines VW Käfer montierten Fiberglaskarosserie war in den 1960er- und 1970er-Jahren eine feste Größe. Eine geschätzte viertel Million Umbausätze für Strandbuggys wurden verkauft,<sup>32</sup> und auch für sie wurden Standardbauteile und maßangefertigte Verbundbauteile verwendet, genau wie beim Rally Fighter. Strandbuggys haben die Welt nicht verändert, sie waren sicher keine Bedrohung für die großen Autohersteller, und der ganz große Erfolg blieb auch aus.

Was ist heute anders?

Niemand geht davon aus, dass Local Motors wahnsinnig erfolgreich wird und Millionen Autos verkauft. Die Firma selbst hat für jedes Modell eine Obergrenze von 2000 Stück festgelegt (und die haben sie mit ihrem ersten Modell noch nicht einmal annähernd

erreicht). In der Automobilindustrie hat es schon immer Nischenfirmen gegeben, die exotische Autos an Liebhaber verkaufen, und in gewisser Hinsicht ist Local Motors nichts anderes. Rogers selbst sagt, die Firma fülle die Lücken im Markt für einzigartige Designs. Er erklärt es mit dem Bild eines Glases voller Murmeln, die jeweils ein Fahrzeug eines großen Herstellers repräsentieren. Zwischen den Murmeln gibt es Leerräume, die mit Sandkörnern gefüllt werden können, und diese Sandkörner sind die Autos von Local Motors.

Mit fast 75 000 Dollar pro Stück sind die Autos nicht gerade billig. Und auch wenn der Rally Fighter ein Hochleistungs-Rennwagen ist, hat er doch keine großartigen technologischen Neuerungen zu bieten. Er kann auch nichts, was andere Autos nicht auch können.

Aber Local Motors hat mehr als nur ein Auto geschaffen. Die Firma hat darüber hinaus auch eine Plattform für Innovationen erschaffen, ähnlich wie Apple's iPhone eine Plattform für unabhängige Softwareentwickler darstellt, um eine Firma auf einer selbst entwickelten iPhone-App aufzubauen. Die Local-Motors-Community entwickelt neue Designs schneller, billiger und besser als die traditionellen kleinen Teams, die hinter verschlossenen Türen arbeiten. Aber weil die Designs alle online und quelloffen sind, können einzelne Mitglieder der Community ihre eigenen Projekte und Firmen um diese Designs herum aufbauen. Wenn Sie es also cool fänden, dem Design ein automatisches Aufpumpsystem für Reifen hinzuzufügen, dann machen Sie es einfach. Wenn es bei den Leuten ankommt, dann lassen Sie es herstellen und verkaufen Sie es selbst. Sie müssen dazu nicht zu Local Motors gehen und die Ingenieure überzeugen, es einzubauen. Die Konstruktion des Autos ist quelloffen, und die Community ist Miteigentümer.

Ende 2011 rief Local Motors Local Forge ins Leben als Community speziell für diese Aufgaben.

»Die ›Vorzeigeprojekte‹ machen weiterhin wir«, erklärt Rogers, »aber diese Plattform ist für alles andere.« Bald sollen Mikrofabriken in San Francisco und Dallas entstehen, um die Entwürfe der Community zu bauen.

Doch das unterscheidet sich immer noch kaum vom Markt für Zubehör, der um die alten Strandbuggys herum entstand. Was aber geschieht, wenn Autos immer mehr zu Computern auf Rädern

werden, die mit Strom angetrieben und durch Software kontrolliert werden? Dann wird die Sache mit der »Plattform« sehr viel interessanter.

Local Motors wird sein Produktionsmodell als Nächstes auf den Elektroautomarkt ausdehnen. Bei einem Elektroauto wird der Benzinmotor durch Elektromotoren in den Rädern ersetzt, der Benzintank durch Lithium-Polymer-Akkus und alle mechanischen Antriebselemente durch Software. Motoren und Batterien kann jeder kaufen, und wie das Open-Source-Phänomen gezeigt hat, schreiben Communitys Software oft besser als Unternehmen. Dann muss man sich nur noch vergegenwärtigen, dass Elektroautos nicht unabhängig funktionieren, sondern als Teil ganzer Netzwerke: dem intelligenten Stromnetz zu Hause, dem Netzwerk verteilter Ladestationen an den Straßen und dem Mobilfunknetz, über das es Ladestationen lokalisiert.

Wem trauen Sie zu, ein richtig gutes Netzwerk aus Software und Geräten zu erstellen? Apple und Google werden wahrscheinlich auf Ihrer Liste stehen, zusammen mit einigen Start-ups aus der Technologiebranche. Aber an Toyota, Honda, Nissan oder auch BMW und Mercedes werden Sie nicht unbedingt denken.

Bei der Wandlung der Autos von der industriell hergestellten Maschine hin zum rollenden Computer wird der Unterschied zwischen den DIY-Autos von gestern und denen von morgen besonders deutlich werden. Der Rally Fighter ist dem Strandbuggy noch sehr ähnlich. Aber das erste Elektroauto von Local Motors wird völlig anders sein. Dann könnte die Leistungsfähigkeit des Entwicklungsmodells in einer Community den großen Autoherstellern nicht nur auffallen, sondern sie neidisch machen.

Es dauerte sechs Jahre und kostete GM 6,5 Milliarden Dollar, den Volt zu entwickeln. Tesla ist ein Hersteller von Elektroautos, der nach dem Vorbild der Technikfirmen des Silicon Valley aufgebaut ist, aber die Entwicklung des Roadster von Tesla dauerte sechs Jahre und kostete 250 Millionen Dollar. Die Entwicklung des Rally Fighter hingegen dauerte 18 Monate und kostete drei Millionen Dollar. Zugegeben, der Rally Fighter ist sehr viel weniger komplex als die beiden erstgenannten Elektroautos. Aber heute, am Beginn des Elektronikzeitalters macht sich die Komplexität vor allem in Bits bemerkbar und weniger in Atomen. Und es gibt keinen Grund,

warum eine clevere Community das nicht schneller, besser und billiger erledigen sollte als ein einzelnes Unternehmen.

Was verändert sich dadurch? Vor allem bietet sich so eine Alternative zum Konzept der geplanten Nutzungsdauer und der Wegwerfmentalität. Wenn bei Produkten wie Autos die Software gegenüber der Hardware immer mehr an Bedeutung gewinnt, dann wird es möglich, den Zeitpfeil umzudrehen: Sie können nach dem Kauf besser werden statt schlechter, weil die Software aktualisiert werden kann.

Eine Website verbessert sich immer weiter, wenn die Entwickler neue Funktionen hinzufügen oder das Design verbessern. Dasselbe könnte auch bei Autos geschehen: Je höher der Anteil der Software ist, umso einfacher geht es.

Autos werden zunehmend »per Computer« gefahren, nicht über mechanische Verbindungen (bei neuen Autos sind die Pedale oder das Lenkrad meistens nicht mehr physisch mit dem Motor oder den Rädern verbunden; sie sind nur noch Joysticks, die die Software anweisen, das Fahrzeug zu bewegen). Warum aktualisieren die Autohersteller dann nicht ständig die Software, um die Leistung des Autos zu verbessern, so, wie der Webbrowser im Computer regelmäßig aktualisiert wird?

Die zynische Antwort lautet: Die Autohersteller wollen, dass Sie ein neues Auto kaufen. Aber eine Community setzt bei einem Produkt, das sie entwirft, nicht auf eine solche geplante Nutzungsdauer. Wenn jemand ein älteres Produkt zu neuem Leben erwecken will, dann kann er das tun. Neue Bits können alte Atome zu neuem Leben erwecken.

Zumindest bei Ford beobachtet man diese Entwicklung aufmerksam. Zu Beginn des Jahres 2012 arbeitete das Unternehmen mit TechShop zusammen an einer gemeinsamen Maker-Fabrik in der Heimatstadt des Unternehmens. Der Detroit TechShop ist mit über 5000 Quadratmetern Fläche riesig, und er ist ausgestattet mit Lasercuttern, 3-D-Druckern und CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen im Wert von 750 000 Dollar. Ford-Mitarbeiter können die Einrichtung Tag und Nacht für Projekte benutzen, die im Zusammenhang mit ihrer Arbeit stehen, oder auch für persönliche Projekte, und Ford plant, im ersten Jahr 2000 Mitglieder aufzunehmen. Ford-Mitarbeiter haben im neuen Makerspace schon verschiedene Ideen und Pro-

totypen entwickelt, darunter eine Methode, um ein Auto aus einer Schneewehe herauszuschaukeln, ein Einwegventil, um bei beschlagenen Scheiben Luft aus einem Auto zu lassen, und eine »Trittstufe«, die das Ein- und Aussteigen bei Testfahrzeugen erleichtert. Seit dem Start des Programms wurden 30 Prozent mehr Patente bei dem Unternehmen eingereicht, ein Erfolg, den die Manager der Firma dem Maker-Geist zuschreiben, mit dem TechShop die Mitarbeiter erfüllt hat.

So werden ganze Industrien neu erfunden.

## **Detroit West (die Zweite)**

Eine Automobilindustrie, die nach diesen Prinzipien aufgebaut ist, muss man sich gar nicht vorstellen, denn es gibt sie schon. In der ehemaligen NUMMI-Fabrik (New United Motor Manufacturing Inc.) von GM/Toyota in Fremont, Kalifornien, hat Tesla die modernste Fabrik der Welt gebaut. Dort werden zufällig Autos hergestellt, aber man könnte dort alles bauen. Die Fabrik ist nicht nur automatisiert, sie besteht aus einer wahrhaften Roboterarmee. Hunderte universal einsetzbare KUKA-Roboterarme machen alles, vom Metallbiegen bis zur Montage. Fahrerlose Plattformwagen fahren die Autochassis umher und laden sich selbst während der Fahrt über induktive Ladeplatten auf. Lackierroboter von Fanuc öffnen selbst Autotüren, um sie von allen Seiten zu lackieren, und schließen sie dann wieder, wenn sie fertig sind.

Tesla wird in der Fabrik 20 000 Autos pro Jahr fertigen. Das mag nach viel klingen, ändert aber nichts an Teslas Status als Nischenfirma im globalen Automobilgeschäft. Was bei Autos noch als klein gilt, ist für alle anderen trotzdem riesig. Die Tesla-Fabrik belegt einen Teil eines eineinhalb Kilometer langen Gebäudes. Mehr als 1000 Menschen werden dort arbeiten. Die Fabrik ist jetzt schon die größte im Silicon Valley. Der Film *Iron Man* vermittelt einen guten Eindruck davon. Der Protagonist des Films, Tony Stark, ist dem Tesla-Gründer Elon Musk nachempfunden, und die echte Fabrik sieht aus, als wäre sie direkt dem Film entsprungen.

Die Fabrik ist zum Teil deswegen so innovativ, weil dort keine normalen Autos gebaut werden. Das Model S, das als Erstes in der

Fabrik produziert werden wird, ist ein reines Elektroauto; es hat genauso viel mit einem Laptop gemeinsam wie mit einem herkömmlichen Auto mit Benzinmotor. Statt komplizierter mechanischer Teile, wie Motor, Getriebe und Antrieb, haben Tesla-Autos Lithium-Ionen-Akkus, Elektromotoren und eine hoch entwickelte Elektronik und Software. Dadurch gibt es nur einen Bruchteil der mechanischen Teile eines herkömmlichen Autos. Die Elektroautos sind einfacher und dadurch leichter zu bauen.

Während einer Führung durch die Fabrik bei der Eröffnungsfeier erklärte Gilbert Passin, Produktionsvorstand bei Tesla, die Fabrik sei eine riesige CNC-Maschine: Sie kann so konfiguriert werden, dass sie fast alles herstellt. Die gesamte Anlage ist programmierbar, und jedes Auto kann unterschiedlich sein. In derselben Fabrik können gleichzeitig mehrere verschiedene Automodelle produziert werden, mit komplett unterschiedlichen Teilen, auch abwechselnd. Henry Ford trieb die Standardisierung voran mit seinem »jede Farbe, solange sie schwarz ist«. Tesla hingegen treibt die Individualisierung voran, von der Farbe der Innenausstattung bis zur Anzahl der Akkuzellen im Lithiumsatz. Man kann sogar die Straßentauglichkeit der Autos in der Halle testen auf einer speziellen »Holperstrecke« gleich neben der Endmontage mit verschiedenen unebenen Oberflächen, um lose oder quietschende Teile aufzuspüren. Wenn es Probleme gibt, stehen die Menschen, die sie lösen können, gleich daneben. Durch die Auspuffgase wäre so etwas bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren undenkbar.

In der Tesla-Fabrik wird von einer Produktionseinheit von einem Stück ausgegangen. Damit ist man dort näher am Traum der individualisierten Massenfertigung als jeder andere Automobilhersteller vorher. Die meisten Teile der Autos werden direkt in der Fabrik hergestellt, und so kann man auf große Lagerbestände an Bauteilen oder lange Lieferketten und die damit verbundene Inflexibilität verzichten. Die vertikale Integration führt zur totalen Kontrolle. So sieht der ultimative Just-in-time-Prozess aus: Man stellt her, was man braucht, wenn man es braucht.

Das Gegenbeispiel dazu ist die GM/Toyota-Fabrik, die sich vorher auf dem Gelände befand. Im Jahr 1984 ging NUMMI als ehrgeiziger Versuch an den Start, die vorangegangene Revolution in der Produktionseffizienz, die »schlanke Produktion« der Japaner, die Toyota

entwickelt hatte, auch in der amerikanischen Automobilproduktion einzuführen. NUMMI selbst hatte eine Fabrik ersetzt, die fehlgeschlagen war: die Fremont-Assembly-Anlage von GM, die zwei Jahre zuvor geschlossen worden war, nachdem sie 20 Jahre lang allgemein als die schlechteste Autofabrik Amerikas gegolten hatte. Die GM-Anlage stand für alles, was in den 1970er- und 1980er-Jahren in der amerikanischen Industrie falsch gelaufen war, von veralteter Technologie bis zu Arbeitskämpfen. Es gab dort einfach alles: korrupte Gewerkschafter, Arbeiter, die entweder teilnahmslos oder feindselig waren, sogar Drogenhandel und Prostitution auf dem Parkplatz.

NUMMI sollte dazu beitragen, die amerikanische Automobilindustrie von der Fabrikhalle aus neu zu erfinden. In gewisser Hinsicht war die Fabrik die erste »Industriebranche« der Automobilindustrie. Man nehme eine gescheiterte Fabrik aus vergangenen Tagen, ersetze, so viel man kann, und fange von vorn an mit einer völlig neuen Herangehensweise: ein vollständiger Neuanfang auf dem Gelände einer existierenden Anlage. Bei der schlanken Produktion der Japaner ging es hauptsächlich darum, die Arbeiter mehr in den Produktionsprozess mit einzubeziehen, sie dazu zu ermutigen, häufig Rückmeldung zu geben sowie Verschwendung und Fehler zu minimieren. Man hoffte, dass amerikanische Fabrikarbeiter so genauso produktiv würden wie japanische, wenn man ihnen bessere Arbeitsbedingungen bot, die es ihnen erlaubten, sich mit dem Produkt zu identifizieren und ihre Ideen mit einzubringen, wie man den Prozess verbessern konnte.

Die Parallelen zwischen damals und heute sind frappierend. Das Ziel war dasselbe: flexible, effiziente, hochwertige Produktion mit dem Einsatz von Automatisierung zur Qualitätsverbesserung und Just-in-time-Lieferungen, um die Kosten zu senken und die Flexibilität zu erhöhen. Der Unterschied ist jedoch, dass Automatisierung damals speziell angefertigte automatische Handler bedeutete, die nur eine spezielle Tätigkeit ausführen konnten. Leistungsstarke Allzweckroboter gab es damals noch nicht.

Die erste Generation computergesteuerter Automationstechnik ähnelte mehr einem dampfbetriebenen Webstuhl als einem Roboter: Sie führte eine Tätigkeit besser aus als ein Mensch, aber eben nur diese eine Tätigkeit. Das machte diese Maschinen effizient für die Produktion eines Produkts, aber es war unglaublich schwierig,

den Produktionsprozess für ein anderes Produkt anzupassen. Bevor GM und Toyota ihre Fabrik im Jahr 2009 schlossen, wurden dort in einem jeweils eigenen Bereich der Anlage Toyota Corollas und Tacomas hergestellt. In einem allerletzten Rettungsversuch sollten in der Fabrik stattdessen für GM Prius-Hybridautos hergestellt werden, aber es war einfach zu aufwendig, die Produktion umzustellen.

Das NUMMI-Versorgungsmodell des »just in time« war der traditionellen Detroitter Vorratsbeschaffung klar überlegen, aber sie war immer noch abhängig von einer langen und komplexen Kette von Zulieferern, von denen die wenigsten in Kalifornien ansässig waren. Es hat der Fabrik wohl den letzten Rest gegeben, dass sie so weit von den Zulieferern im Mittleren Westen entfernt lag und dass das aus wirtschaftlicher Sicht in einem immer härter umkämpften Markt immer weniger Sinn machte. »Just in time« verbesserte die Versorgungsketten zwar, aber es blieben nach wie vor Versorgungsketten. Je mehr eine Fabrik auf Teile angewiesen war, die anderswo hergestellt wurden, umso unflexibler wurde sie und umso größer waren das Risiko von Unterbrechungen in der Versorgung und die Preisunsicherheit. Weil die Fabrik sehr stark von einer ausgedehnten Kette von Zulieferern abhängig war, nahmen die Lager für vorproduzierte Bauteile viel Platz in der Anlage ein.

Die digitale Produktion von heute macht den entscheidenden Unterschied aus. Im Gegensatz zur produktspezifischen Automationstechnik von NUMMI sind die meisten Tesla-Roboter Standardmodelle von KUKA mit leichten Sechssachs-Gelenkarmen und einer maximalen Traglast von 1000 Kilogramm. Sie können innerhalb weniger Minuten für neue Aufgaben umprogrammiert werden und führen während eines normalen Arbeitsablaufs oft Dutzende verschiedene Aufgaben aus. Neben den KUKA-Roboterarmen in der Produktionshalle von Tesla steht ein Regal mit verschiedenen Werkzeugaufsätzen. Ein Roboterarm beginnt eine Arbeit möglicherweise mit einem Schweißaufsatz für Aluminium, tauscht ihn erst gegen einen Schraubendreher aus, der dann durch einen Greifarm ersetzt wird, alles automatisch. Selbst Roboter, die nur Metallbleche von einer Stanzmaschine zur nächsten bewegen, sind KUKA-Arme. Im Gegensatz zu den produktspezifischen Maschinen, die sie ersetzen, benutzen die KUKA-Roboter Saugnäpfe oder andere Vakuumgreifer, um Material jeder Größe und Form zu transportieren. Tesla

hat die Stanzmaschinen von NUMMI übernommen (und an das Stanzen von leichtem Aluminium angepasst statt Stahl wie früher), aber die automatisierte Steuerungstechnik ist völlig neu.

Auch bei den Versorgungsketten gab es Veränderungen. Der Tesla-Gründer Musk glaubt fast religiös daran, so viel Vorfertigung wie möglich hausintern zu erledigen, und er hat die nötige Erfahrung, um das auch umzusetzen. Diese Erfahrungen sammelte er mit seiner Raketenfirma SpaceX, die inzwischen Marktführer im Privatsektor der Raumfahrtindustrie ist. Die zugrunde liegende Technologie unterscheidet sich nicht sehr von der Technologie, mit der die NASA arbeitet, aber durch die eigenen Produktionsprozesse erreicht die Privatfirma die Erdumlaufbahn mit einem Bruchteil der Kosten. Die NASA verfügt im Rahmen ihrer Raumfahrtproduktion über ein komplexes (und politisiertes) Netzwerk aus Zulieferern, mit Subunternehmen und Subsubunternehmen. SpaceX hingegen stellt fast alles selbst her mithilfe digitaler Produktionswerkzeuge. Die Technologie vereinfacht den Produktionsprozess, verringert den Verwaltungsaufwand und senkt so die Kosten auf fast ein Zehntel, während sie gleichzeitig die Ausfallsicherheit verbessert. Man muss nicht gleich die Raumfahrttechnik neu erfinden, um es besser zu machen als die NASA. Die meisten Innovationen betreffen die Produktionshalle.

Tesla plant nun dasselbe für die Automobilindustrie. Die alten Versorgungsketten folgen den klassischen Wirtschaftsprinzipien von Arbeitsteilung und komparativem Vorteil. Die Firma mit dem Know-how und dem Rüstzeug, um Getriebe herzustellen, konnte nicht gleichzeitig auch Armaturenbretter aus Kunststoff oder Software für ABS-Bremsen herstellen. Jede dieser Firmen war spezialisiert auf einen Bereich, und die Käufer kombinierten sie alle über eine Versorgungskette.

Bei Computern war es am Anfang genauso: Es gab spezielle Computer für die Buchhaltung, spezielle Computer für die Berechnung der Flugbahn ballistischer Raketen und wieder andere spezielle Computer für statistische Erhebungen. Dann erfanden Wissenschaftler den Allzweckcomputer, und heute kann der PC auf dem Schreibtisch alles. Jedes gestartete Programm konfiguriert die Maschine für neue Aufgaben. In einem Webbrowser hat die Maus eine andere Funktion als im Videospiel *Call of Duty*. Ein Computer kann ein Buch

sein, ein Telefon, ein Fernseher, eine Zeitung, ein Spielzeug oder eine Sicherheitseinrichtung, je nachdem, welche Software gerade läuft.

Für eine automatisierte Fabrik gilt dasselbe. Allzweckroboter können über Software genauso einfach neu konfiguriert werden wie ein PC. Tesla setzt noch weitere numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen ein, von Hochleistungs-Lasercuttern für die Herstellung von Stanzformen bis zu CNC-Maschinen für Kunststoffformen, und kann so viele Arbeiten vor Ort durchführen, die früher an Zulieferer ausgelagert wurden. Das Hauptprodukt von Tesla – das Elektroauto, das eher digital ist als mechanisch – ist selbst ein Nebenprodukt der Computerindustrie, und daher können auch einzelne Bestandteile immer neu konfiguriert werden. Beim Model S sorgt Software für die Leistung und kein komplizierter mechanischer Antrieb. Statt ein Armaturenbrett mit speziellen Messanzeigern zu übersäen, werden bei Tesla alle Anzeigen im Auto auf einem einzigen, multifunktionalen Bildschirm ausgegeben, genau wie bei einem PC.

Welche Konsequenzen hat dies für die Zukunft der Industrie? Es bedeutet, dass Amerika und andere Länder mit hohen Kosten eine Chance haben. Billigere Konkurrenz aus dem Ausland, veraltete, unflexible und arbeitsintensive Produktionsprozesse haben zur Schließung von NUMMI geführt. Heute sorgt Robotertechnik dafür, dass sich die Fabrikatoren wieder öffnen.

Die Roboter haben in diesem Fall keine Menschen ersetzt. NUMMI war geschlossen, und die Fabrik stand leer. Es gab keine Jobs mehr, und alle hatten verloren. Die Roboter erfüllten die tote Fabrik mit neuem Leben und brachten gleich auch noch 1000 neue Arbeitsplätze mit. Diese neuen Arbeitsplätze erfordern eine bessere Ausbildung und werden besser bezahlt als die alten. Ja das bedeutet, dass viele Arbeiter aus der alten NUMMI-Fabrik nicht die notwendige Ausbildung haben, um in der neuen zu arbeiten, aber manche schon. Wichtiger ist jedoch, dass dieses Modell dem wirtschaftlichen Druck der Globalisierung standhalten kann.

Westliche und chinesische Firmen bekommen KUKA-Roboter zum selben günstigen Preis. Der Anteil menschlicher Arbeit an Produkten wie Autos sinkt rapide, die Arbeit wird von Automaten übernommen. Die Unterschiede bei den Arbeitskosten verlieren im

Hinblick auf Wirtschaftlichkeit an Bedeutung. Die Rohmaterialien – Kunststoff, Bauxit (Aluminiumerz) und sogar Lithium – werden auf dem Weltmarkt gehandelt, und jeder bezahlt mehr oder weniger dieselben Preise. Es bleiben noch die Kosten für Land, Strom und Steuern. Diese Kosten sind im Westen immer noch höher, aber das Gefälle ist deutlich kleiner als bei den Arbeitskosten. Mit dem Aufstieg der automatisierten Fabriken könnten die jahrhundertealten globalen Handelsströme hin zu billigerer Arbeit endgültig versiegen.

Selbstverständlich ist die Tesla-Fabrik ein Spezialfall. Die Firma bekam eine riesige finanzielle Starthilfe in Form des von ihr genutzten Teils der NUMMI-Anlage, die sie für gerade einmal 43 Millionen Dollar aufkaufte, inklusive großer Mengen an funktionierender Ausstattung. Tesla ist eine relativ junge Autofirma (sie wurde im Jahr 2003 gegründet) und hatte daher nicht mit Altlasten in Form von Pensionsverpflichtungen und Gewerkschaften zu kämpfen wie die Giganten aus Detroit, und sie war auch keinem Druck ausgesetzt, Arbeitsplätze zu erhalten, statt zu automatisieren. Dann gibt es da noch das Bundesdarlehen über eine halbe Milliarde Dollar, das die Firma 2010 erhielt. Und seien wir mal ehrlich: Es könnte immer noch schiefgehen. Die Firma will in die Autoindustrie einsteigen mit einem Fahrzeug, in dem ultramoderne, rein elektrische Technologie steckt, in einer Welt, in der sogar die Branchengrößen nur schwer Kunden finden, die für jahrzehntealte Hybridtechnologie ein bisschen tiefer in die Tasche greifen.

Aber unabhängig davon, wie es Tesla ergeht, das Produktionsmodell wird sich durchsetzen. Es ist ein Abbild der Entwicklung der industriellen Produktion insgesamt. Die KUKA-Roboter werden nicht rein zufällig in Deutschland hergestellt. Diese flexible Automationstechnik ist der Grund dafür, dass die industrielle Produktion in Deutschland, einem Land mit hohen Kosten, trotz der chinesischen Konkurrenz erfolgreich ist und zum Wirtschaftsmotor Europas aufstieg. Die Tesla-Fabrik ist einfach die neueste nach diesem Muster eingerichtete Anlage, und daher die innovativste. Heute werden dort Autos hergestellt. Aber nach demselben Muster könnte man alles herstellen.

Alle paar Generationen verändern sich die Produktionsbedingungen radikal: Dampf, Elektrizität, Standardisierung, das Fließband,

schlanke Produktion und jetzt Robotertechnik. Manchmal sind neue Managementtechniken die Ursache, aber die richtig großen Veränderungen entstehen durch neue Werkzeuge. Und es gibt kein mächtigeres Werkzeug als den Computer. Er steuert die modernen Fabriken nicht nur, er wird zu ihrem Vorbild. Unbegrenzt flexible und anpassungsfähige sowie vielseitig einsetzbare Industrieroboter verbinden sich zur ultimativen Produktionsmaschine. Und wie Computer funktionieren sie in jeder Größenordnung, von der kilometerlangen NUMMI-Anlage bis zum einzelnen Schreibtisch. Nicht nur in der Entwicklung fortschrittlicher Technologie, sondern auch in ihrer Demokratisierung besteht die eigentliche Revolution.

## KAPITEL 9

### DIE OFFENE ORGANISATION

---

Um Dinge auf neue Art herzustellen, muss man auch Firmen auf andere Art aufbauen.

---

Mitte der 1930er-Jahre dachte der frischgebackene Absolvent der London School of Economics, Ronald Coase, über eine Frage nach, die vielen Menschen wahrscheinlich albern erschien: Wozu existieren Firmen? Warum verpflichten wir uns einer Institution und versammeln uns in einem Gebäude, um Dinge zu erledigen? Die Antwort, die er schließlich fand, veröffentlichte er in seinem wegweisenden Artikel »The Nature of the Firm« aus dem Jahr 1937: Firmen existieren, weil sie die »Transaktionskosten« minimieren – Zeit, Ärger, Missverständnisse und Fehler.<sup>33</sup>

Wenn Menschen ein gemeinsames Ziel haben, etablierte Rollen, Zuständigkeiten und Kommunikationswege, sind Aufgaben schnell erledigt. Man dreht sich einfach zu der Person am Arbeitsplatz nebenan um und fordert sie auf, ihre Arbeit zu tun.

Bei einem Interview aus dem Jahr 1990 deckte Bill Joy, Mitgründer von Sun Microsystems, mit einer beiläufigen Bemerkung eine Schwachstelle in Coases Modell auf: »Egal, wer man ist, die klügsten Leute arbeiten für jemand anderen«, bemerkte er. Dieser Ausspruch wurde später als »Joy's Law« bekannt. Er meinte damit, dass wir um

einer Minimierung der Transaktionskosten willen nicht mit den besten Leuten zusammenarbeiten, sondern mit denen, die unsere Firma einstellen konnte. Selbst bei den besten Firmen ist dieses Verfahren bestürzend ineffizient.

Joy griff mit seiner Bemerkung nur die Arbeit eines Zeitgenossen von Coase auf, Friedrich von Hayek. Während Coase die Existenz zentralisierter Organisationen erklärte, brachte Hayek Argumente dafür vor, warum es sie nicht geben sollte. In seinem eigenen richtungweisenden Aufsatz »Die Verwertung des Wissens in der Gesellschaft« von 1945 wies Hayek auf die ungleiche Verteilung von Wissen unter den Menschen hin und darauf, dass zentral geplante und koordinierte Organisationen niemals auf verteiltes Wissen zurückgreifen können.<sup>34</sup> (Seiner Meinung nach können das nur freie Märkte.)

Ein halbes Jahrhundert später, als Joy sich ähnlich äußerte, war Sun Microsystems eine der erfolgreichsten Hightech-Firmen der Welt. Mit seiner Bemerkung warnte er davor, sich auf den eigenen Lorbeeren auszuruhen. Sun glaubte zwar, die besten Ingenieure und die beste Technologie zu haben, aber es gab mehr gute Leute außerhalb der Firma als innerhalb. Ganz gleich, was Sun unternahm, es bestand immer die Möglichkeit, dass die Konkurrenz von außen besser war. Gegen offene Innovationen kamen auch die stärksten Einzelunternehmen nicht an. Und tatsächlich wendete sich das Blatt für Sun, und heute ist die Firma kein unabhängiges Unternehmen mehr. (Sun gehört jetzt zu Oracle. Joy hat die Firma verlassen und ist heute Risikoinvestor.)

Das Prinzip gilt heute noch. Man muss sich dazu nur einmal ansehen, wie selbst die besten Firmen bei der Personalsuche vorgehen, zum Beispiel Apple: Zunächst einmal befindet sich der Firmensitz in den Vereinigten Staaten, und die meisten Mitarbeiter hat die Firma in Cupertino, Kalifornien. Also haben Menschen, die bereits in den Vereinigten Staaten leben oder legal im Land arbeiten können, schon einmal bessere Chancen, und ebenso jene, die in der Gegend um San Francisco leben oder bereit sind, dort hinzuziehen. (In Cupertino ist es wunderschön, aber wenn Ihr Partner die Familie in Rom oder Chiang Mai nicht verlassen will, zählt das mehr.)

Wie alle Firmen stellt auch Apple lieber jemanden ein, der im fraglichen Bereich bereits Erfahrung hat. Auch Abschlüsse von guten Universitäten sind gern gesehen, weil sie auf Intelligenz und eine

positive Arbeitsmoral hindeuten. Steve Jobs war zwar ein genialer Schulabbrecher, aber bei Apple gibt es nicht viele Angestellte mit einer ähnlichen Biografie. Die Firma mag mit »Think different« werben, aber ihr Personal wählt sie genauso aus wie jedes andere gute Unternehmen: nach beruflicher Qualifikation.

Sie kann auch nur Menschen einstellen, die eingestellt werden wollen. Damit fallen all jene weg, die ihren Job bei einer anderen Firma nicht aufgeben wollen. Kinder werden kaum eingestellt, ebenso wenig ältere Menschen und Straftäter, egal, wie klug sie sind. Es wird auch niemand eingestellt, der keine Geheimnisse bewahren kann und sich nicht an die Bedingungen im Arbeitsvertrag halten will, und so weiter.

Doch in jeder dieser Ausschlusskategorien gibt es kluge, sogar brillante Menschen. Doch Apple ist eine Firma und keine offene Gruppe, daher gilt Joy's Law auch für sie.

Gruppen sind eher egalitär, was zumindest zum Teil daran liegt, dass sie nicht denselben gesetzlichen Verpflichtungen und Risiken unterliegen wie eine Firma. Sie müssen im Gegensatz zu Firmen keine Referenzen überprüfen und auch keinen Vertrag mit jemandem abschließen, bevor er oder sie sich beteiligen kann. Gruppen können mit ihren Mitgliedern größere Risiken eingehen, weil die Konsequenzen, wenn es mal nicht funktioniert, sehr viel geringer sind, wenn man niemandem ein Gehalt zahlen muss. (Was nicht bedeutet, dass man für diese Arbeit nie Geld bekommen kann. Aber Belohnungen kommen in der Regel erst nach getaner Arbeit und nicht als Monatsgehalt.)

Natürlich können Gruppen nicht alles, und die Weltwirtschaft ist auch nicht durch ehrenamtliche Arbeit allein aufrechtzuerhalten. Joy wies nur darauf hin, dass sich der Arbeitsmarkt verändert. Dank des Internets muss man sich nicht mehr mit der Person begnügen, die nebenan sitzt. Sie können die am besten geeignete Person finden und mit der Arbeit beauftragen, selbst wenn Sie in Detroit sitzen und die andere Person in Dakar. Vor allem aber finden diese Menschen Sie. In Open-Innovation-Gruppen wählen die Teilnehmer selbst aus, wo sie mitarbeiten. Menschen werden von coolen Projekten und cleveren Menschen angezogen, und wenn das Projekt in der Öffentlichkeit stattfindet, dann können sie es finden. Ich habe das in meiner eigenen Robotik-Community selbst erlebt.

## Ein höchst ungewöhnlicher CEO

Wenige Monate nach dem Start von DIY Drones, als wir erst wenige Hundert Mitglieder hatten, meldete sich ein Typ namens Jordi Muñoz an und postete einen Link zu einem coolen Projekt, das er mit einem neuen Open-Source-Mikroprozessorboard namens Arduino durchgeführt hatte: Er hatte herausgefunden, wie man damit einen Spielzeughelikopter über einen Nintendo-Spielecontroller steuern konnte.

Sein erstes Posting im Forum begann so: »Englisch ist nicht meine Muttersprache, sorry, falls ich bei der Beschreibung des Projekts Fehler gemacht habe. Ich habe Beschleunigungssensoren aus einem Nintendo-Wii-Nunchuk ausgebaut und damit einen Autopiloten für meinen RC-Helikopter gebastelt.« Er hängte ein paar Fotos des Helikopters an, der mit Leiterplatten und einem Drahtgewirr aufgerüstet war, und kurz danach postete er ein Video des Helikopters im Flug.

Sein Posting erregte schnell Aufmerksamkeit. In einem Antwortbeitrag wurde er ermutigt: »Dein Englisch ist sehr gut; mach dir keine Gedanken wegen der Übersetzung; ein Bild sagt mehr als tausend Worte, und [das] Video ist toll. Du hast da einen großartigen Helikopter zusammgebaut. Es ist toll, dass Menschen auf so unterschiedliche Ideen kommen, und sie am Ende tatsächlich funktionieren.«

Ich war ebenfalls beeindruckt. Ich hatte Arduino noch nie benutzt, aber nach Muñoz' Bericht sah ich mir die Plattform etwas genauer an. Ich nahm Kontakt mit ihm auf und stellte ihm ein paar Fragen über Arduino. Mir gefiel seine Energie, und mich beeindruckten seine mutigen Experimente und die Leichtigkeit, mit der er Konzepte der Programmierung erfasste, die ich nur mühsam verstanden hatte. Ich hatte das Gefühl, dass er an einer großen Sache dran war. Instinktiv fand er immer aufregendere Technologien, von Sensoren, auf die er stieß und für die er Anwendungen fand, bis zu Algorithmen, die er in obskuren Veröffentlichungen fand.

Schließlich machten wir bei DIY Drones ein paar Projekte zusammen, zuerst einen Flugzeugautopiloten und dann ein Controllerboard für ein Luftschiff. Wir tauschten Designs für Leiterplatten aus und verbrachten beide die Abende mit einem Lötkolben in der Hand über unsere jeweiligen Arbeitstische gebeugt, fügten Komponenten ein und testeten sie. Er brachte mir bei, wie man Arduino program-

miert, und er verriet mir, wo man am besten Komponenten kaufen und die Boards bauen lassen konnte. Ich schrieb die Beiträge für den Blog über unsere Fortschritte und dokumentierte die Projekte in Online-Tutorials.

Am Anfang waren wir nur zwei Hobbyelektroniker, die ihre Projekte mit anderen Bastlern teilten. Wir veröffentlichten Links zu den Bezugsquellen für die Einzelteile, die man brauchte, um unsere Projekte nachzubauen. Aber dazu musste man seine eigenen Platinen herstellen lassen und alle Komponenten selbst von den Online-Händlern kaufen. Daher benutzten nur ein paar Dutzend andere Mitglieder der Community unsere Designs.

Wenn mehr Menschen sich an solchen Projekten beteiligen sollten, mussten wir es einfacher für sie machen. Statt nur die Designs zu veröffentlichen und die Mitglieder die Teile selbst kaufen zu lassen, sollten wir komplette Bausätze anbieten. Dazu mussten wir die Einzelteile in großen Mengen einkaufen, die einzelnen Bausätze zusammenstellen und eine Möglichkeit finden, um Bestellungen entgegenzunehmen.

Dafür mussten wir allerdings eine richtige Firma gründen. Ich bat Jordi, mich dabei zu unterstützen, und als er einwilligte, wollte ich etwas mehr über ihn erfahren.

Er erzählte mir Folgendes: Als er sein erstes Posting ins Forum stellte, war Jordi Muñoz Bardales (wie sein vollständiger Name lautete) 19 Jahre alt. Er wurde in Encinada in Mexiko geboren und hatte die Highschool in Tijuana besucht. Er war gerade erst nach Riverside gezogen, einem Vorort von Los Angeles. Seine Freundin aus der Highschool, die eine doppelte Staatsbürgerschaft besaß, war schwanger, und so hatten sie vor Kurzem geheiratet. Er spielte in ihrer Wohnung in Riverside mit dem Helikopter herum, weil er noch auf seine Greencard wartete und sonst nichts anderes zu tun hatte. Er war nie auf ein College gegangen.

Natürlich war all das völlig egal. Wichtig war nur sein Können, und das hatte er schon mit durchschlagendem Erfolg unter Beweis gestellt. Heute ist Jordi Geschäftsführer von 3D Robotics Inc., einem mehrere Millionen Dollar schweren Unternehmen mit einer supermodernen Fabrik in San Diego. Er ist heute 24 Jahre alt.

Wie konnte es zu dieser Verwandlung kommen? In drei Schritten:

1. Ein schlauer junger Mann, der zufällig nicht in den Vereinigten Staaten geboren wurde, nicht sehr gut Englisch sprach und auch in der Schule nicht allzu gut war, hatte *Zugang zum Internet*. Er war neugierig und ehrgeizig, und so verwandelte er sich mithilfe der größten Informationsquelle der Geschichte in einen führenden Experten auf dem Gebiet der Flugrobotik. Er folgte nur seiner Leidenschaft, aber dabei erarbeitete er sich ganz nebenbei einen »Dokortitel an der Google-Universität«.
2. Als ich beschloss, allen Widrigkeiten zu trotzen und eine Firma für Luftrobotik zu gründen, hatte ich dabei als Partner den größten Experten auf diesem Gebiet, den ich kannte. Ich habe nie einen Lebenslauf von ihm gesehen. Ich brauchte ihn nicht. Der Mann hatte sein Können schon unter Beweis gestellt durch die außergewöhnlichen Dinge, die er vollbrachte.
3. Mit jeder Menge Unterstützung durch die Community, sehr viel Mut und weiterer Google-Recherche lernte Jordi die Grundlagen der Elektronikfertigung und der Produktion. Er stellte ein Team aus amerikanischen und mexikanischen Ingenieuren mit bikulturellem Hintergrund ein, die alle in den 20ern waren.<sup>35</sup> Wie Muñoz lernten auch sie online schnell alles, was sie wissen mussten, indem sie recherchierten, aber auch andere Leute fragten. 18 Monate später leiteten sie eine der weltbesten Fabriken für Roboter-technik.

Wie groß wären wohl die Chancen vor 20 Jahren gewesen, dass der Herausgeber der Zeitschrift *Wired* seine neue Flugrobotikfirma zusammen mit einem 19-jährigen Highschool-Absolventen aus Tijuana aufbaut? Und doch erscheint es heute selbstverständlich. Warum sollte man eine Firma nicht gemeinsam mit Menschen aufbauen, mit denen man bereits gut zusammengearbeitet hat, und die sich dabei bewährt haben? Warum sollte man dann ein Risiko eingehen und auf jemanden setzen, den man nicht kennt, nur weil die Person einen Abschluss von einer guten Schule hat?

Das ist der Long Tail der Talente. Durch das Internet haben Menschen die Chance, zu zeigen, was sie können, unabhängig von ihrer Ausbildung oder Berufserfahrung. Gruppen können sich einfach ohne betrieblichen Rahmen bilden und zusammenarbeiten, egal, ob es sich dabei um »bezahlte Arbeit« handelt oder nicht. Diese in-

formellen Organisationen unterliegen auch weniger geografischen Einschränkungen. Talentierte Menschen können überall leben und müssen nicht ihren Wohnsitz wechseln, um einen Beitrag leisten zu können.

Der Kolumnist der *New York Times*, Thomas Friedman, schrieb: »Früher waren billige Arbeitskräfte aus dem Ausland nur für einfachste Tätigkeiten leicht verfügbar. Jetzt sind billige Genies aus dem Ausland genauso leicht verfügbar.« Sie sind nicht nur billig, weil sie für weniger Geld arbeiten; sie sind billig, weil sie oft völlig ohne Bezahlung als globale Freiwillige an einem Projekt mitarbeiten, an das sie glauben, während ein anderer Job das Essen auf den Tisch bringt.

Heute werden in unserer Firma für Robotertechnik Produkte hergestellt, die aus den Beiträgen von etwa 100 Menschen entstanden. Etwa 20 von ihnen sind fest in der Firma angestellt und arbeiten vor allem in der Hardwareentwicklung und -herstellung in der Fabrik. Die anderen 80 sind Ehrenamtliche, die an der Software arbeiten. Die Ehrenamtlichen haben alle noch reguläre Jobs, sind Ingenieur bei Apple oder Konditor, aber einige von ihnen stecken in manchen Wochen die Arbeit eines Vollzeitangestellten in die Roboterprojekte. Manche sind professionelle Programmierer, die eine neue Herausforderung suchen, andere sind Amateure, die solche Projekte als Hobby machen und sich alles Notwendige selbst beigebracht haben.

Wären wir eine Firma nach dem Coase-Modell, hätten wir vielleicht ein paar Vertreter der ersten Kategorie gesucht und eingestellt: die Profis, die bereits in der Branche arbeiten. Mit Sicherheit übersehen hätten wir jedoch den Konditor, den Grafiker, der für eine brasilianische Werbeagentur arbeitet, den Typ, der die italienische Firma für Rettungsfunk leitet, den pensionierten Inhaber eines Autohauses, den Spanier, der für einen Energiekonzern auf den Kanarischen Inseln arbeitet, und all die anderen, die ihrer Leidenschaft in das Projekt gefolgt sind, obwohl ihre berufliche Laufbahn sie in ganz andere Richtungen geführt hat.

Wir arbeiten als Firma nicht nach dem Coase-Modell, und deswegen arbeiten mehr und schlauere Menschen für uns. *Wir minimieren die Transaktionskosten durch Technologie, nicht durch räumliche Nähe.* Ein soziales Netzwerk bildet das gemeinsame Dach über

unseren Köpfen. Skype ist der »Arbeitsplatz nebenan«. Unser gemeinsames Ziel ist tatsächlich ein Gemeinschaftsziel, und kein von oben diktiertes.

## Joy gewinnt: Das Modell der offenen Produktion

Joy's Law und die neuen Firmen und Gruppen, die auf dem Internetprinzip des freien Zugangs aufbauen, haben das coasesche Gesetz auf den Kopf gestellt. Inzwischen verursacht die Arbeit in einer traditionellen monolithischen Firma, wie Coase sie vorschwebte, oft *höhere* Transaktionskosten als ein Online-Projekt. Warum sollte man sich an die Person wenden, die zufällig im Büro nebenan sitzt, selbst wenn sie die beste Wahl für den Job sein könnte, wenn man sich genauso einfach online an jemanden aus dem globalen Talentmarkt wenden kann?

In Firmen herrschen Bürokratie, feste Arbeitsabläufe und Genehmigungsverfahren vor. Diese Struktur soll die Integrität der Organisation bewahren. Gruppen hingegen bilden sich durch gemeinsame Interessen und Bedürfnisse, und es gibt nur so viele Prozessabläufe wie nötig. Die Gruppe existiert für das Projekt, nicht um die Firma zu tragen, in der das Projekt abläuft.

Doch Online-Communitys können selbst keine physischen Güter herstellen. Jemand anders muss die Produktion übernehmen, das Lager verwalten, die Haftpflichtversicherung abschließen und den Kundenservice anbieten. Doch dazu benötigt man Geld, eine Rechtsstruktur, und man muss Tag für Tag echte Verantwortung übernehmen. Sprich: Man braucht eine Firma.

Das neue Industriemodell verlangt also auch ein neues Firmenmodell. Eine solche Firma muss über alle Fähigkeiten und alles Know-how eines herkömmlichen Industriebetriebs verfügen – engmaschige Qualitätskontrollen, effiziente Verwaltung von Lager und Versorgungsketten –, um grundsätzlich bei Preis und Qualität wettbewerbsfähig zu sein. Aber darüber hinaus braucht der neue Industriebetrieb viele Merkmale der Internetfirmen, vor allem bei der Gründung und Nutzung einer Community rund um die Produkte, mit deren Hilfe die Firma neue Produkte schneller, besser und billiger entwickeln kann. Der Industriebetrieb nach dem neuen

Modell muss also die beste Hardwarefirma *und* die beste Softwarefirma in sich vereinen. Atome *und* Bits.

Maryam Alavi, Prodekanin der Goizueta Business School an der Emory University, vertritt die Ansicht, dass Firmen zukünftig nur dann niedrigere Transaktionskosten haben werden als der offene Markt, wenn sie auf den zunehmend komplexeren Markt *außen* reagieren und *intern* komplexer werden. Im Bericht des Aspen Institute »The Future of Work« führt sie aus, dass dies aus dem »Gesetz der erforderlichen Varietät« der Systemtheorie folge, nach dem ein System mindestens so komplex sein muss wie seine Umgebung: »Teile der Organisation werden hierarchischer werden wegen der Unsicherheiten, der sich die Organisation stellt oder nicht stellt. Andere Teile der Organisation werden überaus dynamisch sein müssen, offen und im ständigen Wandel.«<sup>36</sup>

Das neue industrielle Organisationsmodell berücksichtigt dies. Es ist um »kleine Teile, die lose miteinander verbunden sind«, aufgebaut. Die Firmen sind kleiner, virtuell und formlos. Die meisten Mitarbeiter sind nicht bei der Firma angestellt. Sie formieren sich und reformieren sich nach Bedarf und werden von Können und Bedürfnissen angetrieben, nicht von Zugehörigkeit und Verpflichtung. Es ist gleichgültig, für wen die besten Leute arbeiten; wenn das Projekt interessant genug ist, werden die besten Leute es finden.

## Die offene Versorgungskette

Wie würde eine amerikanische Industrie aussehen, die auf diesen Prinzipien aufgebaut ist?

Auf den ersten Blick scheint diese Frage sinnlos zu sein: Wenn man die täglichen Schlagzeilen liest, gewinnt man leicht den Eindruck, dass die amerikanische Industrie überhaupt keine Zukunft mehr hat. Schließlich gibt es mehr Probleme als nur die niedrigeren Lohnkosten im Ausland. Noch schwerwiegender ist, dass auch das Ökosystem aus Zulieferern und Know-how ins Ausland abgewandert ist.

In einem aufschlussreichen Artikel in der *Harvard Business Review* von 2009 über die Wettbewerbsfähigkeit Amerikas<sup>37</sup> legen Gary Pisano und Willy Shih dar, warum Amazon einen Kindle 2 nicht in den Vereinigten Staaten herstellen kann:

1. Die Steckverbindungen für die flexiblen Leitungen werden in China hergestellt, weil die Lieferantenbasis aus den Vereinigten Staaten nach China abgewandert ist.
2. Das elektro-phoretische Display wird in Taiwan hergestellt, weil das Fachwissen, das aus der Produktion von LCD-Flachbildschirmen gewonnen wurde, mit der Halbleiterproduktion nach Asien abgewandert ist.
3. Das hochglanzpolierte Spritzgussgehäuse wird in China hergestellt, weil die Lieferantenbasis in den Vereinigten Staaten wegbrach, als die Produktion von Spielzeug, Unterhaltungselektronik und Computern nach China abwanderte.
4. Die WLAN-Karte wird in Südkorea hergestellt, weil das Land zum Produktionszentrum für Bauteile von Mobiltelefonen und kabellosen Festnetztelefonen geworden ist.
5. Das Controllerboard wird in China hergestellt, weil US-Firmen die Produktion von Leiterplatten schon vor langer Zeit nach Asien ausgelagert haben.
6. Die Lithium-Polymer-Batterie wird in China hergestellt, weil die Entwicklung und Produktion von Batterien zusammen mit der Entwicklung und Produktion von Unterhaltungselektronik und Notebooks nach China abgewandert ist.

Nach Ansicht von Pisano und Shih hat sich nur noch Apple »die Möglichkeit für hochklassige Entwicklungen in den Vereinigten Staaten bewahrt, weil die Firma weite Bereiche nach wie vor selbst abdeckt, etwa bei der Auswahl der Komponenten, im Industriedesign, bei der Softwareentwicklung sowie bei der Konzeption der Produkte und deren Abstimmung auf die Bedürfnisse der Benutzer.« Aber sogar Apple lässt in China produzieren.

Das ist ernüchternd. Dennoch ist die amerikanische Industrie, aller Schwarzmalerei der letzten Jahrzehnte zum Trotz, immer noch die größte der Welt (auch wenn sie bald von China übertroffen werden wird). Die Produktionsleistung der Vereinigten Staaten in inflationsbereinigten Dollars hat sich seit 1975 mehr als verdoppelt und liegt derzeit nur knapp unter ihrem Rekordhoch.

Was wird heute noch in den Vereinigten Staaten produziert? Verschiedene größere Waren, die im Land verkauft werden (wie Autos), hochwertige Güter, bei denen die Arbeitskosten im Vergleich zum

Preis kaum ins Gewicht fallen (wie Flugzeuge), und Spezialerzeugnisse, für die es kaum andere Anbieter gibt (etwa medizinisches Gerät).

Unternehmen wie General Electric, Procter & Gamble, 3M, Boeing und Lockheed Martin und selbst wirtschaftliches Urgestein wie US Steel gehören weiterhin zu den größten Industrieproduzenten der Welt. US-Automobilhersteller, wie Ford und GM, vollziehen gerade eine beeindruckende Trendwende (dank staatlicher Eingriffe und harter Reformen). Zusammen mit den ausländischen Automobilherstellern, die in den Vereinigten Staaten produzieren, erreichte die Produktionsleistung in der Automobilindustrie im Jahr 2011 fast ihr Rekordhoch aus den beiden Jahren um die NASDAQ-Blase von 2000.

Das industrielle Amerika funktioniert also in einigen Branchen immer noch, trotz Chinas Aufstieg.

Das beweist, dass die Produktionsgeografie nicht nur vom Wettrennen um die niedrigsten Arbeitslöhne bestimmt wird. Apple hat bewiesen, dass bei einer größeren Nähe zum Kunden die Produkte einer Firma besser zu den Bedürfnissen der Kunden passen. Auch wenn auf der Rückseite eines iPhones »Designed in California, Made in China« steht, bleibt über die Hälfte des Geldes, das für ein iPhone bezahlt wird, in den Vereinigten Staaten. Dies haben Nachforschungen aus dem Jahr 2011 durch Kenneth Kraemer von der University of California in Irvine und zwei weitere amerikanische Wirtschaftswissenschaftler ergeben. Sie schreiben:

*»Diese Produkte, einschließlich der meisten Bauteile, werden zwar in China produziert, dennoch profitiert vor allem die US-Wirtschaft von ihnen, weil Apple immer noch Produktdesign, Softwareentwicklung, Produktmanagement, Marketing und andere gut dotierte Funktionsbereiche in den Vereinigten Staaten behalten hat. China spielt eine weit kleinere Rolle, als die meisten bei flüchtiger Betrachtung glauben. Angesichts steigender Transportkosten, des politischen Risikos von Handelskriegen und Zöllen sowie der versteckten Kosten von Lieferverzögerungen und -ausfällen sowie der riesigen Lagerbestände, die notwendig sind, um solche Störungen zu puffern, könnte die Abwanderung der Produktion nach Osten ihren Höhepunkt bereits überschritten haben.«<sup>38</sup>*

## Können Maker Arbeitsplätze schaffen?

Die Anzahl der Jobs in der Industrie ist in den letzten Jahren allerdings nicht gestiegen. Während sich die Produktionsleistung in den vergangenen vier Jahrzehnten verdoppelte, sank die Zahl der Beschäftigten in der Industrie im selben Zeitraum um etwa 30 Prozent. Die Produktionssteigerung war ein Ergebnis verbesserter Produktionseffizienz (überwiegend durch Automatisierung), die zu mehr Produktivität pro Arbeiter führte, aber nicht zu mehr Arbeitern.

Die größten Jobmotoren in der amerikanischen Wirtschaft sind kleine bis mittelgroße Betriebe, also exakt die Sorte Betrieb, die in der Industrie in den vergangenen Jahrzehnten immer seltener wurde, als Unternehmen nach Einsparmöglichkeiten durch Massenproduktion suchten, um mit den niedrigen Lohnkosten in Übersee konkurrieren zu können.

Dass die kleinen Betriebe Jobs schaffen, stimmt allerdings nur eingeschränkt. Denn kleine Betriebe *vernichten* einen Großteil der Jobs, die sie schaffen, auch wieder, weil die meisten von ihnen innerhalb von drei Jahren wieder aufgeben müssen. Und selbst diejenigen, die es schaffen, sind meistens Einzelunternehmen, in denen also nur der Eigentümer arbeitet, und das oft noch nicht einmal in Vollzeit.

Die richtigen Jobmotoren sind kleine Firmen, die zu größeren Unternehmen heranwachsen. Aber im Gegensatz zur ersten industriellen Revolution müssen diese Unternehmen heute keine Industriegiganten sein mit ganzen Armeen an Arbeitern. Der Großteil der Internetwirtschaft besteht aus Firmen mit wenigen Hundert Angestellten, wie Twitter oder Tumblr. Dasselbe gilt für Industriebetriebe, die nach dem Maker-Modell entstanden.

Ein Beispiel: Aliph stellt die geräuschunterdrückenden kabellosen Jawbone-Headsets her. Die Firma wurde im Jahr 1999 von zwei Stanford-Absolventen gegründet, Alex Asseily und Hosain Rahman, und verkauft inzwischen mehrere Millionen Headsets und tragbare Jam-Box-Lautsprechersysteme pro Jahr. Eigene Fabriken besitzt Aliph nicht, die gesamte Produktion ist ausgelagert. Aliph erstellt die Bits, die Partnerfirmen produzieren die Atome, und gemeinsam sind sie eine ernsthafte Konkurrenz für Sony.

An der Entwicklung der Jawbone-Headsets sind über 1000 Menschen beteiligt, aber Aliph hat nur knapp über 100 Angestellte. Die

übrigen arbeiten bei den Produktionspartnern. Bei den meisten anderen erfolgreichen Firmen, die diesen Weg eingeschlagen haben, ist es ähnlich. Die Umsätze und Profite haben den Rahmen eines »Kleinbetriebs« überschritten, nicht jedoch die Anzahl der Angestellten. Weil sich diese Firmen am Web als Vorbild orientieren, bleiben sie eher schlank.

Allerdings gibt es auch ziemlich viele von ihnen, weil die Einstiegschürden so niedrig sind. Bei so vielen kleinen Herstellern und Unternehmen steigen die Chancen, dass manche groß werden. Alle Startups werden in der Hoffnung gegründet, sie könnten das nächste Facebook werden, und dieses Silicon-Valley-Modell ist der eigentliche Wachstumsmotor der Wirtschaft. Selbst wenn kaum ein Startup es so weit bringt, schaffen die wenigen, die es tun, möglicherweise mehrere Milliarden Dollar schwere Industriezweige und Zehntausende von Arbeitsplätzen.

Firmen, die nach dem webbasierten Maker-Modell aufgebaut werden, haben das Potenzial dazu. Warum? Aus drei Gründen:

Erstens machen die meisten ihre ersten Schritte als offene Gruppe und bringen das enorme Wachstumspotenzial der Netzwerkeffekte von Anfang an mit. Die Gruppen sorgen nicht nur für eine schnellere und billigere Produktentwicklung, sondern sie bieten gleichzeitig auch ein oft besseres, günstigeres Marketing. Über Mundpropaganda verkauft sich alles am besten, und wer könnte besser Mundpropaganda betreiben als die Menschen, die an der Entstehung des Produkts beteiligt waren oder sie zumindest miterlebt haben?

Zweitens orientieren sich diese Firmen am Internet. Sie benutzen das Internet für alles, von der Suche nach den günstigsten Zulieferern bis zur eigentlichen Herstellung über Dienstleister. Webzentrierte Firmen können einfach besser mit den wichtigsten Werkzeugen umgehen, die es gibt, um Geld zu sparen und die Produktentwicklung zu beschleunigen.

Darüber hinaus wurden diese Firmen online geboren, und damit sind sie auch von Anfang an global. Sie bedienen in der Regel einen Nischenmarkt, der über Ländergrenzen hinausgeht. Damit sind sie von Anfang an für den Export prädestiniert. Üblicherweise verkaufen diese Firmen im Internet und sind dadurch nicht den üblichen Beschränkungen von Vertrieb und Geografie unterworfen. Dadurch können sie nicht nur schneller wachsen, sondern sich auch leichter

gegen Wettbewerber durchsetzen. Schließlich verkaufen sie schon auf dem Weltmarkt, sodass Importe ihnen kaum gefährlich werden können.

Die Konkurrenz aus Niedriglohnländern ist inzwischen möglicherweise gar nicht mehr so gefährlich, wie sie einst schien. Die Produktion in China wird zumindest teurer. Die Löhne in den Industrieprovinzen wie Guangdong steigen um 17 Prozent pro Jahr, und die schleichende Aufwertung des Yuan verstärkt diesen Effekt. Amerikanische Arbeiter sind außerdem bis zu dreimal produktiver (nicht unbedingt weil sie es besser können oder härter arbeiten, sondern weil sie meist von mehr Automatisierungstechnik unterstützt werden, die die Produktivität jedes Einzelnen steigert). Nach Schätzungen der Boston Consulting Group werden die Nettokosten für die Produktion in China im Jahr 2015 genauso hoch sein wie in den Vereinigten Staaten.<sup>39</sup>

Je leistungsfähiger die Automaten in den Fabriken werden, umso kleiner wird der Anteil der Arbeit an einem durchschnittlichen Produkt. Damit verliert das übliche Argument des »Lohnkostenvorteils« für die Verlagerung der Produktion nach Übersee an Schlagkraft. Derzeit machen Lohnkosten weniger als 15 Prozent des Preises eines Fahrzeugs aus (nach Angaben der United Auto Workers Union sind es nur zehn Prozent, aber sie berücksichtigen nur die Arbeiter direkt in der Produktion ohne die Angestellten im Büro, im Management und in Forschung und Entwicklung). Die Roboter werden immer besser und zahlreicher werden: Die Arbeit in der Fabrik wird von immer weniger Arbeitern verrichtet, die die Roboter immer mit den benötigten Bauteilen versorgen, und einer Versandabteilung.

Amerikanische Firmen kaufen Roboter zum selben Preis wie Chinesen. Ein Modell des globalen Handels, das auf die Anfänge der industriellen Revolution zurückgeht, basiert auf Lohnkostenvorteilen. Nach diesem Modell wird die produzierende Industrie immer von Niedriglohnländern angezogen. Das neue, auf Automation basierende Modell legt aber nahe, dass die Vorteile billiger Arbeitskräfte an Bedeutung verlieren, während andere Faktoren – Nähe zum Endverbraucher, Transportkosten (einschließlich eventueller CO<sub>2</sub>-Abgaben), Flexibilität, Qualität und Zuverlässigkeit – an Bedeutung gewinnen.

Der Baumaschinenhersteller Caterpillar, zum Beispiel, verdreifacht seine Baggerproduktion in Texas und schafft dort zusätzliche 500 Arbeitsplätze, weil Texas näher an den Kunden und den Versorgungsketten liegt. Die NCR Corporation verlagert ihre Produktion von Geldautomaten aus China zurück nach Columbus in Georgia, um die Automaten schneller auf den Markt bringen zu können und die firmeninterne Zusammenarbeit zu verbessern. Und auch der Spielzeughersteller Wham-O verlagert die Hälfte seiner Frisbee-Produktion aus China zurück, dank der zunehmend automatisierten und effizienten US-Fabriken.

Die Hersteller von Nischenprodukten suchen ohnehin die Nähe zu ihren Kunden. Sie bieten Spezialanfertigungen oder übernehmen Eilaufträge für Kunden, die bereit sind, dafür zu bezahlen. Ein Konzept, das sich bei Regionalentwicklern zunehmender Beliebtheit erfreut, deren Job es ist, Unternehmen in ihre Stadt zu locken, ist das »Economic Gardening«: So wie kleine Gartenparzellen neben großen industriellen Landwirtschaftsbetrieben bestehen können, so können auch kleine produzierende Betriebe bestehen, wenn sie flexibel und innovativ sind.

In New York City wird in kleineren Betrieben immer noch alles Mögliche hergestellt, von Briefumschlägen (Kunden können die Fabrik besichtigen und sich die Entwürfe anschauen, bevor sie in Produktion gehen) bis zu in Handarbeit hergestellten BMX-Rädern bei Brooklyn Machine Works (bei 2800-Dollar-Rahmen haben niedrige Löhne keine hohe Priorität). In San Francisco repräsentiert eine erfolgreiche Gruppe namens SFMade mehrere Dutzend Einzelunternehmer, die vor Ort produzieren, von Timbuk2-Taschen bis Mission-Motors-Motorrädern.

Die Branchen, die die Nähe zu ihren Absatzmärkten nutzen, reichen von maßangefertigten Möbeln, die den direkten Kundenkontakt brauchen, bis zu Luxusmatratzen (Produktion auf Bestellung senkt die Kosten) und Nischenmode (mein eigenes Bürogebäude im angesagten Hightech-Distrikt South of Market beherbergt auch einige Textilfabriken, in denen chinesische Einwanderer mit vor Ort hergestellten Designs arbeiten). Das alles ist nicht neu, aber heute sind diese Firmen nicht mehr nur lokal. Wenn sie innovativ genug sind, dann können sie auch weltweit verkaufen, über das Internet.

Ein Beispiel hierfür ist der Edelschokoladenhersteller Tcho in San Francisco. Diese komplette Fabrikproduktion von der Kakaobohne bis zur Schokolade wird von den Gründern von *Wired* auf einer umgebauten Pier in der Bucht von San Francisco betrieben. Sie begannen mit lokalen Verkäufen und befriedigten dieselbe exklusive Nachfrage nach handwerklich hergestellten Produkten, die auch schon Luxuskaffeehändlern wie Peet's (ebenfalls ursprünglich aus San Francisco) Jahrzehnte vorher zum Aufstieg verhalf. Doch Tcho ist ein Kind des Internetzeitalters, und deshalb wagte sich die Firma schneller auf den globalen Markt, sowohl über E-Commerce als auch über Mundpropaganda im Internet. Heute, fünf Jahre nach der Gründung, werden Tcho-Produkte von über 400 Einzelhändlern im ganzen Land verkauft. Die von Internetpionieren geleitete Fabrik am Pier in San Francisco stellt rund um die Uhr Schokolade her, um die Nachfrage befriedigen zu können.

## Geografie als Kalkulationsfaktor

Wahrscheinlich werden Firmen auch in Zukunft weiterhin Produktionen nach China oder in andere Niedriglohnländer auslagern. Für viele Branchen ist die Kombination aus relativ billigen Arbeitskräften und der Lieferantenkonzentration in Guangdong einfach unschlagbar. Aus diesem Grund werden in Amerika keine Handys hergestellt, und China ist das Weltzentrum der Spielzeuge.

Aber der Weg ins Ausland ist offensichtlich nicht die einzige Lösung. Bei bestimmten Produktionsmengen wird die Produktion in riesigen chinesischen Fabriken wohl auch weiterhin nicht zu topen sein. Aber bei anderen Größenordnungen könnte eine Produktion im eigenen Land mit minimalen Verzögerungen und maximaler Flexibilität die bessere Wahl sein. Und mit fortschreitender Automatisierung wird das wirtschaftliche Gefälle zwischen einer Produktion in China und einer Produktion in den Vereinigten Staaten immer kleiner werden.

Die Kalkulation einer »Produktion hier« im Vergleich zur »Produktion dort« könnte zum Beispiel so aussehen:

Eine imaginäre neue Firma, WindCo, stellt ihr erstes Produkt her, eine kleine Windkraftanlage für den Garten hinter dem Haus. Den

ersten Prototyp, plus ein paar mehr, um sie an Partner zu verschicken, stellt die Firma selbst her. Als Nächstes muss die Produktion anlaufen. Aber die Firma ist so klein, dass sie die notwendigen Produktionskapazitäten selbst nicht hat. Also beauftragt sie eine chinesische Fabrik mit der Produktion.

So kommt das Produkt auf den Markt. Aber sobald die Verkaufszahlen den dreistelligen Bereich erreichen, werden die Grenzen dieses Modells deutlich. Zunächst einmal ist es unflexibel: Wenn das Produkt ausverkauft ist, dauert es Monate, bis eine neue Lieferung ankommt. Außerdem arbeitet die chinesische Fabrik lieber mit großen Losgrößen, also kommen bei WindCo riesige Mengen pro Lieferung an, die mit der Zeit und Stück für Stück abverkauft werden müssen. Dadurch ist sehr viel Kapital in Lagerbeständen gebunden, die auf ihren Verkauf warten.

Inzwischen rechnet es sich einfach, lokal zu produzieren. Also richtet WindCo im eigenen Land eine Fabrik ein, in der Turbinen auf Bestellung produziert werden. Dadurch wird es viel einfacher, die Lagerbestände der Firma zu verwalten und Verbesserungen am Produkt auf Rückmeldungen und Nachfrage der Kunden hin durchzuführen.

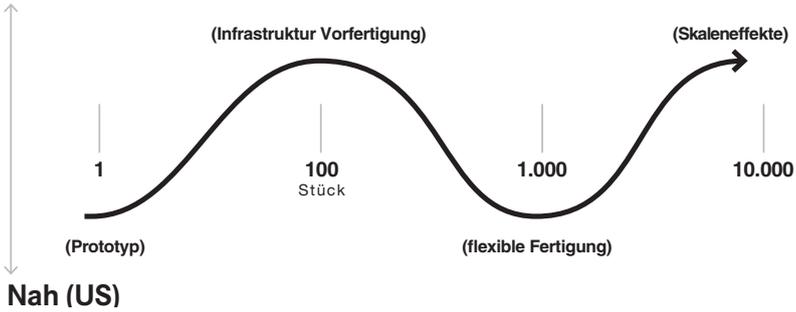
Wenn nun aber die Verkaufszahlen weiter steigen in den fünfstelligen Bereich? Dann ist China wieder der attraktivere Produktionsort. Die 30 Prozent Preisunterschied zwischen inländischer Produktion und einer Produktion in Guangdong, die bei kleineren Stückzahlen nicht so entscheidend waren wie Zeit und Flexibilität, sind jetzt unwiderstehlich. Wenn ein Konkurrent den Markt betritt und zu einem niedrigeren Preis verkauft, mit dem man mithalten muss, ist diese Verlockung sogar noch stärker. Und schon wandert die Produktion wieder nach China.

So haben Unternehmen zunehmend die Möglichkeit, ihre Produktion dorthin zu verlegen, wo es am sinnvollsten ist. Sie können es, weil die Entwicklungsdaten digital sind, neue Produktionen mit minimalem Kostenaufwand neu eingerichtet werden können, und alle dieselben automatisierten Herstellungswerkzeuge benutzen, die man überall kaufen kann.

In dieser Welt ist Amerika *wettbewerbsfähig*. Und China ebenso. Und Deutschland und Mexiko und Polen. Digitale Herstellung sorgt für gerechtere Bedingungen im globalen Wettbewerb. *Jedes* Land

kann Waren produzieren. Die Frage ist nur, was ein Land besser produzieren kann als alle anderen.

### Fern (China)



### Eine hochmoderne Fabrik

Wenn man genau genug sucht, findet man überall Beispiele dafür. Im Silicon Valley, natürlich, aber auch an Orten, an denen man fortschrittliche Industrien nicht unbedingt erwartet: einer umgebauten Autoreparaturwerkstatt in Brooklyn, einem Gewerbepark in einem Vorort von Las Vegas, einer ländlichen Kleinstadt in Wisconsin. An all diesen Orten wollten Unternehmer, die eigene Firmen gründeten, einfach leben. Diese Firmen mussten nicht mehr in der Nähe einer Bahnstrecke oder einer Autobahn liegen wie Fabriken früher, sie brauchten auch keine großen Flächen mehr oder billige Arbeitskräfte. Produziert werden kann inzwischen überall, wo FedEx und UPS abholen können.

Ein gutes Beispiel ist SparkFun. Im Jahr 2003 absolvierte Nathan Siedle gerade sein Grundstudium in Ingenieurwissenschaft an der University of Colorado in Boulder, einer gepflegten Universitätsstadt etwa eine Stunde von Denver entfernt. Er hatte Schwierigkeiten, die elektronischen Bauteile aufzutreiben, die er für seine Projekte brauchte, bis er schließlich im Internet einige Lieferanten ausfindig machte. Nun hätte er sich einfach darüber freuen und sein Studium beenden können. Aber wie viele andere Maker in diesem Buch beschloss auch er, seine Entdeckungen mit anderen zu teilen. Er richtete einen kleinen Online-Shop ein, um dort die Teile zu verkaufen,

die schwer aufzutreiben waren, und reizte seine Kreditkarte bis zum Limit aus, um sein Lager zu füllen. Er nannte den Laden SparkFun, ein augenzwinkernder Verweis auf das, was oft genug passiert, wenn man die falschen Teile zusammenbringt: Man darf zusehen, wie sie in einem Funkenregen verglühen. Als er die offizielle Bestätigung für eine Befreiung von der Umsatzsteuer erhielt, und somit eine »echte Firma« hatte, raste er auf seinem Motorrad so schnell nach Hause, dass er nicht nur einen Strafzettel erhielt, sondern auch noch vor Gericht erscheinen musste.

Als Siedle seinen College-Abschluss machte, war SparkFun schon zu einem richtigen Unternehmen herangewachsen. Statt sich irgendwo anders einen Job zu suchen, beschloss Siedle, es mit seiner eigenen Firma zu wagen. Er mochte Boulder, und so mietete er eine Gewerbefläche im Erdgeschoss eines Gebäudes in einem örtlichen Büroпарк und richtete sich dort ein.

Heute hat SparkFun mehr als 120 Angestellte und einen Jahresumsatz von etwa 30 Millionen Dollar, und die Firma wächst um 50 Prozent pro Jahr. Die Produktionsfläche im Erdgeschoss ist so groß wie ein Basketballfeld und wird beherrscht von automatischen, elektronischen Fertigungslinien, die Tag und Nacht in Betrieb sind. Tägliche Blogposts und Tutorials haben aus dem Online-Shop eine gut besuchte Community gemacht, mit über 50 000 Besuchern pro Tag.

Das alles findet im kostspieligen Boulder in Colorado statt, einem der teuersten Immobilienmärkte in Amerika, noch dazu in der Elektronikbranche, einem Markt, der schon lange als an China verloren galt. Wie schafft es SparkFun, mit solchen Billigproduktionen mitzuhalten? Durch Automatisierung, enge Anbindung an die Kunden und ihre Bedürfnisse (die Wurzeln der Firma im Bastlermilieu verleihen ihr dort große Glaubwürdigkeit), eine Community, die um die täglichen Tutorials auf der Firmenwebsite herum entstand, und durch Posts der Angestellten (die inzwischen unter den Makern selbst kleine Berühmtheiten sind). SparkFun hat bewiesen, dass Erfolg in der Industrie nicht unbedingt davon abhängt, wer die niedrigsten Lohnkosten hat.

Wenn man die Leute über den Zustand der amerikanischen Industrie befragt, zitieren die meisten dieselbe deprimierende Statistik: US-amerikanische Mobiltelefone, unter anderen das iPhone von

Apple, die Android-Telefone von Google sowie Motorola, sind zwar höchst erfolgreich, aber keines dieser Telefone wird in Amerika produziert. Wir sind vielleicht bei der Technologie führend, aber wir produzieren nur die Bits (das Produktkonzept und die Software), nicht aber die Atome (die greifbaren Telefone selbst). Es stimmt tatsächlich: »Designed in California, Made in China«.

Aber bei einem Besuch in der SparkFun-Fabrik bietet sich ein ganz anderes Bild. Im Gegensatz zu einigen größeren Wettbewerbern auf dem Markt für elektronische Bauteile stellt SparkFun einen Großteil der Produkte, die die Firma verkauft, selbst her, direkt in Boulder. Das Unternehmen besitzt mehrere Bestückungsmaschinen, die Chips und andere Komponenten schneller exakt auf einer Platine platzieren, als man es mit den Augen verfolgen kann. Über ein Förderband werden die bestückten Platinen in einen automatisch kontrollierten Ofen transportiert, um die Lötpaste unter den Chips zu schmelzen und sie so auf den Platinen zu befestigen. Andere computergesteuerte Maschinen füllen Komponenten nach und präparieren die Boards. Drei Arbeiter überwachen die Anlage, die rund um die Uhr in Betrieb ist.

Elektronik kann also durchaus in Amerika produziert werden, solange es sich um Spezialelektronik handelt, die in tausendfacher Ausfertigung verkauft wird, nicht millionenfach.

Für Kindle 2 und iPhone werden immer die neuesten Bildschirme und die schnellsten Speicherchips gebraucht, die nur von wenigen Herstellern in Asien in Serie produziert werden. Aber für die meisten elektronischen Geräte müssen es nicht unbedingt die neuesten, kleinsten, leichtesten und schnellsten Teile sein. Diese Elektronik kann man am ehesten mit einem intelligenten Temperaturregler zu Hause oder mit dem Armaturenbrett eines Autos vergleichen. Sie brauchen nicht die Leistungsfähigkeit eines Apple-Geräts. Ihr Wert liegt in der Software, die auf den Standardbauteilen läuft, und die man überall aufspielen kann.

Bei derartigen Spezialgütern ist die Verdienstspanne in der Regel größer, und die Konkurrenz durch andere Hersteller ist klein. Es ist eine klassische Marktnische für ein Mittelstandsunternehmen. Das Unternehmen sollte groß genug sein, um auf dem Weltmarkt verkaufen zu können und eine Marke zu etablieren, aber nicht so groß, dass die Firma in die Todesfalle der hauchdünnen Verdienstspan-

nen gerät und zu stark durch Konjunkturschwankungen und wechselnden Verbrauchergeschmack gefährdet ist.

Das Gegenbeispiel hierzu ist die chinesische Firma Foxconn, die das Apple iPhone und viele andere Elektronikprodukte des Massenmarktes herstellt und etwa eine Million Beschäftigte hat. Sie ist damit nach Zahl der Beschäftigten das zweitgrößte nicht staatliche Unternehmen der Welt (nach Wal-Mart).<sup>40</sup> Es existieren ganze firmeneigene Städte, und die Arbeitsbedingungen (und Selbstmorde) machen Schlagzeilen. Foxconn entwickelt seine Produkte nicht selbst; die Firma übernimmt ausgelagerte Produktionen anderer Firmen. Dadurch sind die Verdienstspannen minimal. Nach Schätzungen von Ökonomen verdient Foxconn nur 6,50 Dollar an der Montage eines Telefons, das für 300 Dollar verkauft wird.<sup>41</sup> Bei den meisten asiatischen Produzenten von Bauteilen für das iPhone sieht es ähnlich aus. Der Löwenanteil des Profits geht an Apple, den Entwickler. In welchem Geschäft wären Sie lieber?

SparkFun hingegen entwirft die meisten Produkte selbst und stellt sie auch selbst her nach dem in diesem Buch beschriebenen Modell: Ein offener Innovationsprozess entsteht um eine Gruppe von Firmenkunden. Die meisten SparkFun-Produkte sind »Open-Source-Hardware«, also Hardware, deren Designdaten öffentlich zugänglich sind und verändert werden können. Viele Produkte wurden von Kunden entworfen, und von SparkFun-Ingenieuren lediglich geprüft und überarbeitet, um ihre Produktion zu vereinfachen.

Es ist ein klassisches, Community-zentriertes Unternehmen. Auf der Startseite der Firmenwebsite stehen keine Produkte, sondern ein Blog mit unterhaltsamen Tutorials und Videos der Mitarbeiter. In den Foren wimmelt es von Kunden, die sich gegenseitig helfen. Jedes Jahr veranstaltet die Firma ein Wettrennen für autonome Fahrzeuge. Bei der Veranstaltung spielt eine Liveband selbst geschriebene Songs über Roboter, und Kinder rennen scharenweise den selbstfahrenden Autos hinterher. (Ich habe seit dem ersten Rennen jedes Jahr in der Kategorie für Luftfahrzeuge teilgenommen, bisher aber noch nie gewonnen.) Bei Maker-Festivals im ganzen Land bringen Ingenieure von SparkFun Menschen das Löten bei, was übrigens sehr viel mehr Spaß macht, als es sich vielleicht anhört.

Die Mitarbeiter von SparkFun sind jung, engagiert und scheinen ihre Arbeit wirklich zu lieben. Bei der Arbeit wird Hunden und Hobbys gefrönt (wenn auch nicht in der Produktionshalle), Tätowierungen und Indie-Punkrock spiegeln die Firmenkultur wider. Weiter entfernt von »Satans schwarzen Mühlen« kann man nicht sein.

Dies ist eine Erfolgsgeschichte aus der amerikanischen Maker-Industrie des 21. Jahrhunderts. Diese Industrie gedeiht angesichts der asiatischen Konkurrenz. Sie wächst rasant und schafft Arbeitsplätze. Sie ist äußerst profitabel. Ebenso wichtig aber ist, dass sie einen »Multiplikatoreffekt« hat. Man geht üblicherweise davon aus, dass durch jeden neuen Arbeitsplatz in der herkömmlichen Industrie vier weitere Arbeitsplätze in der Kommune entstehen. Weil SparkFun Technologie verkauft, die anderen dabei hilft, ihre eigenen Firmen aufzubauen, ist der Faktor in diesem Fall sogar noch höher.

Wie hoch genau, ist schwer zu sagen, aber hier ist ein Beispiel: Facebook hat derzeit etwa 2500 Mitarbeiter. Die Hauptgeschäftsführerin Sheryl Sandberg schätzt jedoch, dass mehr als 30 000 Menschen ihren Lebensunterhalt hauptsächlich über das »Ökosystem Facebook« bestreiten, das alle Firmen und Dienstleistungen miteinschließt, die auf Facebook aufsetzen, von Zynga-Spielen wie Farmville bis zu all jenen »Social-Media-Experten«, die Firmen dabei helfen, sich auf Facebook zurechtzufinden. Das ist mindestens ein Multiplikationsfaktor zehn.

Pisano und Shih forderten in ihrem Artikel in der *Harvard Business Review* über die amerikanische Wettbewerbsfähigkeit einen Wiederaufbau der »Industrial Commons«, der kollektiven Fähigkeiten für Forschung und Entwicklung, Ingenieurwesen und industrielle Fertigung, durch die Innovationen entstehen. Nicht einfach nur die Fähigkeit, Dinge herzustellen, sondern auch die Fähigkeit, sie zu erfinden, die Fähigkeit, die einzelnen Teile herzustellen, aus denen diese Dinge bestehen, und die Fähigkeit, eine Generation auszubilden, die all dies auch umsetzt.

Erfolgreiche Technologiefirmen schaffen das. Ihr Trickle-down-Effekt bemisst sich nicht nach den chemischen Reinigungen und den Pizzalieferdiensten, die die Familien ihrer Arbeiter versorgen, sondern nach den Werkzeugen, die sie verkaufen und die andere Firmen in ihrem Umfeld leistungsfähiger machen. Sie schaffen also

nicht einfach neue Arbeitsplätze, sondern sie schaffen *neue Firmen*, die mehr Arbeitsplätze schaffen. SparkFun, eine hochmoderne Fabrik, steht im Zentrum der neuen Industrial Commons. Wie weit sich diese Idee der Maker-Bewegung verbreitet, bleibt jedoch abzuwarten.

## KAPITEL 10

### DIE FINANZIERUNG DER MAKER-BEWEGUNG

---

Wo endet die Herstellung und wo beginnt der Verkauf? In den neuen Maker-Märkten ist beides oft dasselbe.

---

Setzen Sie keine Qualle in ein normales Aquarium. Lassen Sie es einfach. Das Ergebnis ist ziemlich hässlich. Erst wird sie langsam, aber unvermeidlich durch die Strömung an die Seiten und in die Ecken getrieben, vor allem in Richtung der Ansaugpumpe für den Wasserfilter. Dann wird die Qualle in die Pumpe hineingesaugt, in der sie dann feststeckt. Und dann reißt die Pumpe die Qualle in Stücke.

Wahrscheinlich werden Sie es trotzdem tun. Quallen sind die vielleicht schönsten, magischsten Kreaturen, die man in einem Aquarium haben kann. Das werden Sie in einem größeren öffentlichen Aquarium bestimmt selbst auch schon gesehen haben. Von bunten Lichtern angestrahlt sind sie eine lebende Kunstinstallation, sie schweben sanft in Gruppen oder friedlich allein dahin, eine sich ständig verändernde lebende Lavalampe. Aber wenn Sie eine Qualle bei sich zu Hause haben wollen, brauchen Sie ein spezielles Aquarium, das mehrere Tausend Dollar kostet.

Das erschien Alex Andon nicht richtig. Er mochte Quallen, seit er sie als Teenager beim Segeln bei den britischen Jungferninseln gesehen hatte. Nach seinem Abschluss in Biologie an der Duke University im Jahr 2006 zog er wegen eines Jobs in der Biotechnologiebranche in die Nähe von San Francisco. Die Quallen faszinierten ihn mehr, was mit daran lag, dass die Bucht von San Francisco einer der besten Fangplätze für Quallen ist. Er beschloss, seinen Job hinzuschmeißen, um in der Garage eines Freundes eine Firma zu gründen und Spezialaquarien für Quallen zu bauen. Seine Firma, Jellyfish Art, wuchs schnell, und er verkaufte modifizierte Aquarien mit Spezialpumpen und speziellen Strömungsanlagen, die die Quallen von den Seitenwänden fernhielten. Er fand heraus, wie man Plankton für das perfekte Quallenfutter einfrieren und wie man kleine lebende Ohrenquallen per Post verschicken konnte.

Aber als Quallen als Haustiere immer beliebter wurden, beschloss Andon, ein völlig neuartiges Aquarium zu entwerfen, das von Anfang an für Quallen ausgelegt war. Es sollte ein Filtersystem haben, das eine laminare Strömung erzeugte, sodass es keine starken Strömungen gab, die für die Tiere gefährlich werden konnten, und um beste visuelle Effekte zu erzielen, sollte das Aquarium durch LEDs farbig beleuchtet werden. Die Farben wären per Fernsteuerung einstellbar. Das Aquarium wäre klein genug, um auf einen Schreibtisch zu passen, aber groß genug, dass vier Quallen großzügig Platz darin hatten.

Dazu musste er in größerem Maßstab in die Produktion einsteigen, was nicht billig werden würde. Er hatte den Punkt erreicht, an dem sich ein Unternehmer nach Finanzierungsmöglichkeiten umsieht. Ein Bankdarlehen war eine Möglichkeit, private Investoren eine andere. An beides kommt man nicht so ohne Weiteres heran, und beide bergen Risiken und bedeuten einen Kontrollverlust. Für ein Bankdarlehen musste Andon wahrscheinlich alles, was er besaß, als Sicherheit angeben, und er musste das Darlehen mit Zinsen zurückzahlen, während ein privater Investor ein beträchtliches Stück der Firma selbst würde haben wollen.

Es gab aber noch eine weitere Möglichkeit. In den letzten Jahren hat sich ein neues Phänomen verbreitet: das »Crowdfunding«. Dabei bringen Unterstützer und potenzielle Kunden gemeinsam das Geld auf, das für die Produktion der Ware gebraucht wird. Es gibt viele unterschiedliche Formen des »Crowdfunding«, von einer besseren

Kaffeekasse bis zu formellen Darlehen von Menschen, keinen Banken.

Andon entschied sich für Kickstarter, eine Website, bei der Menschen Beschreibungen ihrer Projekte veröffentlichen und jeder einen Geldbeitrag beisteuern kann. Die meisten Unterstützer senden aber nicht einfach nur Geld. Ab einer gewissen Spendenhöhe geben sie praktisch eine Vorbestellung für das Produkt auf. Beim Desktop-Quallenaquarium bekamen Spender, die mindestens 350 Dollar gaben, als Erste ein Aquarium, sobald es verfügbar war, zu einem ermäßigten Preis.

Andon musste bei Kickstarter eine Mindestsumme angeben, die erzielt werden sollte. Wurde dieses Ziel innerhalb von 30 Tagen nach Veröffentlichung des Projekts erreicht, wurden die Kreditkarten derer, die sich bereit erklärt hatten, zu spenden, mit den jeweiligen Beträgen belastet. Andon bekam dann das Geld, und es wurde von ihm erwartet, dass er das Projekt auch durchzog. Wurde der Zielbetrag nicht erreicht, floss kein Geld, und Andon musste sich nach einer anderen Finanzierungsmöglichkeit umsehen. Er setzte den Zielbetrag bei 3000 Dollar fest.

In weniger als 24 Stunden hatte das Quallenaquarium dieses Ziel bereits erreicht. Bei diesem Betrag blieb es aber nicht. Durch Mundpropaganda und eine unbefriedigte Nachfrage nach Quallen meldeten sich immer mehr Geldgeber. Am Ende der 30-Tage-Frist waren insgesamt 130 000 Dollar zusammengekommen, und 350 Menschen hatten eine Vorbestellung für ein Aquarium abgegeben. Andon war verblüfft und hochofret. Er hatte gehofft, dass viele Menschen Quallen bei sich zu Hause haben wollten, aber er hatte keine Möglichkeit gehabt, herauszufinden, ob es wirklich so war. Jetzt hatte er den Beweis: Die Menschen hatten über ihre Geldbeutel für sein Produkt abgestimmt.

Andon besaß nun das Startkapital für seine Produktion. Er hatte garantierte Abnehmer, und er wusste nun mit absoluter Sicherheit, dass die Welt das, was er herstellte, auch wollte. All das hatte er erreicht, ohne einen Teil seiner Firma hergeben zu müssen und ohne sich zu verschulden. Er hatte nur ein Video und eine Projektbeschreibung auf einer Website veröffentlicht.

## Eine Subkultur des Risikokapitals

Kickstarter löst drei schwerwiegende Probleme für Unternehmer: Erstens verlagert es Einnahmen zeitlich nach vorne, genau dahin, wo sie am meisten gebraucht werden. Start-ups müssen normalerweise gleich am Anfang Geld aufbringen, um für die Produktentwicklung zu zahlen, für Maschinen, um Bauteile zu kaufen und für die Montage. Das Geld bekommen sie planmäßig später zurück, wenn die Produkte verkauft werden. Wenn aber diese Einnahmen nicht erst beim Verkauf, sondern schon durch bezahlte Vorbestellungen entstehen, und so funktioniert Kickstarter im Prinzip, dann steht das Geld zur Verfügung, wenn es gebraucht wird, und die Unternehmer müssen keine privaten Investoren mit an Bord nehmen oder ein Darlehen aufnehmen.

Zweitens macht Kickstarter aus Kunden eine Community. Wenn man ein Projekt unterstützt, macht man weit mehr, als nur ein Produkt vorzubestellen. Man setzt auch auf ein Team, das seinerseits seine Unterstützer durch Zwischenberichte auf dem Laufenden hält und auf Vorschläge in Kommentaren und Diskussionsforen während der Entstehungsphase des Produkts reagiert. Die Unterstützer fühlen sich so als Beteiligte am Projekt und werden zu Werbebotschaftern, die für eine virale Verbreitung des Projekts sorgen.

Darüber hinaus bietet Kickstarter das vielleicht Wichtigste für jedes neue Unternehmen: Marktforschung. Wenn ein Projekt die Zielvorgabe nicht erreicht, wäre es wahrscheinlich auch auf dem Markt durchgefallen. Diese Information zu bekommen, bevor man Zeit und Geld in die Entwicklung und Herstellung eines Produkts investiert hat, ist unbezahlbar, und es verringert eines der größten Risiken für jedes Start-up-Unternehmen, das sonst nur schwer einschätzbar ist.

Das ist äußerst sinnvoll, aber es war vor der Ankunft des Internets ganz einfach nicht möglich. Crowdfunding bietet eine Möglichkeit für Menschen, dazu beizutragen, dass ein Produkt, das sie unbedingt wollen, hergestellt wird. Jeder bezahlt nur das, was er ohnehin für das Produkt bezahlt hätte (und meistens sogar weniger). Aber dadurch, dass die Kunden früher bezahlen und die Ware später erhalten, beseitigen sie gemeinsam eine große Hürde für innovative Kleinunternehmer: das Startkapital.

Mehr noch, Kickstarter hilft dabei, diese Menschen zu finden, wo immer sie sind. Wie hätte man vor dem Internet herausfinden können, wo der Markt für Quallenaquarien liegt? Bei Menschen, die bereits ein Aquarium besitzen? Besitzern von Lavalampen? Menschen mit einer Vorliebe für kinetische Kunst? Bei keinem von ihnen, sondern bei einer vollständig neuen Klasse von Konsumenten, denen einfach die Vorstellung von einer Qualle auf ihrem Schreibtisch gefällt, die das aber erst merken, wenn jemand den Vorschlag macht. Wie hätte man so etwas herausfinden sollen? Und wie viel hätte es gekostet?

Durch Kickstarter und ähnliche Marktplätze haben diese Menschen die Chance, Ihr Projekt zu finden. Es ist soziales Kapital in Reinform. Oft erreicht die Nachricht über ein Projekt per Mundpropaganda die richtigen Empfänger auf völlig unvorhersehbaren Wegen. Die Übertragungsmethoden selbst sind recht alltäglich: E-Mail, Twitter, Facebook und andere soziale Medien. Aber um wie viele Ecken herum diese Nachricht ihre Empfänger erreicht, darin liegt die wahre Magie. Darin drückt sich das latente Wissen über die Wünsche der Menschen aus, das nur durch eine Kombination erreicht werden kann aus persönlichen Kontakten und einer Idee, die so überzeugend ist, dass sie verbreitet wird (Sozialwissenschaftler nennen dies *Memetik*).

Wie haben Sie zum ersten Mal von einem Kickstarter-Projekt gehört (vorausgesetzt, Sie haben von einem gehört)? Hat ein Freund Sie darauf aufmerksam gemacht, weil er glaubte, es könne Sie interessieren? Über einen Feed, den Sie abonniert haben? Über eine Nachrichtenmeldung in einem Bereich, den Sie verfolgen?

Ausschlaggebend ist, dass Sie wahrscheinlich nicht zu Kickstarter gegangen sind und danach gesucht haben. Es hat sie gefunden. Und wenn Sie darauf reagiert haben, dann waren Sie das richtige Zielpublikum, obwohl das im Voraus niemand hätte erraten können. Bei Kickstarter geht es also nicht nur darum, eine Finanzierung zu vermitteln, sondern es geht auch um Marktforschung. Dabei wird oft Bedarf aufgedeckt, den niemand sonst gefunden hätte.

## Maker versus multinational

Am 12. April 2012 gab Sony mit dem üblichen großen Brimborium die US-Veröffentlichung seiner neuen Smartwatch bekannt, einem sexy 150-Dollar-Spielzeug, mit dem man über eine Bluetooth-Verbindung zum Handy SMS, E-Mails und Statusupdates vom Handgelenk ablesen kann. Früher hätte so etwas Schlagzeilen gemacht (»Sony erobert die Handgelenke«), aber die Nachricht wurde kaum zur Kenntnis genommen. Warum? Weil einen Tag vorher ein kleines Start-up-Team aus Ingenieuren und Hardwarehackern, die im Erdgeschoss des Wohnhauses ihres Firmengründers in Palo Alto arbeiteten, seine eigene Armbanduhr bei Kickstarter angekündigt hatte ... und sie ganz einfach besser war!

Das Kickstarter-Projekt namens Pebble hatte im Gegensatz zum OLED-Farbdisplay von Sony ein gestochen scharfes, sonnenlichttaugliches E-Paper-Display. Farbige Darstellung wird bei Computerbildschirmen bevorzugt, aber bei Armbanduhren bedeutet sie schlechtere Lesbarkeit im Sonnenlicht, eine kürzere Lebensdauer der Batterie, und man muss auf einen Knopf drücken oder die Uhr bewegen, damit die Uhrzeit angezeigt wird, ähnlich, wie es bei den ersten LED-Uhren in den 1970er-Jahren der Fall war. Im Gegensatz zur Sony-Uhr, die nur mit Android-Handys funktionierte, funktionierte Pebble auch mit dem iPhone, und obwohl die Sony-Uhr in Europa schon seit Monaten verkauft wurde, gab es für Pebble mehr Apps. Außerdem wurde Pebble für 115 Dollar verkauft, fast 25 Prozent billiger als das Sony-Produkt.

Ein paar Maker-Unternehmer hatten beim Design, bei der Vermarktung und beim Preis einen der größten Elektronikkonzerne der Welt übertroffen. Und dank Kickstarter waren sie gerade dabei, Sony auch noch bei den Verkaufszahlen zu schlagen.

Das Pebble-Team gab bei Kickstarter eine Zielsumme von 100 000 Dollar an. Sie wurde in knapp zwei Stunden erreicht (ich war einer der ersten Unterstützer). Und es wurde immer mehr. Am Ende des ersten Tages war die Eine-Million-Marke erreicht. Nach der ersten Woche hatte Pebble den bisherigen Kickstarter-Rekord von 3,34 Millionen Dollar gebrochen. Nach etwas mehr als zwei Wochen hatte Pebble bereits Finanzierungszusagen in Höhe von über zehn Millionen Dollar und Vorbestellungen für 85 000 Uhren. An diesem

Punkt erklärte das Team das Produkt für ausverkauft und stieg in ein Flugzeug nach Hongkong, um herauszufinden, wie sie eine derart riesige Stückzahl an Elektronikprodukten eigentlich herstellen konnten. (Sie hatten zwar früher schon Smartwatches hergestellt, aber von der erfolgreichsten hatten sie gerade einmal 1500 Stück verkauft.) Noch vor Ablauf der Monatsfrist bei Kickstarter hatte Pebble bereits den erfolgreichsten Verkaufsstart einer Smartwatch aller Zeiten hingelegt, noch bevor die erste Uhr auch nur die Fabrik verlassen hatte.

Besonders interessant am Pebble-Phänomen bei Kickstarter war die Reaktion des Designteams auf die Kundenmassen. Als Erstes baten die Unterstützer um eine verbesserte Wasserdichtigkeit. Also fand das Pebble-Team einen Weg, wie man die Uhr wasserdicht genug zum Schwimmen machen konnte. Dann baten die Nutzer um die Verwendung von Bluetooth 4.0, das weniger Energie verbraucht, anstelle des ursprünglich geplanten Bluetooth 2.0 (oder Sonys 3.0). Also machte sich das Team, ermutigt durch die Flut von Bestellungen, auf die Suche nach den passenden 4.0-Modulen, fand schließlich eine Bezugsquelle, verhalf der Uhr so zu einer höheren Batterielebensdauer und machte sie zukunftssicherer. Andere Kickstarter-Projekte begannen auf den Zug aufzuspringen und kündigten neue Apps für Pebble an. Eine davon sollte Nachrichten von Twine, einem Vertreter des »Internets der Dinge«, auf Pebble anzeigen, sodass man ablesen konnte, wenn jemand zu Hause an die Tür klopfte.

Bei Drucklegung hatte Pebble die Uhren noch nicht ausgeliefert (sie sind für Anfang 2013 angekündigt), und Schwierigkeiten bei der Produktion könnten den Verkaufsstart noch verhindern oder zumindest verzögern. Aber auch so ist Pebble offensichtlich ein überlegenes Modell: Ein kleines Team finanziert sich über Crowdfunding und ist so in jeder Hinsicht – Forschung und Entwicklung, Finanzierung, Marketing – schneller als ein schwerfälliger Elektronikriese. Natürlich waren das keine blutigen Amateure, die ihr erstes Projekt verwirklichten. Das Pebble-Team hatte schon drei Jahre lang zusammengearbeitet und bereits eine Smartwatch für BlackBerry-Telefone finanziert und ausgeliefert (die sich nicht so gut verkaufte). Aber die Firma war dennoch ein Start-up mit über 20 Gründern, die ständig improvisierten und ihre Prototypen mit 3-D-Druckern und

Open-Source-Prozessorboards von Arduino herstellten, wie viele andere Maker auch. Kickstarter verhalf dieser kleinen Firma über Nacht zum Durchbruch als viralem Hit – und zu ein bisschen Geld obendrein.

## Die Zukunft der Finanzierung?

Heute ist Crowdfunding sehr verbreitet und verbreitet sich immer weiter. Inzwischen nimmt man sogar an der Wall Street und im Weißen Haus davon Notiz. Bei der nächsten Stufe des Crowdfunding wird man nicht mehr nur Geld spenden oder ein Produkt vorbestellen können, sondern man wird direkt in das Unternehmen selbst investieren. Für diese Art von Investitionen gibt es in den Vereinigten Staaten aber strenge Vorschriften der Börsenaufsicht (eigentlich zum Schutz kleiner Investoren gedacht), und sie ist normalerweise akkreditierten Profiinvestoren vorbehalten.

Paul Spinrad behandelt dieses Thema in einer Analyse für O'Reilly:

*»Diese Gesetze wurden erlassen, um arglose Investoren vor Betrug zu schützen, aber sie verhindern auch, dass Menschen in kleine Unternehmen in ihrer Nachbarschaft investieren oder in Garagenfirmen, die aus Interessengemeinschaften heraus entstehen, zu denen sie gehören. Gänzlich unberücksichtigt bleibt dabei, dass persönliche Bindungen zu einer Investition eine bessere Grundlage für eine Risikoeinschätzung darstellen können (und zu ihrem Erfolg beitragen können) als ein ganzer Stapel Rechenschaftsberichte an die Börsenaufsicht, die sich irgendwo in einem Büro jemand aus den Fingern saugt. Und so hat im Namen des Investorenschutzes die Investmentbranche also ein Monopol auf das komplette Investmentvermögen aller Nicht-Millionäre in den Vereinigten Staaten. Menschen können nicht in andere Menschen investieren, die sie persönlich aus ihrer eigenen Umgebung kennen. Sie können für eine Geldanlage nur unter vorausgewählten Investmentprodukten wählen, die nur überregionale Großunternehmen berücksichtigen.«<sup>42</sup>*

Verschiedene Unternehmer, führende Technologieanbieter und sogar Prominente wie Whoopi Goldberg haben Petitionen beim Kon-

gress eingereicht, dass diese Regelung überarbeitet und eine Möglichkeit für Privatanleger geschaffen werden soll, kleine Geldbeträge (weniger als 10 000 Dollar oder zehn Prozent des Einkommens des Investors aus dem vorangegangenen Jahr) in Firmen zu investieren, an die sie glauben.

Washington hörte zu. Im April 2012 war Crowdfunding Teil von Präsident Obamas Jumpstart Our Business Startups (JOBS) Act, der auch in Kraft trat. Dieses Gesetz erleichtert es kleinen Unternehmen, geregelte webbasierte Crowdfunding-Sites, wie RocketHub, Crowdfunder und Launcht, zu nutzen, um bis zu einer Million Dollar an Investitionsgeldern von normalen Menschen anzunehmen, nicht nur ausgebildeten Investoren von der Wall Street, ohne die aufwendigen Bilanzierungs- und Veröffentlichungsvorschriften einhalten zu müssen, die für börsennotierte Unternehmen sonst gelten.<sup>43</sup> Es gibt zwar Bedenken, dass eine solche eigenkapitalbasierte Finanzierung (im Gegensatz zu einfachen Vorbestellungen und einer Finanzierung durch Spenden) zu Betrugsfällen führen könnte, aber man hofft, dass die Regulierung der Websites durch die Börsenaufsicht statt durch die Firmen selbst die Selbstregulierung der Branche unterstützen wird. Und weil es insgesamt nur um kleine Beträge geht, halten sich die potenziellen Schäden im Rahmen.

Ziel der Initiative ist es, einen Wirtschaftsmotor anzuwerfen, der Innovationen vorantreiben kann, während sich die herkömmliche Industrie gleichzeitig zurückzieht. Dominic Basulto drückte es in einem Kommentar für die *Washington Post* so aus:

*»In Amerika entsteht derzeit eine einzigartige Subkultur aus risikofreudigen Investoren, die viele Ökonomen gar nicht richtig zur Kenntnis nehmen. Die wirtschaftlichen Kennzahlen deuten bei traditioneller Deutung darauf hin, dass das Wirtschaftswachstum in diesem Land stagniert. Doch eben diese traditionelle Sichtweise ignoriert die wirtschaftliche Aktivität auf DIY-Sites wie Kickstarter.«<sup>44</sup>*

## Soziales Kapital

Ich möchte noch einmal das Beispiel mit den Quallen heranziehen, um zu zeigen, worin die besondere Stärke dieses Modells besteht. Andons Entscheidung für eine Finanzierung seines Projekts auf Kickstarter-Art statt durch eine Bank oder einen traditionellen Investor eröffnete ihm einige Vorteile:

1. Er bekam Geld, ohne Zinsen dafür zahlen oder einen Teil seiner Firma hergeben zu müssen.
2. Der Finanzierungsprozess war gleichzeitig ein erster Test des Produkts auf dem freien Markt. Wenn es ihm nicht gelungen wäre, den Zielbetrag einzuwerben, hätte sich das Aquarium wahrscheinlich auch nie verkauft. Das Geld direkt von den zukünftigen Kunden einzuwerben erhöht die Chancen, dass das Produkt nach der Markteinführung ein Erfolg wird.
3. Die öffentliche Spendensammlung erregte die Aufmerksamkeit vieler Medien, von beliebten Blogs bis zum Fernsehsender NBC, und war somit kostenlose Werbung. Eine Schwarmfinanzierung fördert die Verbreitung durch Mundpropaganda.

Crowdfunding ist das Risikokapital der Maker-Bewegung. Als die Produktionsmittel demokratisiert wurden, entstand ein neuer Produzententyp, und ebenso entsteht durch die Demokratisierung der Kapitalbeschaffung ein neuer Investorentyp. Es wird nicht mehr in eine Firma investiert, sondern in ein Produkt, genauer gesagt in eine *Produktidee*. Diese neuen Investoren erwarten auch keine finanziellen Gewinne, sondern sie erwarten, durch das Produkt entschädigt zu werden, indem sie es entweder tatsächlich erhalten (weil sie genug gespendet haben) oder in Form eines emotionalen Gewinns durch die Gewissheit, mit dazu beigetragen zu haben, dass das Produkt Realität wurde.

Die Projektleiter bei Kickstarter »erschaffen im Licht der Öffentlichkeit« und *verwandeln dadurch reine Produktentwicklung in Marketing*. Der Entwickler veröffentlicht eine Idee und informiert dann regelmäßig über die Fortschritte bis zur Fertigstellung. Unterstützer kommentieren, und der Entwickler reagiert, indem er das Produkt anhand der Anregungen weiterentwickelt. Im Verlauf dieses öffentlichen Austauschs wird Geld gesammelt, aber vor allem entsteht ein

Kundenstamm für das Produkt. Die Kunden stehen nicht nur hinter dem Produkt, weil sie Geld reingesteckt haben, sondern weil sie das Gefühl haben, an seiner Entstehung beteiligt gewesen zu sein. Etwas in aller Öffentlichkeit zu erschaffen ist eine unglaublich effektive Form der Werbung, für die man nicht einmal unbedingt bezahlen muss, sondern sogar noch Geld bekommen kann.

Das soll die Werbebranche erst einmal nachmachen!

Die ganze Sache macht aber auch noch richtig Spaß. Sarah Dopp erläutert das bei Culture Conductor, dem Blog einer Internet-Community:

*»Die magische Erfolgsformel von Kickstarter besteht vor allem darin, dass auf der Website aus der Geldbeschaffung ein Spiel wurde, mit folgenden Spielregeln:*

1. Legen Sie einen Stichtag fest. Machen Sie den Leuten klar, dass diese Kampagne nur für eine begrenzte Zeit läuft.
2. Legen Sie eine Zielsumme fest: »Wenn wir diesen Betrag nicht erreichen, haben wir nicht genug Geld, um das Projekt umzusetzen.«
3. Halten Sie den Stichtag und den Zielbetrag strikt ein. Die Kampagne ist am Stichtag ZU ENDE, und wenn der Zielbetrag nicht erreicht wird, wird aus dem Projekt nichts. (Hier ist Kickstarter besonders nützlich: Sie setzen die Spielregeln mit harter Hand durch und machen sich unbeliebt, während Sie die sympathische Rolle übernehmen und die Menschen begeistern können.)
4. Richten Sie verschiedene Spendenstufen ein und versprechen Sie den Leuten unterschiedliche Prämien für die jeweiligen Stufen.
5. Die Spendensammler behalten die vollen Eigentumsrechte an ihren Projekten. (Hier wird nicht investiert, sondern gesponsert. Es geht dabei um Vorverkäufe und um Großzügigkeit.)«<sup>45</sup>

Selbstverständlich gibt es dabei Risiken. Es gibt keine Garantie, dass der Unternehmer das Produkt tatsächlich herstellt oder dass es die Erwartungen erfüllen wird. Es werden auch keine Aussagen dazu getroffen, wie lange es dauern wird. Und wenn der Unternehmer das Projekt an die Wand fährt oder einfach verschwindet, gibt es auch keinen einfachen Weg, damit die Spender ihr Geld zurückerhalten.

Streng genommen spenden Sie das Geld für einen guten Zweck. Man hat Ihnen zwar versprochen, dass Sie dafür ein Produkt erhalten, aber es gibt keinen rechtsverbindlichen Vertrag, der Ihnen das garantiert.

Kickstarter und viele ähnliche Websites (unter anderem Indiegogo, RocketHub und Funded By Me) verlassen sich auf Transparenz und die Fähigkeit der Internetnutzer, die Risiken selbst einzuschätzen und sich vor Betrug oder Stümperei zu schützen. Den Unterstützern wird geraten, sich auf ihr eigenes Urteil zu verlassen, aber einen eigenen Schutz bieten diese Crowdfunding-Sites nicht an. Den angehenden Geldgebern wird geraten:

*»Jeder Initiator erstellt sein Projekt selbst, und er muss überzeugend darlegen, dass er sein Projekt auch erfolgreich umsetzen kann. Jeder Initiator eines Projekts muss das Vertrauen seiner Geldgeber gewinnen, vor allem, wenn die Geldgeber ihn nicht persönlich kennen.*

*Im Internet kann man sehr viel über frühere Erfahrungen eines Projektinitiators herausfinden. Wenn jemand bisher keine nachweisliche Erfahrung in einem dem Projekt ähnlichen Bereich hat oder ungern Auskünfte erteilt, sollten Geldgeber dies bei ihrer Entscheidung berücksichtigen. Wenn etwas zu gut klingt, um wahr zu sein, dann ist es wahrscheinlich auch nicht wahr.«*

Würde Kickstarter Firmen dabei helfen, Geldmittel aufzutreiben, würde es der Kontrolle der Börsenaufsicht unterliegen, und alle möglichen Vorschriften und Schutzmaßnahmen würden greifen. Aber Kickstarter eröffnet Menschen lediglich eine Gelegenheit, Geld für einen guten Zweck beizusteuern, in diesem Fall die Entwicklung eines Produkts, das sie haben wollen. Man unterstützt dabei nicht einmal ein Unternehmen, sondern nur ein bestimmtes Projekt.

Damit werden auf elegante Weise zahlreiche Hürden umgangen, durch die viele kleine Firmen und Erfinder nicht genug Startkapital aufbringen können. Niemand steuert mehr Geld bei, als er oder sie sich leisten kann, und in der Regel unterstützen Menschen nur Produkte, die sie selbst haben wollen und verstehen.

Zweifellos wird es dabei noch einige große Probleme geben. Es wird wohl einige naive Erfinder mit einer guten Idee, aber ohne jegliche Erfahrung mit der Herstellung von Produkten geben, die

feststellen, dass sie den Preis für ihr Produkt viel zu niedrig angesetzt haben und es zum angegebenen Preis unmöglich herstellen können. Teams könnten sich auflösen, persönliche Probleme könnten auftreten, und ein paar Leute werden einfach einen Rückzieher machen. Und dann sind da noch die unvermeidlichen Betrüger. Aber bisher wurden durch Transparenz und die damit verbundene soziale Unterstützung und Verantwortlichkeit die üblichen Katastrophen vermieden. Und dieser Bereich wächst mit einer erstaunlichen Geschwindigkeit.

Im Mai 2012, drei Jahre nach der Gründung der Plattform, waren bei Kickstarter insgesamt über 47 000 Projekte vorgestellt worden. Über 40 Prozent von ihnen waren erfolgreich und erzielten insgesamt 175 Millionen Dollar.<sup>46</sup> Mehr als 10 000 Projekte erreichten ihre Zielbeträge, und so flossen 60 Millionen Dollar an die Initiatoren der Projekte. Meistens waren es nur wenige Tausend Dollar für Musik, Film oder andere Kunstprojekte (für die Kickstarter ursprünglich gedacht war), aber es waren auch Hunderte erfolgreiche materielle Produkte dabei. Zwei Dutzend solcher Projekte, wie das Quallen-aquarium, erzielten jeweils über 100 000 Dollar.

Zu den weiteren Beispielen gehört Scott Wilson, ein ehemaliger Creative Director bei Nike. Bei seinen Verbindungen brauchte er kein Crowdfunding, um seine Idee umzusetzen: ein spezielles Armband, das aus einem iPod nano eine Armbanduhr machte. Aber er entschied sich dennoch für diesen Weg, weil er die direkte Rückmeldung und die Einfachheit des Kickstarter-Prozesses nutzen wollte. Die Projektbeschreibung für sein TikTok + LunaTik brachte ihm fast eine Million Dollar ein. 60 Tage nach dem Ende seiner Finanzierungsaktion bei Kickstarter im Dezember 2010 hatte Wilson über 20 000 Uhrengehäuse ausgeliefert.

Wilson vermied auf diese Weise den langwierigen Weg der Produktentwicklung in einem Unternehmen: nicht enden wollende Genehmigungsverfahren, die meist Altbewährtes gegenüber echter Innovation begünstigen. Carlye Adler drückte es in *Wired* so aus:

*»Erfinden Sie eine bessere Mausefalle, und die Welt rennt Ihnen die Tür ein. Das ist eine nette Vorstellung, die Generationen von amerikanischen Erfindern inspiriert hat. Die Wirklichkeit wird dieser Vorstellung allerdings nicht ganz gerecht. Erfinden Sie eine bessere Mause-*

*falle, und wenn Sie richtig viel Glück haben, wird ein Unternehmen sie sich mal ansehen, sie Dutzenden von Komitees vorlegen, den Entwurf ein bisschen abändern, damit die Produktion billiger wird, bis schließlich das Marketing-Team entscheidet, ob sie sich profitbringend verkaufen lässt. Wenn Ihre Mausefalle dann endlich in die Läden kommt, ist sie wahrscheinlich bis zur Unkenntlichkeit verfeinert und angepasst worden.»<sup>47</sup>*

Peter Dering, ein Bauingenieur und damals werdender Vater, hatte eine Idee für ein Gerät namens Capture, mit dem man ganz einfach einen Fotoapparat an seiner Kleidung oder einem Rucksack festklemmen konnte. Auch er hätte seine Idee einem Hersteller für Fotozubehör unterbreiten können. Stattdessen beschloss er, es allein durchzuziehen. Sein Projekt bei Kickstarter brachte ihm von mehr als 5000 Unterstützern 365 000 Dollar ein. Er schrieb, dies »veränderte mein Leben. Am 2. Mai 2011, als ich Capture ins Leben rief, war ich ein einzelner Mann mit einem Traum. 75 unglaubliche Tage später war ich ein Vater mit einer eigenen Firma.«

Eine Open-Source-Taschenlampe brachte es auf 260 000 Dollar. Ein Füllfederhalter aus rostfreiem Stahl erzielte 282 000 Dollar, eine Campinghängematte 209 000 Dollar. Und bei Hunderten mehr Projekten war es ähnlich. (Ich selbst habe alles Mögliche unterstützt, von einer dreisaitigen Gitarre für Kinder bis zur Desktop-CNC-Maschine.) Kickstarter ist unter Erfindern inzwischen die beliebteste Methode zur Geldbeschaffung überhaupt, oder zumindest bei denen, die ein Video und eine Beschreibung ihrer Vision zusammenstellen können, die Menschen dazu bringen, sie finanziell zu unterstützen.

## Die Bank wider Willen

Kickstarters Anfänge liegen weit vor seiner Gründung im Jahr 2009. Perry Chen lebte im Jahr 2002 im French Quarter von New Orleans, arbeitete an seiner eigenen elektronischen Musik und träumte davon, eine große DJ-Show mit den österreichischen DJs Kruder und Dorfmeister zu veranstalten. Das Problem war nur, dass ihn das 15 000 Dollar im Voraus gekostet hätte. Heute sind Kruder und Dorfmeister in der DJ-Szene zwar Stars, aber damals

waren sie es noch nicht. Was war, wenn niemand kam? Chen wäre total ruiniert.

Wegen des Risikos beschloss er, das Konzert nicht zu veranstalten, aber er hörte nicht auf, sich mit dem Problem zu beschäftigen. Alles halbwegs Neue ist riskant, aber es gibt nur wenige Menschen, die ein größeres finanzielles Risiko tragen können. Was wäre, wenn man die Leute einfach im Voraus bezahlen lassen würde (keine wirklich radikale Idee; immerhin funktionieren die meisten Konzerte heute über Vorverkäufe), man die Show aber vor allem nicht veranstalten müsste, wenn nicht genug Karten verkauft wurden? Auf diese Weise müsste der Organisator gar kein Geld ausgeben, und die Bands würden nur dort auftreten, wo man sie auch wirklich haben wollte.

Wenige Jahre später war Chen nach Brooklyn gezogen und bediente in einem Szenelokal namens »Diner«. Dort kam er mit Yancey Strickler ins Gespräch, einem Stammgast, und erzählte ihm von seiner Idee. Vor der Verbreitung des Internets war es zwar theoretisch clever, Bedarf aufzuspüren und Projekte vorzufinanzieren, doch es war praktisch unmöglich. Aber mit dem Internet war es einen Versuch wert. Strickler war begeistert (Chen erzählte Adler, es sei »die beste Idee gewesen, die ihm ein Kellner in jenem Jahr unterbreitete«), und die beiden beschlossen, eine Website einzurichten und es auszuprobieren.

Heute ist Kickstarter eine mehrere Millionen Dollar schwere Internetfirma, die an ihren Indie-Wurzeln festhält, so gut sie kann. Das Firmengebäude unter der Adresse 155 Rivington Street in der Lower East Side von Manhattan macht optisch nicht viel her. Auf dem einzigen Schild an der Frontseite steht in goldenen Buchstaben UNDERWEAR (ein ehemaliger Mieter). Der Eingangsbereich erinnert an ein Gruppenhaus.

Chen und Strickler ist der Aufstieg von Kickstarter zum Finanzierungsmotor für materielle Güter noch immer ein wenig unangenehm. Ursprünglich hatten sie Kickstarter vor allem für Musik- und Filmprojekte gedacht, denen die Plattenfirmen und Hollywood keine Chance gaben, sowie für Kunst, Theater, Comicbücher und Mode. Hauptziel war es, Kreativität zu finanzieren, aber immer mehr Kreative interessierten sich für die Herstellung materieller Güter. Es war schwer, da eine Grenze zu ziehen, und daher ließen sie es bleiben. Ein 25-köpfiges Team sichtet Projekte, bevor sie veröffentlicht

werden, aber die Projekte werden vor allem aufgrund der Qualität der Beschreibungen ausgewählt, und weniger aufgrund des künstlerischen Wertes. Die größten Projekte bei Kickstarter sind aber wohl oder übel Konsumgüter. Die Plattform befriedigt einfach einen Bedarf, der die ganze Zeit schon bestand und nur darauf wartete, dass jemand auf ihn zurückgreift.

## Stimmberechtigtes Kapital

Bei allem egalitären Anspruch von Kickstarter sind die Initiatoren eines Projekts, wenn es einmal finanziert ist, bei der eigentlichen Umsetzung ganz auf sich gestellt. Und sie stellen dann schnell fest, dass die Idee der leichtere Teil war. Lieferkettenmanagement und Herstellung sind sehr viel schwieriger, ganz zu schweigen von der Leitung einer kleinen Firma an sich. Was wäre aber, wenn eine Community bei der Entscheidung helfen würde, welche der von Nutzern eingereichten Produktideen umgesetzt werden, wie bei Kickstarter, dann aber ein Team von Profis aus der Produktentwicklung die Umsetzung begleitete und sich um alle kniffligen Produktionsfragen kümmerte?

Das ist, zusammengefasst, das Modell von Quirky, das etwa zur selben Zeit an den Start ging wie Kickstarter und genauso schnell wächst.

Der Gründer von Quirky, Ben Kauffman (gerade 24 Jahre alt) begann seine Karriere in seinem Abschlussjahr an der Highschool. Damals überredete er seine Eltern dazu, eine zweite Hypothek auf ihr Haus aufzunehmen, um die Gründung seiner Firma »mophie« zu finanzieren, mit der er iPod-Zubehör entwickelte und herstellte. Er verkaufte die Firma im Jahr 2007, und als nächstes Projekt erstellte er eine Website, auf der Menschen über Produktkonzepte abstimmen und Vorschläge einreichen konnten, wie diese Konzepte weiter verbessert werden konnten. So wie sie war, wurde diese Website kein Erfolg, aber sie bildete das Fundament für Quirky, das beide Ideen miteinander verband: Sie nutzte den Schwarm, um bessere Produkte zu entwickeln, wie eben iPod-Zubehör.

Fairerweise sei gesagt, dass Quirky heute sehr viel mehr leistet. Jede Woche gehen dank Quirky zwei neue Produkte in Produktion,

die von der Quirky-Community entwickelt wurden. Meist sind es praktische »Haushaltshelfer«, ausziehbare Handtuchhalter und Ordnungshilfen für den Kleiderschrank, die meistens für unter 50 Dollar angeboten werden. Bei Bed Bath & Beyond, einer großen amerikanischen Kette von Einrichtungshäusern, gibt es eigene Quirky-Regale. Die Produkte sind nicht revolutionär, aber meistens gut durchdacht, optisch ansprechend und tatsächlich nützlich. Wenn man die Produktliste durchliest, findet man eigentlich immer etwas, das man gebrauchen könnte.

Das aktuell angesagte Produkt bei Quirky ist »Pivot Power«, eine flexible Steckerleiste. Sie funktioniert wie eine normale Steckerleiste, aber jeder einzelne Steckplatz ist drehbar, sodass sperrige Netzteile angrenzende Steckplätze nicht mehr blockieren. Jake Zein, ein Softwareprogrammierer aus Milwaukee in Wisconsin, hat sie entworfen, und sie ist ein typisches Quirky-Produkt: Sie ist clever, löst offensichtlich ein Problem, hat ein elegantes Design und ist prinzipiell verzichtbar. Sie ist so ein Ding, das man im Laden sieht und dann denkt: »Ja genau, ich hasse es, wenn ich nicht alle Steckplätze in der Steckerleiste gleichzeitig benutzen kann.« Man bewundert das Design und kauft vielleicht eins. Man braucht es nicht, aber wenn man es irgendwo sieht, will man es doch haben.

Das ist kein Zufall. Die Produkte von Quirky durchlaufen jeweils ein öffentliches Prüfverfahren in mehreren Stufen. In jeder Stufe werden schlechte Ideen aussortiert und gute Konzepte weiter verbessert. An jedem Quirky-Produkt sind Hunderte von Menschen beteiligt, die entweder die ursprüngliche Idee einbringen, einige Veränderungen vorschlagen oder darüber abstimmen, welche Variante ihnen am besten gefällt. Umso überraschender ist, dass sie alle bezahlt werden, vom ursprünglichen Initiator der Idee bis zu jedem anderen, der das Projekt »beeinflusst« hat, und sei es nur durch die Abgabe einer Stimme für den erfolgreichen Entwurf.

In den meisten Fällen geht es nur um Cent-Beträge, aber der ursprüngliche Erfinder verdient unter Umständen Tausende von Dollars. Keine Millionen, aber mehr als nichts. Und sie müssen gar nicht viel dafür tun: Sie müssen nur ihre Idee beschreiben und ein paar Zeichnungen einreichen. Insgesamt gehen 30 Prozent der Verkaufserlöse bei Quirky.com und zehn Prozent der Erlöse von Handelspartnern an die Community. Von diesem Betrag gehen 35 Pro-

zent an den Erfinder. Der Rest wird unter den anderen aufgeteilt, die einen erfolgreichen Entwurf verbessert oder ausgewählt haben.

Und so funktioniert es:

- Jeder kann eine Idee einreichen, aber es kostet zehn Dollar. Damit sollen Spammer und Spinner abgeschreckt werden.
- Community-Mitglieder stimmen für Ideen, die ihnen gefallen, und kommentieren sie.
- Die beliebtesten Ideen kommen in die nächste Runde: die Entwurfsphase. Sowohl der Erfinder als auch die Profis von Quirky reichen Entwürfe ein. Der Entwurf, der die meisten Stimmen bekommt, gewinnt.
- Über den Produktnamen, Werbeslogan, Funktionsumfang und andere Fragen rund um das Produkt wird jeweils gesondert abgestimmt (beziehungsweise darauf »Einfluss« genommen).
- Die Ingenieure von Quirky optimieren den erfolgreichen Entwurf für die Produktion und arbeiten mit einer Fabrik zusammen, die das Produkt herstellt.

Überall bei Quirky gibt es Countdown-Uhren und Wettbewerbe wie bei Kickstarter – das Ganze fühlt sich an wie ein Spiel. Man braucht nicht einmal eine eigene Idee, um teilnehmen zu können und das Gefühl zu haben, Dinge zu erschaffen oder zumindest zu verbessern. Für jeden ist etwas dabei, egal, ob man gut mit Worten umgehen kann (Produktnamen und Werbeslogans) oder eher visuell denkt (Design). Manche machen bei Dutzenden von Projekten mit und verdienen unter Umständen Tausende Dollar. Angeblich kann man sogar süchtig danach werden. Man trägt selbst dazu bei, dass Ideen immer weiter verbessert werden, und gleichzeitig ist es ein Glücksspiel, bei dem man auf ein Produkt setzt, für das man abstimmt, und hofft, dass es auch tatsächlich hergestellt und ein großer Erfolg wird.

Im Kern ist die Quirky-Community nichts anderes als schwarmbasierte Marktforschung. Durch die vielen Rückmeldungen in jedem Stadium des Prozesses reduziert Quirky das Risiko. Das Produkt, das die meisten Stimmen erhält, ist auch das Produkt, das sich wahrscheinlich am besten verkauft. Dadurch können sich die Ingenieure und Designer von Quirky auf die Produkte konzentrieren, für die sich die Arbeit voraussichtlich am meisten lohnt. Wie

bei Kickstarter müssen die Produkte auch bei Quirky vor der Herstellung erst einen Vorverkaufsprozess durchlaufen, durch den sichergestellt wird, dass nur die Produkte mit einer gewissen Zahl an Abnahmegarantien hergestellt werden. (Die Kreditkarten der Kaufwilligen werden nur belastet, wenn das Produkt tatsächlich in Produktion geht.)

So funktioniert die Maker-Bewegung auch für Menschen, die sich die Hände selbst nicht schmutzig machen wollen. Sie können an jeder Phase der Entstehung eines Produkts teilhaben, ohne den Prototyp selbst herstellen zu müssen. Die vorbereitenden physischen Arbeiten werden in den Büros von Quirky durchgeführt, die mit einem hochwertigen 3-D-Drucker und einer ganzen Reihe anderer numerisch gesteuerter Werkzeuge zur Herstellung von Prototypen ausgestattet sind. Am Ende hergestellt werden die Produkte von Geschäftspartnern von Quirky, vor allem in China. Die Community kann das endgültige Produkt beeinflussen, aber sie hat keine vollständige Kontrolle darüber. Im Endeffekt hilft die Community nur einem professionellen Designteam dabei, schneller und besser zu arbeiten. Und im Gegenzug teilt das Designteam das Geld und den Ruhm mit der Community.

## Industrialisiertes Handwerk

Am anderen Ende des Spektrums steht Etsy, der bei Weitem größte Maker-Markt unter den dreien, die ich hier vorstelle. Die Plattform wurde im Jahr 2005 gestartet. Sie hat inzwischen über 15 Millionen Mitglieder, und sie hat im Jahr 2011 eine halbe Milliarde Dollar Umsatz gemacht. Im April 2012 hatte die Firma 300 Angestellte, und pro Monat verkauften dort 875 000 Verkäufer Waren im Wert von 65 Millionen Dollar an 40 Millionen Besucher aus aller Welt.<sup>48</sup> Mit einem geschätzten Wert von 688 Millionen Dollar nach sechs Jahren erinnert der Aufstieg von Etsy stark an den von eBay in den frühen 1990er-Jahren: ein schnell wachsender Marktplatz für den Long Tail der Dinge.

Bei Etsy werden handgefertigte Waren verkauft. Ja genau, bisher geht es bei Etsy nur um Kunst und Handwerk in epischen Ausmaßen. Die Bandbreite ist unglaublich und reicht von den schönen

Künsten bis zu Stickbildern, mit jeder Menge Schmuck und modischen Eintagsfliegen dazwischen. Jedes Produkt wird von jemandem hergestellt (den Richtlinien von Etsy zufolge muss alles auf irgendeine Weise von Hand gefertigt sein, auch wenn Maschinen eingesetzt werden dürfen).

Ich habe dort schon alles gekauft, von coolen Panda-Aufklebern für das MacBook meiner Töchter bis zu fantastischen Siebdrucken von Namen von Wissenschaftlern und Symbolen im Stil von Rockpostern, die jetzt an der Wand meiner Werkstatt hängen. (Tesla und Bohr gefallen mir besonders.) Alle meine Angestellten im Büro haben bei Etsy eingekauft: Schmuck, Buchstützen, Möbel, Kleidung. Die Plattform befriedigt das Bedürfnis einer Generation nach Individualität und Authentizität – echte Dinge von echten Menschen, nicht in Plastik eingeschweißte Kultur von Unternehmen. Etsy-Sachen sind manchmal atemberaubend und manchmal einfach nur seltsam (eine ganze Website, namens Regretsy, ist nur den bizarrsten Kuriositäten gewidmet, die man bei Etsy kaufen kann), aber sie sind auf jeden Fall einzigartig. Wenn man etwas sucht, das von einem Menschen hergestellt wurde und nicht von einer Maschine, dann ist Etsy eine Goldmine.

Im Gegensatz zu Kickstarter oder Quirky unterstützt Etsy Maker nicht bei der Geldbeschaffung oder Entwicklung ihrer Produkte. Die Website bietet einfach nur eine Möglichkeit, die Produkte zu verkaufen, mit einem starken gemeinschaftlichen Element, da der Fokus auf handgefertigten Waren liegt und auf der Kunst- und Handwerkerszene, die sie herstellt. Wie eBay bietet Etsy den Verkäufern eine einfache Möglichkeit an, eigene Einträge zu erstellen, und regelt den Bezahlvorgang. Für jeden Eintrag über vier Monate berechnet Etsy 20 Cent Gebühr plus 3,5 Prozent des Verkaufserlöses.

Noch ist umstritten, ob Etsy sich als rentabler Marktplatz für Kleinunternehmen eignet. Da der handwerkliche Aspekt sehr wichtig ist, ist es den Anbietern in der Regel verboten, ihre Produktion durch effizientere Maschinen oder teilweise Auslagerung der Arbeiten auszuweiten. In einem derart riesigen Marktplatz ist es außerdem schwer, aufzufallen, und die notwendigen Gebühren, wenn man bei einem Suchlauf erfasst werden will, können sich ganz hübsch summieren. Außerdem drückt die viele Konkurrenz die Preise.

Manche Etsy-Verkäufer bestreiten damit ihren Lebensunterhalt, aber die meisten tun es nicht. Es gibt zahlreiche Geschichten von Verkäufern, die ihren Stundenlohn berechnet haben (und feststellen mussten, dass sie als Burgerbrater bei McDonald's mehr verdient hätten), und man kann nur schlussfolgern, dass die wenigsten es wegen des Geldes machen. Für die meisten ist es ein Hobby oder ihre Kunst, und der größte Anreiz liegt darin, ein Publikum dafür zu finden, selbst wenn nicht viel Geld dabei rausspringt. Für die anderen, die tatsächlich ein Geschäft daraus machen wollen, ist Etsy vielleicht ein guter Ort für einen Anfang, aber nicht die richtige Plattform für Wachstum. Dafür müssen sie ihre eigene Firma aufbauen und lernen, wie die echte industrielle Produktion im 21. Jahrhundert funktioniert.

Glücklicherweise unternimmt Etsy inzwischen selbst erste Schritte in diese Richtung. Es soll zwar weiterhin ein Ort für Handwerker bleiben, aber eben auch ein Ort für Unternehmer werden, die nach Maker-Art produzieren und ihre Geschäfte ausweiten wollen. Die Regel von der Handfertigung könnte durch eine entsprechende Regel ersetzt werden, nach der die Sachen von Hand entworfen sein müssen, aber maschinell hergestellt werden dürfen, oder die sogar ausgelagerte Produktion erlaubt (die neuen Regeln waren noch in Bearbeitung, als ich dies schrieb). Damit soll eine neue Art der Heimarbeit gefördert werden, die tatsächlich zum Motor einer neuen auf Mikrofertigung basierenden Wirtschaft werden könnte.

Chad Dickerson, CEO von Etsy, drückte es auf der ersten Kleingewerbekonferenz des Unternehmens Ende 2011 so aus:

*»Über Jahrzehnte hinweg lag der Fokus stur auf Wirtschaftswachstum und großindustriellem Denken. Dadurch haben wir heute den Kontakt zur Natur, zu unserer Kommune und den Menschen und Prozessen hinter den Objekten in unserem Leben weitgehend verloren. Wir halten dies für unethisch, unhaltbar und nicht lustig. Der Aufstieg des Kleingewerbes weltweit gibt uns jedoch wieder Hoffnung, und wir erkennen darin echte Chancen: Eine Chance für uns, Erfolg auf andere Arten zu messen ... eine regionale und lebendige Wirtschaft aufzubauen und vor allem eine beständigere Zukunft zu schaffen.«*

Derzeit, so stellte er fest, sei Etsy im Vergleich zur Weltwirtschaft noch klein – Hunderte Millionen Dollar im Vergleich zu Beträgen im zweistelligen Billionenbereich. Aber Etsy expandiert weltweit, und trägt sein Modell dadurch überall hin, von Frankreich bis Deutschland. Mit der fortschreitenden Expansion verlagert sich der Fokus immer mehr auf das Kleingewerbe, weg von Kunst und Handwerk. Doch die Wurzeln liegen weiterhin im menschlichen Maßstab, bei einer Person mit einem Gesicht hinter jedem Produkt. »Wir glauben nicht, dass Etsy dem Rest der Welt immer ähnlicher wird«, sagte Dickerson. »Vielmehr wird die Welt Etsy immer ähnlicher.«

# KAPITEL 11

## MAKER-FIRMEN

---

Was als Hobby beginnt, kann ein Miniimperium werden.

---

Alle Maker, die Unternehmer werden wollen, haben Vorbilder. Es sind Menschen, über die man liest und die nur mit Leidenschaft und ein paar Werkzeugen begonnen und einfach nicht aufgegeben haben. Sie haben einfach weitergemacht und weitergebaut und sind Risiken eingegangen, bis sie eine richtige Firma hatten. Diesen Firmen und Produkten sieht man ihren Weg aus der Kellerwerkstatt auf den Marktplatz noch an, und auch, dass sie in Handarbeit entstanden.

Dieses Kapitel handelt von dreien meiner eigenen Maker-Helden: Burt Rutan startete sein Unternehmen, Scaled Composites, in den 1970er-Jahren als einer der Ersten der modernen DIY-Bewegung, und hat heute damit den Weltraum erreicht. BrickArms, ein Hersteller für Lego-Zubehör, ist ein klassisches Long-Tail-Unternehmen, das auf Leidenschaft, ein paar coolen Werkzeugen und dem Internet beruht. Square ist eine der spannendsten Firmen im Silicon Valley. Sie entstand, als ein Maker-Handwerker und ein Internetvisionär sich zusammenschlossen, um die ultimative Hardware-Software-Kombination zu erschaffen, die eines Tages die Finanzindustrie verändern könnte.

## Der ehrgeizige Hobbybastler

Die Wüstenstadt Mojave in Kalifornien ist kaum mehr als eine Verkehrsstation in der Wüste, und man muss schon einen triftigen Grund haben, um dort hinzufahren. Der Wind weht hier das ganze Jahr über, und morgens liegen die Schlangen zum Aufwärmen auf den Straßen in der Sonne. In den wenigen kleinen Hotels wohnen hauptsächlich sonnengegerbte Bauarbeiter, die Hunderte riesige Windräder auf den felsigen Hügeln nahe der Stadt errichten. In der einzigen Bar, Mike's, dröhnt Heavy Metal aus der Jukebox, und harte, tätowierte Männer trinken wortkarg ihr Bier. Nach zehn Uhr abends kann man hier sonst nirgends mehr hingehen, höchstens zu einem Hundekampf, wenn man weiß, wen man fragen muss.

Aber schon ein Blick hinauf in die Wolken über Mojave macht all dies bedeutungslos. Denn dort oben, in der dünnen Wüstenluft, sieht man die faszinierendsten Maschinen, die man sich vorstellen kann. Der Flughafen von Mojave ist das zivile Gegenstück zur nahe gelegenen Edwards Air Force Base. Dort steigen seit dem Zweiten Weltkrieg Versuchsflugzeuge auf, und Testpiloten durchbrachen dort erstmals die Schallmauer und erreichten als erste Astronauten die Grenzen der Atmosphäre. Dies ist das Land der Helden der Nation. Die Männer tragen noch Fliegeroveralls, und hinter den Toren der Hangars verbergen sich Fluggeräte, die wirken, als seien sie nach dem Cover eines Science-Fiction-Romans oder der fantasievollen Zeichnung eines Schuljungen gebaut worden.

Viele große kommerzielle Raumfahrtunternehmen Amerikas sind heute in Mojave angesiedelt, unter ihnen Scaled Composites, die Fluggesellschaft des legendären Burt Rutan. Am Eingang zum Flughafen – dem heutigen Raumflughafen – von Mojave steht ein drei Stockwerke hohes Fluggerät mit dem Namen Rotary Rocket. Das von Scaled entworfene Luftfahrzeug sollte abheben wie eine Rakete und landen wie ein Hubschrauber (es flog tatsächlich einmal eine kurze Strecke). Dahinter reihen sich kilometerweit Hangars aneinander, in denen noch ehrgeizigere Flugobjekte stehen. Sie laden zu neuen Abenteuern in den Weiten des Himmels ein, die zwischen den Apollo-Missionen und der aufreibenden Bürokratie und den Kosten des Spaceshuttle-Programms in Vergessenheit gerieten.

Ein Ableger von Scaled, The Rocket Company, baut Trägersysteme für Virgin Galactic, Richard Bransons Unternehmen für Weltraumtourismus, das Ende 2012 den regelmäßigen Betrieb aufnehmen soll. Das Flugzeug besteht aus zwei Teilen: SpaceShipTwo, ein schlankes Weltraumgeschoss mit einem markanten Leitwerk am Heck, das beim Sinkflug bis zu einem Winkel von 45 Grad ausgeschlagen werden kann, um das Flugzeug durch einen kontrollierten Strömungsabriss abzubremesen, nachdem es seine Passagiere an die Grenze der Atmosphäre getragen hat; und WhiteKnightTwo, ein viermotoriger Riese von der Größe einer 747, der SpaceShipTwo in die entsprechenden Höhen bringen soll, zusammen mit einer Kabine voller weiterer Passagiere, die auf dem Rückweg einen Parabelflug in der Schwerelosigkeit erleben. Die Vorgängermodelle waren jeweils SpaceShipOne und WhiteKnightOne, für die Scaled 2004 den Ansari X Prize für den ersten kommerziellen Raumflug erhielt.

Wie alles, was Scaled herstellt, werden die Raumfahrzeuge fast vollständig aus Glas- und Kohlefaser hergestellt. Burt Rutan, der im Jahr 2011 in Rente ging, war ziemlich verärgert darüber, dass das Fahrwerk aus Stahl und Aluminium gebaut wurde; es ist das letzte Überbleibsel der Metallflugzeug-Ära, der Scaled ein Ende setzen sollte (weswegen Composites – zu Deutsch: Verbundstoffe – Teil des Firmennamens ist). Alles andere besteht aus Fasern, Schaumstoffen und Harzen, die so bearbeitet wurden, dass sie stabiler, leichter, glatter und langlebiger sind als Metalle.

Flugzeuge aus Kunststoff bieten noch weitere Vorteile gegenüber solchen aus Aluminium: Sie können beliebige Formen annehmen, weshalb das Flugzeug von Scaled fast wirkt, als sei es gewachsen und nicht gebaut worden, mit anmutigen organischen Bögen und schlanken, konischen Rumpfföhren. Kunststoffe sind leicht und belastbar; elastisch, wo nötig, und starr überall sonst. Im Zusammenhang mit diesem Buch ist jedoch vielleicht am wichtigsten, dass fast jeder sie herstellen kann. Für die Herstellung eines Flugzeuges aus Glasfasern braucht man nur eine Schaumstoffform, auf die Materialplatten aufgelegt werden, einen Pinsel, um das Harz aufzutragen, und eine Plastikfolie, um das Gebilde während der Aushärtung abzudecken, damit eine glattere Oberfläche entsteht.

Die Geschichte von Scaled ist relevant für die Maker-Bewegung,

weil sie zeigt, wie komplex und anspruchsvoll Maker-Firmen und ihre Produkte sein können. Verbundstoffe sind eine klassische Maker-Technologie: Sie haben die moderne Flugzeugfertigung weitgehend demokratisiert. Man kann genauso gut in einer Garage eine Tragfläche aus Verbundstoffen zusammensetzen wie Boeing in den größten Fabriken. Man braucht kein spezielles Werkzeug dafür. Jeder, der schon einmal eine Schüssel aus Pappmaschee hergestellt hat, kennt das Prinzip. Die Materialforschung ermöglichte das Wunder, Harz und Fasern in Oberflächen zu verwandeln, die leichter sind als Aluminium und belastbarer als Stahl. Man braucht etwas Übung, bis man es richtig hinbekommt, aber in wenigen Wochenenden kann man das lernen.

Tatsächlich haben Scaled und Rutan als Hersteller von Kunststoff-Kit-Planes angefangen, die von Hobbybastlern zu Hause zusammengebaut werden konnten wie Kit Cars, deren Karosserie ebenfalls aus Kunststoff besteht. Die Technologie, die Passagiere von Virgin Galactic ins All transportieren wird, begann als eine Möglichkeit, Tragflächen und Flugzeugrümpfe herzustellen, die von Amateuren billiger und einfacher zusammengebaut werden konnten. (Bevor Sie ernsthaft in Erwägung ziehen, selbst ein Flugzeug zusammenzubauen, sollten Sie jedoch wissen, dass man für die Fertigstellung eines durchschnittlichen Kit Planes etwa 5000 Arbeitsstunden braucht, was zweieinhalb Jahren Vollzeitarbeit entspricht. Ihre Ehe könnte das nicht überleben.)

In Oshkosh, Wisconsin, versammeln sich jeden Sommer 100 000 Hobbyflieger zur größten Flugschau der Welt und feiern den Geist des DIY. Veranstalter ist die Experimental Aircraft Association, eine Vereinigung, die eine Kategorie von Luftfahrzeugen der US-Bundesluftfahrtbehörde im Namen trägt. Nach den Bestimmungen für Versuchsflugzeuge (experimental aircrafts) dürfen Flugzeugbastler ihre Eigenkreationen fliegen, ohne den normalen Zulassungsprozess für kommerzielle Flugzeuge durchlaufen zu müssen oder sich nach denselben Flugregeln zu richten. Selbstbauer fliegen in ihren eigenen Kreationen aus aller Welt zur Flugschau an, manchmal Tausende von Meilen weit. Es sind Hunderte von Rutan entworfene Flugzeuge dabei, und alles von restaurierten Kampfflugzeugen aus dem Zweiten Weltkrieg bis zu elektrisch betriebenen Versuchsflugzeugen.

Die Besucher kommen wegen der Flugakrobatik und aus Nostalgie für das Goldene Zeitalter der Luftfahrt, doch das Herzstück der Veranstaltung sind Hunderte Vorträge und Workshops für Maker – über die Verwendung von Glasfasern und Metallbearbeitung, Lackieren und Schleifen, darüber, wie man mit Schaumstoff arbeitet und wie man Aluminium biegt. Bei dem Festival geht es zwar ums Fliegen, aber der Community geht es offensichtlich um das Erschaffen von Dingen. Die meisten selbst gebauten Flugzeuge verbringen mehr Zeit in der Werkstatt als in der Luft. Viele von ihnen werden den Boden nie verlassen. Der eigentliche Reiz liegt für viele darin, einfach eine schöne Maschine zu erschaffen.

Auch bei Scaled Composites ist dieses Bastler-Gen noch spürbar. Viele Ingenieure mieten sich für ihre »Projekte« in den kleineren Hangars ein, die die Start- und Landebahn in Mojave säumen. Diese Projekte sind meistens wunderschöne kleine Flugzeuge, vom einsitzigen Pylonracer, der 500 Meilen pro Stunde fliegt, bis zum Nachbau eines Militärflugzeugs aus dem Zweiten Weltkrieg im Maßstab eins zu zwei. Manche Bastler gehen an die Grenzen der Technologie, bauen im Team ein einsitziges Flugzeug mit Elektroantrieb und starten damit zu einem Rekordversuch im Langzeitflug in dieser Klasse.

Die Scaled-Ingenieure gehen bei ihren privaten Projekten genauso vor wie bei ihrer beruflichen Arbeit. Zunächst entwerfen sie das Fluggerät am Bildschirm mit einem CAD-Programm. Dann schälen sie entweder von Hand die Formen der einzelnen Flugzeugteile aus großen Schaumstoffblöcken, oder sie schicken die Daten an die lagerhausgroßen CNC-Maschinen von Scaled, wo die Formen dann maschinell hergestellt werden. Schließlich legen sie Glas- und Kohlefasermatten über den Schaumstoff und bestreichen sie zum Aushärten mit Harz.

Tagsüber stellen sie Raumschiffe her, und nachts bauen sie mit ihrem Know-how ihre eigenen Traummaschinen. Der Weg vom Hobby zum Industriebetrieb, der zur Gründung von Scaled führte, spielt bei der Firmenkultur immer noch eine zentrale Rolle. Wenn man bei einem Scaled-Ingenieur ein bisschen an der Oberfläche kratzt, taucht darunter ein Hobbybastler auf. Ihre Garagen stehen nur wenige Hundert Meter von ihrer Fabrik entfernt.

Der berufliche Aufstieg eines Scaled-Ingenieurs führt in der Regel über ein Hobbyprojekt. Um Projektleiter in der Firma zu werden,

muss man erst unter Beweis stellen, dass man ein solches Projekt auch leiten kann. Wie macht man das beim ersten Mal? Mit einem eigenen Projekt. Scaled-Ingenieure gewinnen die Anerkennung ihrer Kollegen durch Eigenbauten. Wenn es um das Vertrauen der Kollegen geht, zählt eine Maschine, die nach eigenen Entwürfen gebaut und geflogen wird, weit mehr als jeder akademische Titel. In den angemieteten Hangars wird nicht nur an einer Nebenbeschäftigung gebastelt, sondern auch an der Karriere. Die Hangars sind Versuchslabore für neue Ideen und Testanlagen für neue Verfahren. Durch die Verbindung zu den Garagen hält Scaled seine Führungsposition.

Die DIY-Firmenkultur von Scaled Composites geht auf Rutan selbst zurück. Er wurde 1943 geboren und verbrachte seine Teenagerjahre mit selbst entworfenen Modellflugzeugen und damit, Wettbewerbe zu gewinnen. Er fand heraus, wie man ein Modellflugzeug im Schwebeflug halten konnte – es stand dabei praktisch still, hing nur an seinem Propeller in der Luft, während Rutan per Fernsteuerung den Motor steuerte. Mit diesem Trick war er nicht zu schlagen. Er machte Punktlandungen auf Modellflugzeugträgern und gewann jeden Wettbewerb im Langsamflug haushoch: Sein Flugzeug hing in der Luft, während die Sekunden verstrichen und sich die Preisrichter ratlos am Kopf kratzten, weil sie nicht wussten, wie sie mit dem Jungen und seinen technischen Trickereien umgehen sollten.

Für kurze Zeit arbeitete er in der Luftfahrtindustrie am F-4-Phantom-Jet aus der Zeit des Vietnam-Kriegs und ein paar Schwebeflugzeugen im Versuchsstadium. Ihn faszinierte zunehmend die Vorstellung, dass auch Amateure Hochleistungsflugfahrzeuge bauen und fliegen könnten. Der Überschallflug hatte die moderne Luftfahrt verändert, aber die meisten zivilen Flugzeuge waren zahme und langsame Modelle, die sich seit den Tagen des »Goldenen Zeitalters« der zivilen Luftfahrt zwischen den Weltkriegen kaum verändert hatten. Rutan mochte vor allem die Kampffjets mit Deltaflügeln, mit ihren »Canard«-Flügeln vorn statt des üblichen Höhenleitwerks am Rumpf. Der Vorteil solcher Canards besteht darin, dass der Luftstrom darunter früher abreißt als unter den Haupttragflächen. Wenn das Flugzeug zu langsam fliegt oder mit der Nase zu weit oben, verliert der Canard-Flügel als erster an Auftrieb, die Nase des Flugzeugs

senkt sich und das Flugzeug wird wieder in eine kontrollierte Fluglage zurückgeführt.

Rutan gründete die Rutan Aircraft Factory (RAF) und entwarf mehrere bahnbrechende Amateurflugzeuge, angefangen bei der VariViggen (inspiriert vom schwedischen Viggen-Kampffjet) bis zur VariEze-Serie von Selbstbaumodellen, die die zivile Luftfahrtindustrie durch die verwendeten Verbundwerkstoffe und vergleichsweise einfachen Konstruktionen revolutionierten. Seine Konstruktionen waren einfach zu bauen, flogen schnell und effizient, und sie waren sicher und zuverlässig. Außerdem sahen sie unglaublich cool aus. Wenn die Blütezeit der Flugschauen in den Jahren vor dem Zweiten Weltkrieg das Goldene Zeitalter der zivilen Luftfahrt war, dann war das Goldene Zeitalter der DIY-Luftfahrt in den späten 1970er- und frühen 1980er-Jahren, als Rutans Konstruktionen moderne Materialien und Aerodynamik für alle zugänglich machten.

Am Ende erwies sich der DIY-Markt jedoch als zu große Herausforderung, und Rutan stellte den Betrieb von RAF ein. Er konzentrierte sich stattdessen auf Scaled Composites, die Firma, die er gegründet hatte, um Luftfahrzeuge für Kunden aus Wirtschaft und Militär zu entwickeln. Das Hauptproblem des damaligen Eigenbaumarktes bestand darin, dass die meisten Firmen nur Baupläne verkauften, keine Bausätze. Manche Pläne kosteten nur 25 Dollar, aber die Selbstbauer erwarteten dadurch einen jahrelangen Kundenservice, an den sie sich mit ihren Fragen und Bitten um Hilfe wenden konnten. Mit anderen Worten: Es war ein schreckliches Geschäft.

Als die Firmen dann schließlich auf die Produktion von Bausätzen umstellten, standen sie vor all den üblichen Problemen der Luftfahrtindustrie: Werkzeugbestückung, Beschaffung von Einzelteilen und gesetzliche Haftpflicht. Doch sie verkauften nicht Hunderte von Flugzeugen für Millionen Dollar pro Stück, sondern nur Dutzende für wenige Zehntausend Dollar pro Stück. Der Markt war winzig, aber die Risiken riesig. Von Rutans erfolgreichstem Selbstbaumodell, dem VariEze, wurden insgesamt keine 800 Stück verkauft. Ein einziger Kunde von Scaled Composites brachte mehr Profit ein bei sehr viel weniger Scherereien. Rutans Wurzeln lagen zwar in der DIY-Bewegung, aber aus wirtschaftlicher Sicht war es unwiderstehlich, im Geheimen für große Unternehmen und im Auftrag der

Regierung fortschrittliche Flugzeuge zu entwickeln. Rutan wollte lieber bahnbrechende Flugzeuge entwickeln als die unersättliche Nachfrage nach Bausätzen befriedigen.

Scaled Composites gehört heute der Northrop Grumman Corporation. Für jedes Vorzeigeprojekt wie SpaceShipOne wird ein Marschflugkörper oder eine Tarnkappendrohne für das Verteidigungsministerium entwickelt. Die DIY-Wurzeln existieren noch in den Nebenprojekten der Scaled-Ingenieure in ihren privaten Hangars neben der Flugpiste des Flughafens von Mojave. Aber das Unternehmen selbst ist inzwischen ein Hochsicherheitsbetrieb.

Rutans Karriere ist ein anschauliches Beispiel sowohl für das Potenzial als auch für die Grenzen der Maker-Bewegung. Er eröffnete durch die demokratisierte Technologie der Verbundstoffe Amateuren einen Zugang zu den neuesten Entwicklungen in der Luftfahrt. Aber die Einstiegsbarrieren zum bemannten Flug, von den Kosten für den Flugzeugbau bis zur Gefahr von Rechtsstreitigkeiten, erwiesen sich am Ende immer noch als zu hoch, um das bestehende Modell der Luftfahrtindustrie infrage zu stellen.

Flugzeuge transportieren Menschen, und daher müssen sie endlose behördliche und rechtliche Prüfverfahren durchlaufen, die viel Zeit und Geld kosten. Das können sich nach wie vor nur die großen Flugzeughersteller leisten, und deshalb gehört Scaled inzwischen auch einem von ihnen. Rutan selbst ist ein glücklicher Maker, reich und im Ruhestand.

## Der Long Tail von Lego

Will Chapman ist heute das, was Rutan früher war, als er voller Begeisterung aus seinem Hobby eine Firma machte. Chapman hat drei Söhne, die von Lego besessen waren, bis sie etwa acht Jahre alt waren. Dann begannen sie, wie viele Jungen ihres Alters, lieber mit Spielzeugsoldaten zu spielen, und das konnte Lego nicht bieten. Lego ist ein familienorientiertes Unternehmen und hat strenge Grundsätze in Bezug auf Waffen. Mit ein paar wenigen Ausnahmen stellt Lego keine Waffen des 20. Jahrhunderts her. Historisch ältere Waffen wie Schwerter und Katapulte gibt es von Lego, aber M16-Schnellfeuergewehre oder moderne Panzerfäuste sucht man

bei Lego vergeblich. Auch Waffen aus einer fantastischen Zukunft gibt es, Laserblaster und Plasmakanonen, aber keine Maschinengewehre oder Bazookas aus dem Zweiten Weltkrieg.

Als Firmenpolitik ist so etwas natürlich völlig in Ordnung, aber es führt dazu, dass Lego viele Kunden im Alter von zehn Jahren verliert, wenn sie in ihre Kriegsspielphase kommen. So war es auch bei Chapmans Söhnen. Im Jahr 2006 wollte der Jüngste eine Schlacht aus dem Zweiten Weltkrieg nachstellen und war enttäuscht, weil er es mit den Lego-Figuren, die er hatte, nicht konnte.

Damit hätte die Geschichte zu Ende sein können, aber Chapman ist ein Maker. Im Keller seines Hauses in Redmond, Washington, steht eine kleine CNC-Fräse, und er kann mit CAD-Software umgehen. Also begann er, moderne Gewehre in Lego-Größe zu entwerfen. Und weil er es konnte, stellte er sie auch gleich her.

Dazu schickte er zunächst die Daten an seine Desktop-CNC-Maschine, eine für unter 1000 Dollar erhältliche Taig-2018-Fräse, die aus zwei Blöcken Flugzeugaluminium die Hälften der Gießform fräste. Dann legte er die Gießformen in seine manuelle Spritzgießmaschine, bei der Kunststoff mit ganz normalem Propan geschmolzen wird, wie man es vom Campingkocher kennt. Über einen Hebel ähnlich dem einer Wasserpumpe wird der geschmolzene Kunststoff dann in die Form gedrückt. Um denselben ABS-Kunststoff verwenden zu können wie das Original, schmolz Chapman echte Lego-Stücke ein.

Nach einigen Versuchen und Korrekturen hatte er ein paar schöne Prototypen, darunter ein M1-Infanteriegewehr und ein Scharfschützengewehr. Sein Sohn war beeindruckt, und so stellte er ein paar mehr her und verteilte sie an andere »erwachsene Lego-Fans«. Sie wollten mehr davon, und er richtete schließlich eine Website ein, um sie zu verkaufen.

Heute wagt sich seine Firma BrickArms auf ein Territorium vor, das dem dänischen Spielzeugriesen zu heiß war: schwere Waffen im Lego-Format, von AK-47 bis Splittergranaten, die aussehen, als seien sie direkt *Halo 3* entsprungen. Die Teile sind komplizierter als die normalen Lego-Artikel, aber sie werden in derselben Qualität hergestellt und online an Tausende Lego-Fans verkauft, sowohl Kinder als auch Erwachsene, die coolere Szenen nachstellen wollen, als mit den Standardpaketen möglich ist.

Lego ist ein Industriebetrieb mit einem Designerteam in einer hochgesicherten Anlage in Billund, Dänemark. Die Ingenieure entwickeln Prototypen und lassen sie dann in speziellen Werkstätten herstellen. Wenn die Prototypen auf Zustimmung stoßen, werden Artikel in riesigen Spritzgießanlagen produziert. Die einzelnen Teile werden zu Paketen zusammengefasst, und die Pakete müssen in monatelanger Arbeit auf Spieltauglichkeit getestet werden, Verkaufspreise müssen kalkuliert werden, und die Pakete müssen ausgeliefert und inventarisiert werden, bevor sie bei Target oder Walmart verkauft werden können. Dieses Ziel erreichen nur Teile, die sich millionenfach verkaufen lassen.

Chapman arbeitet mit anderen Größenordnungen. Er entwirft seine Waffen immer noch mit CAD-Software und stellt die Prototypen mit seinem Desktop-Fabber her. Wenn er mit dem Aussehen der Teile zufrieden ist, schickt er die Datei an einen örtlichen Werkzeugmacher, der Gießformen aus rostfreiem Stahl herstellt. Ein Spritzgießbetrieb in den Vereinigten Staaten stellt dann damit Chargen mit wenigen Tausend Stück her.

Warum lässt Chapman die Teile nicht in China produzieren? Das könnte er, sagt er, allerdings würde das dazu führen, dass »die Produktion der Gießformen länger dauern würde; die Kommunikation wäre schleppend und der Kunststoff von unterdurchschnittlicher Qualität« (sprich billig). Außerdem meint er: »Wenn die Gießformen in China hergestellt werden, wer weiß, was dann mit ihnen geschieht, wenn sie nicht für die eigene Produktion gebraucht werden? Sie könnten dazu benutzt werden, um Teile für einen Sekundärmarkt herzustellen, von dessen Existenz Sie nicht einmal etwas wissen.« Chapmans drei Söhne verpacken die Teile, die er direkt verkauft. Inzwischen verkauft BrickArms auch über Vertriebshändler in Großbritannien, Australien, Schweden, Kanada und Deutschland. Chapman arbeitete 17 Jahre lang als Softwareingenieur, aber die Geschäfte mit BrickArms liefen so gut, dass er im Jahr 2008 kündigte. Inzwischen verdient er mit dem Verkauf von Lego-Waffen genug für ein komfortables Leben für seine fünfköpfige Familie. »An einem schlechten Tag verdiene ich mit BrickArms mehr, als ich jemals als Softwareingenieur verdient habe.«

Wie steht Lego dazu? Die Firma findet es sogar gut. Es gibt inzwischen viele andere kleine Firmen wie BrickArms, zum Beispiel Brick-

Forge oder BrickStix, die alles Mögliche herstellen, von individuellen Action-Figuren bis zu Aufklebern, mit denen man offizielle Lego-Figuren verändern kann. Diese Firmen *ergänzen* mit ihrem Angebot den dänischen Riesen.

Damit lösen sie gleich zwei Probleme für Lego: Erstens stellen sie Produkte her, die nie in den Mengen gekauft würden, die eine volle Produktion durch Lego rechtfertigten, aber von den anspruchsvollsten Lego-Kunden dennoch nachgefragt werden. Dies ist der »Long Tail von Lego«, und einen solchen Nischenmarkt gibt es bei Plastikspielzeug genauso wie bei Musik und Filmen. Die vielen Kleinfirmen, die Lego umkreisen wie Planeten eine Sonne, füllen gemeinsam die Lücken im Markt, sodass Lego sich weiterhin auf die Kassenschlager konzentrieren kann, die die Firma bei ihrer Größe braucht.

Zweitens halten Firmen wie BrickArms dadurch, dass sie Produkte speziell für ältere Kinder herstellen, diese Kinder einige Jahre länger in der Lego-Welt, von acht oder zehn Jahren möglicherweise bis zwölf. Das erhöht die Chance, dass sich aus dem spielerischen Umgang eine echte Obsession mit Lego entwickelt, die sich vielleicht bis ins Erwachsenenalter hält (kein Witz – Bausätze für berühmte Gebäude aus der »Architektur«-Reihe von Lego werden in Buchhandlungen und Museumsshops für 100 Dollar das Stück verkauft). Diese Erwachsenen kaufen dann die aufwendigeren Bausätze, etwa den Todesstern oder den Sternenerstörer aus *Star Wars*, die beide aus über 3000 Teilen bestehen und 400 Dollar kosten.

Daher ignoriert Lego den Schwarm von Zubehör Anbietern, solange sie keine Markenrechte verletzen und immer einen Hinweis beifügen, dass scharfkantige oder leicht zu verschluckende Spielzeuge von kleinen Kindern fernzuhalten sind. Stattdessen hat Lego sogar informelle Leitlinien herausgegeben, in denen steht, welche ungiftigen Kunststoffe am besten geeignet sind und dass Löcher in Teile gebohrt werden sollten, die leicht verschluckt werden können, um die Erstickungsgefahr zu verringern.

BrickArms und Konsorten sind Beispiele dafür, wie Maker-Firmen Nischenmärkte bedienen, die von der herkömmlichen Massenproduktion nicht vollständig abgedeckt werden.

Das Industriemodell des 20. Jahrhunderts war für den Massenmarkt optimiert. Aber zumindest aus der Sicht des 21. Jahrhunderts

hatte das auch seine Nachteile. Henry Fords leistungsfähige Verfahren zur Massenfertigung mit standardisierten austauschbaren Teilen, Fertigungslinien und einförmigen Arbeiten waren unschlagbar wirtschaftlich und brachten den einfachen Konsumenten hochwertige Waren. Aber das System war auch tyrannisch – »jede Farbe, solange sie schwarz ist« – und unflexibel. Die Preisunterschiede zwischen Produkten aus kleinen und jenen aus großen Serien waren so riesig, dass die meisten Käufer sich entscheiden mussten, ob sie bezahlbare Produkte haben wollten oder eine große Auswahl. Beides ging nicht, und die billigen, massenproduzierten Produkte schlugen die Auswahl jedes Mal.

Die langen Rüstzeiten der Maschinen in der Massenproduktion führten dazu, dass Produkte mehrere Jahre bevor sie in den Handel kamen, entwickelt werden mussten, und die Entwicklungskosten stiegen, als die Konsequenzen von Fehlentwicklungen in der Massenproduktion immer größer wurden. (Bestes Beispiel hierfür ist der Edsel, ein Auto, das die Innovationen bei Ford um Jahrzehnte zurückwarf.) Das ist heute immer noch so: Der örtliche Möbelschreiner kann nur mit IKEA konkurrieren, indem er an die Wohlhabenden verkauft. Mit jedem Billy-Regal da draußen (und ich habe selbst einige) sagt der Markt, dass er auf eine Auswahl unter verschiedenen Regalen pfeift, wenn er dafür mehr zahlen muss.

Eine schwerwiegendere Folge des Siegeszugs der Massenproduktion war der Niedergang der Kleinindustrie. Wie im Einzelhandel, wo die örtlichen Fachhändler von Wal-Mart verdrängt wurden, verdrängten (oder übernahmen) die Big Five aus Detroit in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Dutzende von Autoherstellern. Dasselbe geschah in der Textil- und Keramikbranche, der Metallwarenindustrie, in der Sportausrüstung und zahllosen anderen Industriebranchen. Sie alle erlagen dem Lockruf der Niedriglöhne im Ausland, während im Inland zur selben Zeit der Lohndruck die Beziehungen zu den Gewerkschaften immer weiter vergiftete.

Viele kleinere Betriebe verloren den Konkurrenzkampf zu Recht: Ihre Produkte waren nicht besser als die importierten Waren, und ihre Kosten waren nicht wettbewerbsfähig. Aber andere mussten aufgeben, weil sie ihre Vertriebskanäle zu den wenigen Konsumenten verloren, die ihre speziellen Waren (oder einfach heimische Produkte) noch haben wollten. Der zermürbende Wettbewerb um die

niedrigsten Preise bei den großen Handelsketten erschwerte das Aufspüren von Nischenwaren immer weiter.

Ein halbes Jahrhundert später haben sich zwei Dinge geändert: Dank der Desktop-Fabber und durch den vereinfachten Zugang zu Produktionskapazitäten kann jeder mit einer Idee Geld mit der Herstellung materieller Waren verdienen. Und zweitens kann auch jeder, dank des Internets, seine Waren weltweit verkaufen. Die Einstiegsbarrieren für Unternehmer in die Produktion materieller Waren sinken rasant.

»Märkte der 10 000« beschreibt eine erfolgreiche Nischenstrategie für Produkte und Dienstleistungen im Internet. Die Zahl ist groß genug, um ein Unternehmen darauf aufbauen zu können, aber klein genug, um sich auf das Wesentliche konzentrieren zu können und größere Konkurrenz zu vermeiden. Es geht dabei um die fehlenden Teile in der Massenfertigung, die Dunkle Materie im Markt – den Long Tail der Dinge. Hier bieten sich Gelegenheiten für kleinere, beweglichere Firmen, die aus eben jenem Markt heraus entstehen, den sie bedienen, und die mithilfe der neuen Werkzeuge einer demokratisierten Fertigung die alten Barrieren in Handel und Produktion umgehen können.

Besser noch, manche Firmen, die in kleinen Nischenmärkten beginnen, können zu großen Unternehmen heranwachsen.

## Die ultimative Kombination aus Atomen und Bits

Zu Beginn des Jahres 2009 hätte man bei einem Besuch im Tech-Shop, einem Makerspace in Menlo Park südlich von San Francisco, einen großen, recht schlaksigen Typ namens Jim McKelvey getroffen, der an einer Werkbank mit einem kleinen Stück Plastik herumhantierte. Allem Anschein nach war er nur einer von vielen, die sich im Umgang mit der CNC-Maschine übten, wenn auch mit einem besonders unscheinbaren kleinen Projekt. Niemand ahnte damals, was dieser kleine Plastikwürfel eines Tages bewirken sollte.

McKelvey war damals 43 Jahre alt und ein Technologieunternehmer aus St. Louis. Im Jahr 1990 hatte er eine der ersten Digital-Publishing-Firmen gegründet, Mira, die während der ersten Multi-mediatech-Welle von CD-ROMs und Online-Daten vor der Internetära

erfolgreich war. In jenen aufregenden frühen 1990er-Jahren trafen er und sein Team sich häufig in einem örtlichen Café zum Brainstorming. Eines Tages erzählte die Besitzerin des Cafés, Marcia Dorsey, dass ihr Sohn sich für Computer interessierte und nach einem Praktikumsplatz suchte. McKelvey lud ihn zu einem Gespräch in die Büros von Mira ein.

Am vereinbarten Termin saß McKelvey über seine Tastatur gebeugt bei dem verzweifelten Versuch, einen Abgabetermin noch einzuhalten, als ihm ein Jugendlicher auf die Schulter tippte und sagte: »Hi, ich bin Jack. Meine Mom sagte, Sie brauchen Hilfe.« McKelvey blickte überrascht auf (er hatte den Termin vergessen), sagte: »Hi. Könnten Sie kurz warten, bis ich das hier fertig habe?«, und machte sich wieder an die Arbeit.

30 Minuten später fiel McKelvey ein, dass er seinen Besucher komplett vergessen hatte. Er sah auf, und zu seiner Überraschung stand Dorsey immer noch an genau derselben Stelle mit an der Seite herabhängenden Armen. Er hatte sich eine halbe Stunde lang nicht gerührt und kein Wort gesagt. Das war ungewöhnlich, sogar für einen Programmierer.

Allerdings war es genauso ungewöhnlich für McKelvey, dass er den Jungen völlig vergessen hatte. (Dorsey erklärte zu seiner Verteidigung, er habe sich bestens damit unterhalten, McKelvey über die Schulter zu sehen und nach dem Fehler in seinem Programmcode zu suchen.) Aber es bedeutete nur, dass sie gut zusammenpassten. McKelvey ist bekannt für seine Eigenarten. Unter anderem verbrachte er drei Jahre damit, sich den dritten Satz von Beethovens »Mondscheinsonate« beizubringen, das bis heute einzige Stück, das er auf dem Klavier spielen kann.

McKelvey mochte Dorsey, und er stellte ihn auf der Stelle ein. Mit der Zeit entwickelten die beiden eine gute und erfolgreiche Beziehung zueinander, zwei der schlauesten Computerfreaks in St. Louis, einer zehn Jahre älter als der andere. McKelvey lockte Dorsey langsam aus der Reserve, und Dorsey verblüffte alle mit seinen Programmierkünsten.

Schließlich verkaufte McKelvey Mira und wandte sich der Glasbläserei zu, ein Jugendtraum von ihm, und er beschloss, ein wahrer Experte auf diesem Gebiet zu werden (mehr davon gleich). Dorsey zog nach Oakland und schloss sich einem kleinen Internet-Start-up

namens Odeo an, das sich mit Podcasting-Software einen Namen machen wollte.

Ein Jahr verging, Apple integrierte seine eigene Podcasting-Software in iTunes, und Odeo war offensichtlich in Schwierigkeiten. Der Firmengründer, Evan Williams, erkundigte sich bei den Angestellten, ob einer von ihnen eine andere Geschäftsidee hätte. Dorsey hatte zufällig eine: Es ging dabei um ein Konzept, das er einige Jahre zuvor entwickelt hatte, und bei dem es um Status-Updates in Echtzeit ging. Er hackte gemeinsam mit seinen Odeo-Kollegen Noah Glass und Florian Weber sowie einem bezahlten Programmierer ein Stück Software zusammen, das es Menschen erlaubte, Nachrichten im SMS-Stil an andere Nutzer zu senden, die sich als »Followers« angemeldet hatten. Sie nannten diesen Dienst Twttr. Williams und dem Rest des Teams gefiel die Sache. Sie gaben Odeo auf, verteilten das verdiente Geld an ihre Investoren und begannen mit dem Twttr-Konzept eine neue Firma. Sie nannten sie Twitter. Der Rest ist, wie es so schön heißt, Geschichte.

Dorsey hatte es endlich geschafft. Aber Williams leitete Twitter, und Dorsey wollte seine eigene Firma. Er kontaktierte seinen früheren Chef, McKelvey, und sie beschlossen, gemeinsam eine neue Firma zu gründen. Sie hatten ein paar Ideen, worum es dabei gehen sollte, am liebsten irgendwie um Handys. Aber Dorsey hatte eine Wettbewerbsvereinbarung unterschrieben und durfte nichts machen, das Twitter auch nur irgendwie ähnelte. Das schloss ziemlich viel aus (McKelvey kommentierte das trocken mit: »Twitter hat noch viel vor«). Also suchten sie nach einem anderen großen Problem, das sie lösen konnten.

McKelvey erzählte, er habe damals gerade Probleme gehabt, den Verkauf eines Glasprodukts übers Telefon abzuschließen. Eine Frau in Panama wollte einen Wasserhahn aus Glas, der über 20 000 Dollar kostete, für ihr Badezimmer kaufen, aber sie hatte nur eine American-Express-Karte, die McKelvey nicht annehmen konnte. Er befürchtete schon, die Beschränkungen der Kreditkartenindustrie würden ihm dieses Geschäft verderben. Und in diesem Moment wusste er plötzlich, was seine und Dorseys Firma machen sollte: Das Bezahlsystem revolutionieren.

Diese Idee führte ihn mit seinem Plastikwürfel schließlich in den TechShop. Dieser kleine Plastikwürfel enthielt ein Lesegerät für Kre-

ditkarten (ein Magnetkopf aus einem Kassettenrekorder), das man in die Audiobuchse eines iPhones einstecken konnte. Wenn jemand eine Kreditkarte durch das Gerät zog, wurde ein Tonsignal erzeugt, das die Software im Handy erkannte, in verwertbare Daten übersetzte und an eine Website verschickte, wo der Bezahlvorgang per Kreditkarte eingeleitet wurde. Dadurch ersetzte das Telefon ein klobiges und teures Kassenterminal. Jeder konnte überall Kreditkarten als Zahlungsmittel annehmen. Man brauchte dazu nur ein Handy und dieses kleine Lesegerät aus Plastik. McKelvey und Dorsey nannten ihre neue Firma Square, weil ihr kleines Gerät eben quadratisch war.

Anders als die bisherigen Firmen von McKelvey und Dorsey verband Square Hardware und Software. Der kleine Stecker fürs Handy stand für die Atome, und die Handy-App und die Webdienste, die darauf aufsetzten, waren die Bits. Damit waren sie in der Elektroindustrie angekommen, ob es ihnen gefiel oder nicht.

Dorsey gefiel es nicht. Er war Programmierer und überzeugt, dass das Problem auch allein durch Software gelöst werden konnte, indem man die Nummern von der Kreditkarte über die Handycamera einlas. Das war jedoch leichter gesagt als getan. »Das stellte sich sogar als richtig schwierig heraus«, sagt McKelvey. »Wenn man die Karte nicht im genau richtigen Winkel vor die Kamera hält, sind die Zeichen nicht lesbar.« Die beiden gerieten darüber in Streit und brachten immer technischere Argumente vor, warum ihre jeweilige Lösung die bessere war. McKelvey sah nur eine Möglichkeit: »Ich musste den Prototyp der Hardware bauen, um ihn davon zu überzeugen, dass Hardware die bessere Lösung war.«

Also ging McKelvey in den TechShop und baute mehrere Testgeräte des Kreditkartenlesers. Tatsächlich hatte er schon ein paar Monate zuvor damit begonnen in der Studentenwerkstatt der Washington University in St. Louis, wo er Glasbläserei unterrichtet. Aber Dorsey und Square waren in San Francisco, und um den Streit zu gewinnen, war McKelvey ins Silicon Valley gekommen, um seinem Gerät den letzten Schliff zu geben.

Die ersten Square-Geräte waren handgemacht. Die nächsten stellte McKelvey mit den CNC-Maschinen im TechShop her, die er direkt mit G-Code fütterte (statt die Geräte in einem CAD-Programm zu entwerfen). Jede Version war kleiner und eleganter als die

vorherige. Schließlich war Dorsey überzeugt: Sie würden es mit der Hardware versuchen. Ihr Plan war, Hunderttausende Square-Lesegeräte zu verschenken und das Geld dafür über eine Beteiligung an den Transaktionsgebühren wieder hereinzubekommen, ähnlich wie bei einem Kreditkartenunternehmen. So konnten sie riesige Stückzahlen der Square-Lesegeräte für weniger als einen Dollar pro Stück herstellen. Sie mussten praktisch unzerstörbar und idiotensicher sein. Bei den Größenordnungen, mit denen Square arbeiten musste, konnte ein mechanisches oder elektrisches Problem mit den Lesegeräten die Firma in den Bankrott treiben.

McKelvey wollte selbst und direkt Erfahrungen mit dem Gerät sammeln, und daher stellte er die ersten Prototypen selbst im Tech-Shop her, obwohl er von dieser Art Hardwarekonstruktion kaum Ahnung hatte. Wenn das Unternehmen Millionen dieser Dinge verteilen wollte, sollten sie auch richtig funktionieren. Sie waren das Zugangstor der Kunden zu ihrem Service und die physische Repräsentation der Firma. Das Design und die Produktion an einen Auftragshersteller auszulagern wäre billiger und einfacher gewesen, aber auch riskanter. Wie sollten sie sich für ein Design oder einen Hersteller entscheiden, wenn sie ihr eigenes Produkt nicht richtig verstanden? Daher wollte er die ersten Exemplare selbst herstellen, und jeden Bestandteil kennenlernen, innen wie außen.

*»Ich baute 50 von diesen Dingen von Hand. Das kann man mit nichts vergleichen«, sagt McKelvey. »Ich weiß jetzt, was Azimutfehler und Torsionsfehler sind. Die Erfahrung, die Maschine herzustellen und sie direkt unter Kontrolle zu haben, ist ein wichtiger Faktor. Wenn man es mit eigenen Augen sieht, wie beim Spritzgießen die Gussnaht entsteht, dann versteht man, warum es wichtig ist, in welche Richtung man die Spritzeinheit bewegt, wenn man auf Nachdruck umschaltet, um die Schwindung auszugleichen. Ich musste es selbst machen, um die unmittelbare Erfahrung damit zu sammeln. Sonst hätten wir ein klobiges, gemeinschaftlich entworfenes Produkt bekommen. Es hätte länger gedauert, wäre teurer gewesen, und es wäre nicht so cool geworden.«*

Für die Massenproduktion suchte McKelvey zunächst in seinem heimischen St. Louis nach einem geeigneten Spritzgießbetrieb, aber

keine Firma dort konnte mit dem Auftragsvolumen umgehen oder die Preisvorgaben umsetzen. Also flog er nach China. In Guangdong arbeitete McKelvey die letzten Feinheiten mit einem Ingenieur aus, der kein Englisch sprach. Die beiden arbeiteten bis drei Uhr nachts mit einer veralteten Version des CAD-Programms SolidWorks (die neueste Version von SolidWorks, die in chinesischen Fabriken benutzt wurde, war die von 2007, als die Firma härter gegen Raubkopierer durchgriff). Er hatte den Weg vom Maker zum Industriellen vollendet.

Heute ist Square Schätzungen zufolge mehrere Milliarden Dollar wert und hat mehrere Millionen Kunden. Die Firma hat ihren Geschäftsbereich von einzelnen Transaktionen per Telefon ausgeweitet auf vollständige Kassenterminals auf iPad-Basis und macht dadurch Branchenriesen für Kassensysteme wie NCR Konkurrenz. Das Kreditkartenunternehmen Visa hat in Square investiert, weil das Unternehmen in Square denselben Ehrgeiz erkennt, eine globale Bezahlplattform zu werden, die auf das Handyzeitalter abgestimmt ist, wie Visa es für das Kunststoffzeitalter war. Dorsey ist als Vorstandsvorsitzender zu Twitter zurückgekehrt und leitet die Firma vormittags. Nachmittags und bis spät in die Nacht leitet er Square. Man muss nur die Zahl der Arbeitsstunden vergleichen, um zu wissen, wo seine Prioritäten liegen. Sein Vermögen steckt zum größten Teil in Twitter, das sogar noch mehr Milliarden Dollar wert ist als Square, aber sein Herz hängt an der Neuerfindung des Bezahlsystems.

Treffenderweise befinden sich die Square-Geschäftsräume im vormaligen Gebäude des *San Francisco Chronicle*, einem Symbol industrieller Macht im 20. Jahrhundert. Früher liefen hier Tag und Nacht riesige Druckerpressen, und ganze Flotten von Lastwagen lieferten riesige Papierrollen, die in Zeitungen verwandelt wurden. Die Zeitungen sind im Niedergang begriffen, die Druckerpressen verschwunden, und die Gewerbefläche wird von Internet- und Maker-Firmen in Besitz genommen. In einem anderen Teil des Gebäudekomplexes, in dem früher Papierrollen gelagert wurden, hat TechShop seine San-Francisco-Filiale eröffnet, und jeden Tag drängen sich dort Menschen wie McKelvey und stellen etwas her, von dem sie hoffen, es könne das nächste große Ding werden.

McKelvey ist immer noch im Vorstand von Square, aber er verbringt den Großteil seiner Zeit in St. Louis. Dort lehrt und praktiziert

er die Glasbläserei, die zufällig auch mit seinem Maker-Moment im TechShop zu tun hat.

Die Verbindung besteht darin, dass die Glasbläserei ihren eigenen Maker-Moment vor 30 Jahre erlebte. Für Glaskunst gelten seit 2000 Jahren dieselben Regeln. Um die richtige Formbarkeit bei Glas zu halten, sind hohe und vor allem konstante Temperaturen notwendig. Dazu braucht man riesige Öfen mit Keramikwänden, die die Hitze speichern und für eine gleichmäßige Wärmeverteilung sorgen. Es dauert vier Tage, bis ein Glasofen Betriebstemperatur erreicht, und er darf niemals abkühlen, weil sonst die Wände Risse bekommen. Man muss konstant nachheizen. Das sei der Grund, sagt McKelvey, warum es in der Gegend um Venedig keine Wälder gibt. Die Bäume wurden alle für venezianisches Glas verbrannt.

Für die Glasherstellung brauchte man immer schon Anlagen im industriellen Maßstab, wie jene, in denen heute Tiffany-Lampen hergestellt werden. Aber wie bei allen Industrieanlagen können auch dort nur solche Mainstream-Produkte hergestellt werden, die für eine Fabrik wirtschaftlich sind. Die Kreativität wurde eingeschränkt durch die Notwendigkeit, große Stückzahlen verkaufen zu müssen.

Aber in den frühen 1960er-Jahren entdeckten zwei Glaskünstler, Harvey Littleton und Dominick Labino, die Rezeptur für Niedertemperaturglas, und sie erfanden einen kleinen propanbetriebenen Ofen, um es zu schmelzen. Jetzt konnte ein einzelner Mensch Glas bearbeiten mit einer Ausrüstung, die sich kleine Ateliers oder Kulturzentren leisten konnten.

Das entsprach dem Laserdrucker des PC-Zeitalters oder dem Lasercutter und 3-D-Drucker von heute. Billigere, kleinere und leistungsfähigere Werkzeuge ermöglichten normalen Menschen immer anspruchsvollere Tätigkeiten. Diese Erfindungen demokratisierten in den 1960er-Jahren die Produktionsmittel, die zur Geburt einer lebendigen Glaskunstbewegung führten, deren Teil McKelvey heute ist. Er war Vorsitzender der weltweit größten Vereinigung von Glaskünstlern, hat Lehrbücher über das Handwerk geschrieben, und er leitet ein Atelier, die Third Degree Glass Factory in St. Louis.

McKelvey ist ein klassischer Maker, der aus einem einstigen Hobby ein Unternehmen machte. Dieselben Instinkte brachten ihn 20 Jahre später, als er und Dorsey Square gründeten, dazu, die Hard-

ware in Handarbeit selbst herzustellen. Dadurch kam Square als besseres Produkt früher auf den Markt. Sie konnten den Entwurf immer weiter verbessern und kannten seine Stärken und Schwächen genau, weil sie es selbst gebaut hatten.

Heute ist Square derart erfolgreich, dass einige der weltweit größten Zahlungsdienstleister einen Werbefeldzug gegen Square gestartet haben und ihren Kunden von einem Wechsel abraten. VeriFone, ein Hersteller von Kreditkartenlesegeräten für Kassensysteme, hält die Square-Methode für weniger sicher als die eigene. In einer Werbeanzeige der Firma heißt es: »Der Glasbläser hat ihre Kreditkarte gestohlen.« McKelvey liebt diese Anzeige. Sie erinnert ihn an seine Wurzeln – und an die Gefahr, in die sich große Firmen begeben, wenn sie Maker unterschätzen.

## KAPITEL 12

### DIE FABRIK IN DER CLOUD

---

Wenn die Industrie ins Internet geht,  
wird nichts mehr so sein wie vorher.

---

Mitch Free war zum Arbeiter bestimmt und würde es auch kaum zu mehr bringen. Er wuchs in Tyrone im US-Bundesstaat Georgia auf, einer Stadt mit damals gerade 160 Einwohnern. Sein Vater besaß eine kleine Baufirma, und Mitch half aus, wann immer er Lust dazu hatte. Er ging sechs Wochen lang aufs College, bis er beschloss, dass er kein Englischlehrer werden wollte, und abging. Danach schrieb er sich an einer Technikerschule für einen einjährigen Kurs ein und entschied sich spontan für Zerspanungstechnik (der Elektrotechnikkurs, für den er sich eigentlich interessierte, war schon voll). Er war nicht besonders gut darin, aber er schaffte den Abschluss. Danach arbeitete er in einer Maschinenwerkstatt namens Dixie Tool and Die, wo er einen Knopf an einer Stanzmaschine betätigte, die Fensterverkleidungen für Ford-Kleintransporter herstellte. Manchmal polierte er Metallteile von Hand.

Im Jahr 1982 war er 20 Jahre alt, hatte seine Highschool-Freundin geheiratet, und der Rest seines Lebens schien vorgezeichnet.

Dann erkundigte sich sein Chef eines Tages in der Werkhalle nach jemandem, der sich mit CAD/CAM-Design auskannte. Die Ford

Motor Company hatte einen größeren Auftrag an die Werkstatt vergeben und verlangte digitale Daten. Free hatte keine Ahnung von Computern, aber er meldete sich trotzdem. Warum? »Mich langweilte der Beruf, den ich mir ausgesucht hatte«, sagt er. Es hatte sich niemand sonst gemeldet.

Er verschlang einige technische Handbücher und fuhr zur Ford-Anlage in Dearborn, um sich dort erklären zu lassen, was der Autohersteller erwartete. Dann begann er, die Konstruktionspläne der Maschinenwerkstatt den Anforderungen entsprechend zu digitalisieren. Er wurde immer besser darin. Anfangs überarbeitete er den Maschinencode von Hand, dann schrieb er ein Programm dafür. Als er lernte, wie man programmierte, wurde ein Schalter in seinem Kopf umgelegt. Er liebte es. Er hatte endlich seine wahre Berufung gefunden. Northwest Airlines hatte eine Wartungseinrichtung in Atlanta, und die Firma stellte Free 1988 ein, um digitale Kopien von Ersatzteilen für Flugzeuge zu erstellen, die der Hersteller nicht liefern konnte, damit die Fluggesellschaft die Teile bei Bedarf selbst herstellen konnte.

Nach einiger Zeit nannte man ihn bei Northwest den »innovation guy«. Er wurde immer besser im Umgang mit digitalen Werkzeugen und baute sogar eine CNC-Maschine, die automatisch Turbinenschaufeln auf Fehler überprüfen konnte. Er holte alte DC-10 aus der Mottenkiste und richtete sie wieder so her, dass sie nach Israel geflogen werden konnten, wo sie gründlich überholt und mit einem Gewinn von über zehn Millionen Dollar pro Flugzeug an eine Leasingfirma weiterverkauft wurden. Ende der 1990er-Jahre war Free technischer Leiter der Fluggesellschaft, und es wurde deutlich, dass allein das Lieferkettenmanagement darüber entschied, ob eine Fluggesellschaft Erfolg hatte oder nicht, also der Einsatz von Lieferanten weltweit, um die richtigen Teile zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu haben.

Free realisierte, dass es um etwas sehr viel Größeres ging, als nur eine Fluggesellschaft effizient zu führen: Der gesamte industrielle Herstellungsprozess wurde durch die digitalen Technologien völlig neu erfunden. Er nahm das Angebot eines Herstellers von CNC-Maschinen an, übernahm die regionale Verkaufsleitung der Firma und kam dabei auch mit anderen Herstellern in Kontakt. Er fand heraus, dass diese Firmen vor allem eines brauchten, mehr

noch als eine neue CNC-Maschine: Sie mussten miteinander reden. Also veranstaltete er Geschäftsessen. Dann, eines Tages im Jahr 1999, er kam gerade von einem solchen Essen, hörte er im Radio einen Werbespot von LendingTree.com: »Schreiben Sie Ihre Hypothek aus. Lassen Sie die Kreditgeber gegeneinander antreten.« Er wusste sofort, dass er dasselbe für industrielle Produktion anbieten sollte.

Free erwarb die Domain »MFG.com« für 2000 Dollar, und im Jahr 2000 startete er einen Online-Marktplatz für industrielle Produktion. Die Idee war einfach: Firmen, die etwas herstellen lassen wollten, stellten ihre CAD-Daten auf der Website ein, fügten eine Beschreibung bei über die gewünschten Stückzahlen und alle weiteren notwendigen Anweisungen, und Werkstätten und andere Hersteller gaben ihre Angebote für den Auftrag ab, wie sich die Kreditgeber bei LendingTree für die Vergabe von Hypotheken bewarben. Die Firmen erhielten Bewertungen, und Lieferanten mit sehr guten Bewertungen mussten dann nicht mehr unbedingt die billigsten sein, um Aufträge zu bekommen.

Das war natürlich keine übermäßig originelle Idee. Etwa zur selben Zeit entstanden alle möglichen anderen »Business-to-Business«- oder B2B-Marktplätze, die Ariba, VerticalNet und Commerce One hießen (oder Namen mit »e« am Anfang hatten, von eMetals bis eTextiles), in allen Branchen, von Autos bis Kunststoff. Sie alle wurden vom Traum des »reibungsfreien digitalen Kapitalismus« angetrieben, wie Bill Gates es in seinem Buch *Der Weg nach vorn* genannt hatte, und sie alle wollten das Lieferkettenmanagement revolutionieren. Viele versuchten es mit einem auf Rückwärtsauktionen basierenden Modell wie eBay, um die Preise zu drücken. Andere repräsentierten mehrere Großekäufer einer Branche, die sich zusammenschlossen, um eine ähnlich große Kaufkraft zu erreichen wie Wal-Mart. (In diesem Zusammenhang benutzte ich in *The Economist*, soweit ich weiß als Erster, den Begriff Polyopson für ein Monopol von vielen Käufern. Darauf bin ich aus unerfindlichen Gründen stolz.)

Im Februar 2000, als MFG.com an den Start ging, gab es bereits über 2500 solcher B2B-Märkte im Internet.<sup>49</sup> Dann brach der Markt zusammen, und im Jahr 2004 waren weniger als 200 noch davon übrig. Mehrere Milliarden Dollar an Börsenwerten hatten sich in

Luft aufgelöst. Teilweise verantwortlich für den Zusammenbruch war der bekannte irrationale Übermut jener Jahre. Aber viele dieser Dotcom-Ideen waren gar nicht so verrückt, sie waren einfach ihrer Zeit voraus. Viele Firmen waren noch nicht darauf eingerichtet, auf elektronischem Weg einzukaufen; viele steckten damals noch im Faxzeitalter fest. Kein Beschaffungs- oder Buchhaltungssystem war mit den neuen Marktplätzen kompatibel, sodass die Angestellten alles von Hand eintippen mussten. Vor allem aber wollten die Lieferanten gar nicht mitmachen. Warum sollten sie sich einem Wettbewerb stellen, bei dem es darum ging, die Preise so weit wie möglich zu drücken, wenn sie stattdessen die Käufer-Lieferanten-Beziehungen nutzen konnten, die sie über Jahrzehnte hinweg zu ihren Großkunden aufgebaut hatten?

MFG.com war einer der Überlebenden. Weil die Firma erst spät an den Start gegangen war, war sie nicht ganz oben auf der Hype-Welle mitgeschwommen. Es hatte keinen verpatzten Gang an die Börse gegeben und keine großen Spekulationsrunden. Es gab nur Free und ein paar wenige Angestellte in einem Gebäude in Atlanta, die mit Frees eigenem Geld aus dem Nichts eine einfache Website aufbauten. Sie fingen klein an, ohne zu viel Geld oder Druck im Hintergrund, und daher hatten sie Zeit, ihren eigenen Weg zu finden.

Dieser Weg war die Einfachheit. Keine Auktionen, weder rückwärts noch anderweitig. Keine Gruppenkäufe oder Auftragsbündelungen. Kein »reibungsfreier Kapitalismus«. Nur ein Ort, um Dateien hochzuladen und Angebote einzuholen.

## Raketentechnik

Es funktionierte. Nach dem Dotcom-Crash entwickelten sich die Geschäfte sehr gut, und Mitte der 2000er-Jahre wurden täglich mehrere Tausend Ausschreibungen eingestellt und Angebote abgegeben. Einige der Anfragen stammten von einer kleinen, ziemlich geheimnisvollen Gruppe aus Kent im US-Staat Washington mit dem Namen Blue Origin, die nach Hochpräzisionsteilen suchten, anscheinend für eine Rakete. Es handelte sich tatsächlich um eine Rakete, und Blue Origin stellte sich als ein geheimes Raumfahrtunternehmen heraus, das der Amazon-Gründer Jeff Bezos gegründet hatte.

Die Ingenieure von Blue Origin waren von MFG.com derart beeindruckt, dass sie Bezos darauf hinwiesen, der sich unter falschem Namen bei der Website anmeldete, um sie zu testen.

Während Bezos sich insgeheim auf der Website umsah, verhandelte Free mit Dassault Systèmes, einem französischen Unternehmen für Industrietechnologie, um sie zu verkaufen. Nur zwei Wochen bevor der Verkauf abgeschlossen werden sollte, schlug Bezos zu und reichte ein Gegenangebot ein: Er wollte in die Website investieren, damit Free sie behalten konnte. Er legte noch einmal zwei Millionen Dollar für die Angestellten drauf, und damit war die Angelegenheit besiegelt: MFG.com blieb unabhängig mit Bezos als Hauptinvestor.

Heute ist MFG.com der größte Marktplatz für Spezialanfertigungen der Welt. Die Website hat über 200 000 Mitglieder aus 50 Ländern, und bisher wurden dort Geschäfte im Wert von über 115 Milliarden Dollar getätigt, mit derzeit durchschnittlich drei bis vier Milliarden Dollar pro Monat.

Die Geschäfte, die dort abgewickelt werden, sind normalerweise recht alltäglich: Plastikgehäuse aus Spritzguss, maschinell bearbeitete Metallstäbe, Spezialkabel. Aber sie erlauben Free einen unvergleichlichen Einblick in die Welt der industriellen Produktion von heute. Er (und jeder andere, der sich durch die Website durcharbeitet) sieht, wo und von wem Dinge hergestellt werden. Er sieht, in welche Richtung sich Fabrikation und Werkzeuge entwickeln. Er sieht, wie die Amerikaner in China produzieren lassen und wie manche von ihnen in die Vereinigten Staaten zurückkehren; die Deutschen, die in Polen einkaufen, und die Franzosen, die überall einkaufen außer in Deutschland. Es ist ein faszinierender Blick auf die Kultur, die Wirtschaft und die Globalisierung. Die ganze Rhetorik kann man getrost vergessen, denn hier sieht man direkt und ungeschminkt, was die Unternehmen Tag für Tag tun.

Noch interessanter als die Frage, was gekauft wird, ist die Frage danach, wer kauft. Es sind nicht mehr nur die großen Unternehmen, die Spezialteile und -formen von globalen Werkstätten bestellen, sondern auch kleine Firmen: Fahrradhersteller und Möbelschreiner, Elektroinstallateure und Spielzeughersteller. Vor 20 Jahren hätten sie sich mit dem zufriedengeben müssen, was die örtlichen Werkstätten leisten konnten (zu jedem Preis, der verlangt wurde), oder

sie hätten in ein Flugzeug steigen und sich der schwierigen Aufgabe stellen müssen, einen Lieferanten in China zu finden, inklusive aller notwendigen Anweisungen, Sprachbarrieren und der Gefahr, dabei über den Tisch gezogen zu werden.

Jetzt können Firmen ihre CAD-Daten einfach hochladen und auf Angebote warten. Sie bekommen die besten Preise und die besten Produkte der Welt, ohne ihren Schreibtisch zu verlassen. Das klingt bekannt? Genau das bot die erste Welle des E-Commerce den Privatkunden. Jetzt erleben wir den Effekt auch in der Industrie.

Warum funktioniert es heute so gut, während es vor zehn Jahren noch schiefling? Die Welt ist jetzt einfach so weit. Die Webgeneration hat die Vorstandsetagen der traditionellen Unternehmen erreicht, und die digitalen Produktionsmethoden, die Free faszinierten, sind heute allgemein verbreitet. MFG.com hat heute Erfolg, während so viele B2B-Marktplätze vor zehn Jahren untergingen, weil heute in der gesamten Versorgungskette der Industrie dieselben Datenformate verwendet werden, von CAD bis Elektronik. Die Transaktionskosten für einen Vertragsabschluss sind gesunken, weil die sprachlichen Barrieren weitgehend weggefallen sind. Alle sprechen dieselbe Sprache der digitalen Fertigung. Das ist alles. Es fehlte nur die gemeinsame Plattform, damit der Traum eines hyper-effizienten B2B-Online-Marktplatzes wahr werden konnte.

Alle technologischen Revolutionen funktionieren auf diese Weise. Diesen Wechsel von Aufschwung, Abschwung und erneutem Aufschwung nannte die Gartner Group den »Hype-Zyklus« eines durch Technologie vorangetriebenen Wandels. Auf den »Gipfel der überzogenen Erwartungen« folgt das »Tal der Enttäuschungen«. Der »Pfad der Erleuchtung« führt schließlich hinauf zum »Plateau der Produktivität«. Die ersten drei Phasen haben wir bereits hinter uns. Jetzt genießen wir die letzte. Wenn ein Geschäftsvorgang zu langweilig wird, um weiter kommentiert zu werden, funktioniert er erst richtig.

Während alle gebannt auf das neueste brandheiße Ding im Social-Media-Bereich starren, bauen Websites wie MFG.com unbemerkt den Turboantrieb in den eigentlichen Wirtschaftsmotor ein: die produzierende Industrie. Schneller, billiger, besser.

## Sesam öffne dich

Als ich 1999 in Hongkong als asiatischer Wirtschaftskorrespondent für *The Economist* arbeitete, lernte ich gleich zu Beginn ein Energiebündel namens Jack Ma kennen, der mich um Rat bei einer neuen Internetfirma bat, die er gerade gründete. Vier Jahre zuvor hatte er bei einer Reise in die Vereinigten Staaten zum ersten Mal einen Webbrowser in Aktion erlebt. Er war völlig überwältigt, wie viele Leute damals. Als er in seine Heimatstadt Hangzhou zurückkehrte, machte er eine Einwahlnummer für den Internetzugang ausfindig, lud ein paar Freunde ein und wartete drei Stunden, bis die erste Webseite geladen war. Es war einfach aufregend: Das Internet existierte in China! Er gründete daraufhin China Pages, die wahrscheinlich erste Internetfirma Chinas, und führte für das chinesische Ministerium für Außenhandel und wirtschaftliche Zusammenarbeit ein erstes E-Commerce-Projekt durch.

Als Ma zu mir kam, fielen mir als Erstes drei Dinge auf: Erstens war er der winzigste erwachsene Mann, dem ich je begegnet war. Er war nicht nur klein, sondern auch sehr dünn-knochig und dürr. Wahrscheinlich wog er keine 40 Kilo, und das Schwerste an ihm schien sein Kopf zu sein, der wahrscheinlich normal groß war, aber auf seinem Körper riesig wirkte. Zweitens sprach er perfektes Englisch, und sein Gehirn schien tatsächlich sein ganzes Körpergewicht auszumachen. Er war brillant, unglaublich redegewandt und begeistert vom Potenzial des Internets, was man bei Festlandchinesen damals nicht sehr häufig erlebte. Drittens, und das lag wohl an seiner Verbindung zum Handelsministerium, begeisterten ihn weniger die Möglichkeiten, die das Internet für Konsumenten bot, sondern dass durch das Internet kleinere chinesische Industriebetriebe die Sprach- und Kulturbarrieren überwinden und direkt mit Firmen im Ausland Geschäfte machen konnten.

Er wollte von mir wissen, was ich von dem Namen »Alibaba« hielt. »Sie wissen schon«, sagte er, »wie ›Sesam öffne dich‹.« Mir gefiel der Name. Ich riet ihm dazu (auch wenn ich ihm den wenig hilfreichen Rat gab, den Werbeslogan zu ändern), und weg war er.

Heute ist Ma Milliardär. Die Alibaba Group, zu der einige der größten Internetfirmen Chinas gehören, hat mehr als 23 000 Mitarbeiter. Das Unternehmen ging 2007 mit Aktien mit einem Ausgabe-

wert von insgesamt 1,7 Milliarden Dollar an die Börse. Es war der größte Börsengang eines Technologieunternehmens an der Hongkonger Börse seit Google. Derzeit überlegt er sich, Yahoo zu kaufen! Als wir uns das letzte Mal in New York trafen, schien er ein bisschen zugenommen zu haben. Jetzt könnte er fast 45 Kilo wiegen.

Alibaba.com ist immer noch Mas Kerngeschäft. Er hat damit alles erreicht, was er sich vorgenommen hatte, und mehr. Der Internet-service hat über 70 Millionen Nutzer und zehn Millionen »Schau-fenster« von chinesischen Firmen und Herstellern in anderen Ländern. Täglich tun Millionen Menschen genau das, was sich Ma zehn Jahre zuvor erträumt hatte: Sie vergeben vom Schreibtisch aus Fertigungsaufträge an Firmen.

MFG.com ermöglichte es für die Maschinenhallen, und Alibaba machte das Modell für alles und jeden zugänglich. Alibaba.com ist wie eBay für die Industrie: Jeder kann für praktisch alles Produktionsaufträge vergeben in jeder Größenordnung. Ich selbst habe spezielle Elektromotoren für ein Roboterluftschiff von einem Hersteller für Spezialmotoren in Dongguan bestellt. Ich lieferte die genauen Angaben, wie lang die Welle sein sollte, über die Anzahl der Wicklungen und welcher Draht verwendet werden sollte, und zehn Tage später wurden die Prototypen zur Ansicht an meine Haustür geliefert. Ich war ehrlich verblüfft. Ich hatte eine chinesische Fabrik dazu gebracht, etwas für mich herzustellen. Was konnte ich mit dieser neu gewonnenen Macht noch alles erreichen?

Der Aufstieg von Alibaba und ähnlichen Websites bietet für Maker Möglichkeiten wie keine andere Technologie. Diese Dienstleister haben die globalen Lieferketten für Käufer aller Art geöffnet, auch für Einzelpersonen, und ihnen die Möglichkeit gegeben, Prototypen in Serienproduktion zu geben.

Das ist nicht allein Alibabas Verdienst, auch Veränderungen in der chinesischen Wirtschaft und Managementkultur haben dazu beigetragen. In den letzten Jahren haben sich chinesische Hersteller besser darauf eingestellt, kleinere Aufträge effizienter auszuführen. Dadurch können Einzelunternehmer in einer Fabrik Dinge herstellen lassen, wie es bisher nur den großen Firmen vorbehalten war.

Zwei Entwicklungen sind dafür verantwortlich: der Ausbau und die zunehmende Ausrichtung chinesischer Geschäftspraktiken auf das Internet. Mit dem Einzug der Webgeneration in die Vorstands-

etagen nehmen chinesische Fabriken immer mehr Aufträge online an, kommunizieren mit ihren Kunden per E-Mail und akzeptieren Bezahlungen per Kreditkarte oder PayPal als kundenfreundlichere Alternativen zu den traditionellen Banküberweisungen, Kreditbriefen und Aufträgen. Zweitens übernehmen in der aktuellen Wirtschaftskrise Firmen gern Spezialaufträge mit höheren Gewinnspannen, um die Deflationsspirale im Konsumgüterbereich abzumildern.

Wenn Sie einen Blick in die neue Welt des barrierefreien Zugangs zu Fabriken in China werfen wollen, starten Sie einfach eine Suche auf Alibaba (inzwischen auch auf Deutsch möglich). Wählen Sie eine Firma aus, die ungefähr das produziert, was Sie haben wollen, und fragen Sie dann über Instant Messenger an, ob man dort herstellen kann, was Sie brauchen. Der Instant Messenger von Alibaba übersetzt in Echtzeit zwischen Chinesisch und der ausgewählten Sprache, sodass alle Beteiligten in ihrer Muttersprache miteinander kommunizieren können. Normalerweise bekommt man innerhalb weniger Minuten eine Antwort: Wir können das nicht herstellen; wir können das herstellen, und so können Sie bestellen; wir stellen bereits etwas Ähnliches her, und so viel kostet es.

Ma nennt das »C-to-B« – Consumer-to-Business. Es ist ein neuer Handelsweg, der sich perfekt für die Mikrounternehmer der Heimwerkerbewegung eignet. »Wenn wir Firmen dazu ermutigen, mehr kleine, grenzüberschreitende Aufträge anzunehmen, steigen die Gewinne, weil es spezielle, nicht massengefertigte Waren sind«, meint Ma. Die Zahlen geben ihm recht. In den vergangenen drei Jahren, sagt Ma, seien in China über 1,1 Millionen Arbeitsplätze entstanden durch Firmen, die über die Alibaba-Plattform Geschäfte machen.

Diese Entwicklung vollzieht sich in vielen Ländern, aber am schnellsten in China. Ein Grund hierfür ist die kulturelle Dynamik, die auch zum Aufstieg der *Shanzhai*-Industrie führte. Der Begriff *shanzhai*, vom chinesischen Wort für »Bandit« abgeleitet, bezeichnet normalerweise das blühende Geschäft mit Plagiaten elektronischer Produkte aus eigener Produktion. Shanzai.com (manchmal wird das chinesische Wort ohne das zweite »h« geschrieben) drückt die Bedeutung etwas freundlicher aus: »Ein Anbieter, der in seinem Geschäftsgebaren die traditionellen Regeln oder Praktiken oft nicht beachtet, was zu neuartigen oder ungewöhnlichen Produkten und

Geschäftsmodellen führen kann.« Aber dieselben Anbieter stellen zunehmend die Herstellung für die Maker-Revolution sicher, weil sie schnell und flexibel genug für die Zusammenarbeit mit Mikrounternehmern sind.

Shanzhai-Hersteller liefern derzeit über 250 Millionen Handys pro Jahr aus, viele von ihnen billige Imitate von iPhones oder Android-Modellen. Viele werden nur in kleinen Chargen von bis zu 10 000 Stück hergestellt. Es gibt zahlreiche Variationen, die sich in allem unterscheiden können, vom Aussehen bis zu Produktmerkmalen, um nur irgendwie aus der Masse herauszustechen. (Viele Shanzhai-Handys haben beispielsweise zwei oder sogar drei Steckplätze für SIM-Karten, damit der Benutzer verschiedene Karten benutzen kann für zu Hause, geschäftlich und sogar für Seitensprünge.)

Interessant an Shanzhai ist, wie sehr die Organisationsstrukturen der Produktpiraterie letzten Endes den Strukturen von Open Source ähneln. Wenn Ideen und Technologien erst mal in die freie Wildbahn entlassen sind, entweder durch Piraten oder durch Entwickler, die an Open Source glauben, dann inspirieren sie dieselben gemeinschaftlichen Innovationen. Ideen, die mit anderen geteilt werden, verbreiten sich in aller Regel immer weiter. Menschen, die Ideen mit anderen teilen, arbeiten meist zusammen zum Nutzen aller Beteiligten. Ohne Geheimhaltung sinken die Preise, und es entsteht mehr Verantwortlichkeit.

In einem Gespräch mit dem Institute for the Future erklärte David Li, der Gründer von Xinchejian, dem ersten offiziellen Hackerspace Chinas, warum das Shanzhai-Modell ein Vorbild für offene Innovationen, Mikroherstellung und die Zukunft der individualisierten Industrie ist:

*»Shanzhai-Hersteller respektieren geistiges Eigentum nicht und teilen alle Informationen offen miteinander. Keiner der Anbieter in diesem Ökosystem ist groß, und es gibt keinen Riesen, bei dem alle Fäden zusammenlaufen und der das Ökosystem kontrolliert. Jeder treibt alle anderen zum Aufbau eines effizienten Ökosystems der Mikroproduktion an, das schnell und mit geringem Aufwand auf den Markt reagieren kann.«*

Nach seiner Beschreibung passen diese Firmen perfekt ins Modell des Institute for the Future für »Lightweight Innovation«:<sup>50</sup>

1. **Vernetzen Sie Ihre Organisationen:** »Die Anbieter von Fahrrädern in Chongqing treffen sich in Teehäusern, und die Shanzhai-Anbieter in Shenzhen haben ein riesiges Netzwerk rund um die großen elektronischen Kaufhäuser aufgebaut.«
2. **Belohnen Sie Erfindungsreichtum:** »Die geringen Profite pro Stück zwingen die Shanzhai-Gemeinschaften dazu, um jeden Preis nach Lösungsmöglichkeiten zu suchen. Wenn sie nicht liefern können, verdienen sie nichts. Dass etwas »nicht hier erfunden« wurde, ist dabei nie ein Problem.«
3. **Wagen Sie Offenheit:** »Im Wilden Westen von Shanzhai geht es vor allem um Offenheit. Firmengeheimnisse der großen Unternehmen liegen hier völlig offen. Alles ist grundsätzlich »quell-offen«. Wenn man das Argument [der Rechte am geistigen Eigentum] unberücksichtigt lässt, wird dort die absolute Offenheit praktiziert, die wir in der Welt des Open Source anstreben.«
4. **Werden Sie aktiv:** »Die Shanzhai-Anbieter stellten früher Plagiate her, nachdem die Originalanbieter ihre Produkte auf den Markt gebracht hatten. Aber im letzten Jahr habe ich beobachtet, dass viele schon auf Gerüchte im Internet reagieren, insbesondere wenn sie mit Apple zu tun haben. Es war schon komisch, dass die Shanzhai mehrere großformatige iPhones (18 mal 25 Zentimeter) herstellten, nur weil es Gerüchte gab, das iPad werde aussehen wie ein riesiges iPhone.«

Der Aufstieg der Shanzhai-Geschäftspraktiken »steht auch für einen neuen Ansatz für wirtschaftliche Erholung, die auf kleinen, gut miteinander vernetzten Firmen basiert«, stellt Tom Igoe fest, ein führender Entwickler der Open-Source-Computerplattform Arduino. »Was geschieht, wenn die Industrie diesen neuen Ansatz annimmt? Wir werden es bald herausfinden.«

## Die Heimwerkerfabrik

Es gibt noch eine dritte Gruppe von »Fabriken in der Cloud«: die internetbasierten Dienstleister, die mit numerisch gesteuerten Werk-

zeugmaschinen, Lasercuttern und 3-D-Druckern das anbieten, was Fotodienstleister wie Shutterfly für Bilder anbieten: Man kann die Daten einfach hochladen und bekommt die fertigen Produkte zurück. Diese Dienstleister geben ihren Kunden Zugang zu hochwertiger Fertigung, ohne dass die Kunden die Werkzeuge selbst besitzen müssen.

Ponoko und Shapeways sind wohl die bekanntesten. Der Ponoko-Dienst (für den ich als ehrenamtlicher Berater arbeite) wurde in Neuseeland als Lasercutter-Service gegründet, ist jetzt aber weltweit verfügbar und bietet Laserschnitte, 3-D-Druck und CNC-Zuschnitte an. Das Prinzip ist einfach: Man entwirft etwas am Schreibtisch und lädt die Daten auf eine Website hoch. Dort werden die Daten durch eine Software auf Produzierbarkeit hin überprüft, und der Nutzer kann über geführte Auswahlmenüs genau festlegen, wie er sein Produkt haben will. Eine 2-D-Vorlage kann per Laser aus verschiedenen Materialien zugeschnitten werden, von Kunststoff über verschiedene Holzarten bis zu dünnem Aluminium. Bei einer 3-D-Vorlage kann das Objekt per 3-D-Drucker ausgedruckt oder in einer CNC-Fräse zugeschnitten werden aus einer noch größeren Auswahl an Materialien. Man kann etwas entwerfen und herstellen lassen, das so klein ist wie ein Ring oder so groß wie ein Tisch, und wenn man in der Dateivorlage einen Fehler gemacht hat (was mir dauernd passiert), dann hilft die Software oder ein menschlicher Mitarbeiter, den Fehler zu beheben.

Wie bei einem Fotoservice kann man die Daten auch veröffentlichen und es so anderen erlauben, eigene Kopien zu bestellen. Man kann sogar eigene »Schaufenster« einrichten, sodass man einen Anteil am Gewinn bekommt, wenn jemand etwas in Auftrag gibt, das man hochgeladen hat.

Ponoko besitzt die meisten Produktionswerkzeuge nicht selbst. Eigentlich ist es nur eine Softwareschicht zwischen Konsumenten und Fabrikationsanlagen mit freien Kapazitäten. Die Ponoko-Website erfüllt die schwierige Aufgabe, oft unerfahrene Maker durch die Erstellung der Konstruktionsdaten zu führen und diese in einer Form hochzuladen, die Werkzeugmaschinen verstehen. Der Dienstleister empfiehlt Materialien, kalkuliert Preise und wickelt das Geschäft ab. Dann schickt er die Dateien an einen Hersteller, der sich so nicht direkt mit den Kunden auseinandersetzen muss.

Shapeways bietet dasselbe für 3-D-Druck an mit einer verwirrend großen Auswahl an Materialien, die von gewöhnlichen Kunststoffen und Harzen bis Titan, Glas oder sogar rostfreiem Stahl reichen. Die Kosten werden auf Basis des ausgewählten Materials und der benötigten Stückzahl kalkuliert. Ein Spielzeugsoldat aus Plastik kostet vielleicht 15 Dollar, größere Metallobjekte können 50 Dollar kosten oder noch mehr. Objekte können monochrom gedruckt werden oder farbig.

Ähnliche Dienstleistungsangebote gibt es für Elektronik (bedruckte Leiterplatten), Stoffe und sogar Keramik. Der Urahn all dieser Dienstleister ist die Firma Lego, deren Lego-Digital-Designer-CAD-Programm Kindern genau das mit Lego-Steinen ermöglicht: Man entwirft etwas am Bildschirm und lädt die Daten hoch, aus denen dann spezielle Sets zusammengestellt und an den kindlichen Designer verschickt werden. Diese Sets sehen aus wie offizielle Lego-Produkte. Wenn andere dieses Set bestellen, bekommt der Designer einen Anteil am Gewinn.

All diese Dienstleister, von den Werkstätten von MFG.com über die Billigfabriken von Alibaba bis zur digitalen Herstellung von Einzelstücken über Ponoko und Shapeways, bieten vor allem eines: die Möglichkeit, Objekte vom Schreibtisch aus herzustellen, ohne eigene Werkzeuge zu besitzen oder einen Fuß in eine Fabrik zu setzen. Die globale Produktion arbeitet nicht mehr nur mit bestimmten Größenordnungen. Früher produzierten die Fabriken nur für die größten Firmen mit den größten Aufträgen. Heute produzieren viele von ihnen in allen Größenordnungen. Kleinere Chargen bedeuten natürlich höhere Preise, aber wenn man nur wenige Stück von etwas herstellt, dann ist der Preisunterschied nicht so wichtig im Vergleich zur Möglichkeit, den Gegenstand überhaupt herstellen zu können. Die Lieferketten der Welt wurden endlich für den Einzelnen »impedanzoptimiert«. Jeder kann jetzt alles herstellen.

Diese intelligente Fabrikationssoftware wird bald direkt in CAD-Programme, wie 123D von Autodesk, integriert werden. Wie man heute »Drucken« aus dem Menü einer Textverarbeitung auswählen kann, wird man auch bald »Herstellen« aus dem Menü eines CAD-Programms auswählen können. Darüber hinaus wird man auch noch auswählen können, ob man »lokal« produzieren will, also mit dem eigenen Personal Fabricator, wenn man einen hat (einen

3-D-Drucker, eine CNC-Maschine oder einen Lasercutter), oder »global« in der Cloud über einen Dienstleister. Das Programm wird den Benutzer bei der Auswahl zwischen einer 2-D- oder 3-D-Methode unterstützen und dabei, welche Materialien man aufgrund ihrer Eigenschaften und Preise auswählen soll. Die letzte Eintrittshürde zur Massenproduktion wird gefallen sein. Wir alle werden nur mit einem Mausklick Fabriken dazu bringen, für uns zu arbeiten. Was wollen Sie heute erschaffen?

## KAPITEL 13

### BIOLOGIE FÜR HEIMWERKER

---

Der größte Traum eines Makers ist die programmierbare Materie.

Die Natur arbeitet schon damit.

---

Lasercutter, 3-D-Drucker und CNC-Fräsen sind cool, aber wie alle Desktop-Werkzeugmaschinen sind auch ihren Produktionsmöglichkeiten Grenzen gesetzt, sowohl was Materialien angeht als auch bei der Komplexität. Ihr nächstes Mittagessen können Sie nicht damit herstellen, und auch kein neues Paar Schuhe. Dafür bräuchte man schon einen richtigen Universal Fabricator. Wie der Replikator aus *Star Trek* kann diese Maschine auf Befehl fast alles herstellen. Nur leider gibt es sie noch nicht.

Science-Fiction-Autoren lassen sich seit Jahrzehnten von dieser Vorstellung inspirieren. In seinem Roman *Diamond Age: Die Grenzwelt* beschreibt Neal Stephenson eine Welt, die durch »Materie-Compiler« von Grund auf verändert wurde, die alles herstellen können, was gebraucht wird. Mangel kennt man dort nicht.

*»Am Anfang hatte man eine leere Kammer, eine Halbkugel aus Diamant, in der trübes rotes Licht glomm. Im Zentrum der Bodenplatte konnte man das nackte Kreuz eines acht Zentimeter großen Feeders*

*und eine zentrale Vakuumpumpe erkennen, die von einer Anzahl kleinerer Leitungen umgeben wurde, bei denen es sich um mikroskopische Förderbänder handelte, die nanomechanische Bauteile – einzelne Atome oder ganze, zu praktischen Bausteinen zusammengesetzte Gruppen – transportierten.*

*Der Materie-Compiler war eine Maschine, die am Endpunkt eines Feeders saß und nach den Weisungen eines bestimmten Programms Moleküle Stück für Stück von den Förderbändern nahm und zu komplizierteren Gebilden zusammensetzte.«<sup>51</sup>*

Das ist Science-Fiction, aber etwas Ähnliches ist durchaus möglich. Der MIT-Professor Neil Gershenfeld schätzt, dass es nur noch 20 oder 30 Jahre dauern wird.

Wie wir da hinkommen? Nach Gershenfelds Meinung müssen wir mehr tun, als nur 3-D-Drucker und andere CNC-Maschinen schneller und präziser zu machen. Das Problem bei diesen Methoden sei, so Gershenfeld, dass dabei nur »mit Material herumgemanscht« würde. Sie verspritzen, schneiden oder erhitzen es, aber sie bewegen Material nur oder ändern den Zustand (härten es). Das Material selbst hat keinerlei Intelligenz und Bewusstsein dafür, was aus ihm werden soll. Die ganze Arbeit muss die Werkzeugmaschine erledigen, ohne »Unterstützung« durch das Material.

Schon bei Lego-Steinen ist das anders. Wenn ein Kind mit Lego spielt, korrigieren die Steine die Fehler des Kindes: Sie passen nur zusammen, wenn sie richtig aufeinandergesteckt werden. Die größeren Duplo-Steine unterstützen die Kinder bei der richtigen Ausrichtung der Steine durch abgeschrägte Kanten, die dazu führen, dass Steine beim Aufeinanderstecken, in die richtige Richtung gedreht werden, damit sie passen. Die Steine bringen ihr eigenes Koordinatensystem gleich mit: das Lego-Raster. Und wenn man alle Steine verbaut hat, wirft man sie nicht einfach weg. Man baut sie wieder auseinander und baut etwas anderes damit. Besser lässt sich Material nicht recyceln.

## Programmierbare Materie

In gewisser Hinsicht sind auch Lego-Steine »intelligente Materie«. Sie bringen ihre eigenen Montageanweisungen mit und haben eine festgelegte Funktion, etwa als Scharniere oder Räder.

Das klingt verrückt? Ist es aber nicht. Wir sind bereits von »intelligenter Materie« umgeben, denn genau so arbeitet die Natur. Kristalle bestehen schließlich aus Atomen, die sich selbst zu unglaublich komplexen Strukturen anordnen, egal ob bei Schneeflocken oder Diamanten. Der menschliche Körper besteht aus Proteinen, die nach Anweisung der DNA/RNA aus Aminosäuren aufgebaut wurden, die ebenfalls aus Atomen bestehen, die sich selbst anordnen. Die Biologie ist die älteste aller Fabriken.

Die Grundbausteine des Lebens sind »intelligentes Material«. Gershenfelds Lieblingsbeispiel sind die Ribosomen, die sich in den Zellen befinden. Ein Ribosom ist ein Protein, das Proteine herstellt, eine biologische Maschine, die andere biologische Maschinen produziert. Aber Gershenfeld sieht darin ein Vorbild für einen Fabrikator der Zukunft.

In den Zellen werden Gene aus der DNA-Codierung in RNA übersetzt, eine Art Spiegelbild wird erstellt. Das Ribosom ist die »Organelle«, die die RNA liest und nach den codierten Anweisungen Aminosäuren für spezialisierte Proteine aufbaut. Nach ihrer Fertigstellung falten sich diese Proteine automatisch zu komplizierten Formen auf, allein durch die elektrischen Ladungen und die Anziehungs- und Abstoßungskräfte, die durch die Atombindungen entstanden. Diese Formen in milliardenfacher Ausführung sind die Bauelemente des Körpers, aus ihnen besteht alles, von Zellwänden bis Knochen.

Dies ist ein Beispiel für einen *eindimensionalen Code* (DNA, vier chemische »Buchstaben« in unterschiedlichen Kombinationen, die zu langen eindimensionalen Ketten verknüpft sind), der ein *drei-dimensionales Objekt* (Protein) erzeugt. Weil das Material, mit dem die DNA arbeitet (erst RNA, dann Ribosomen, dann Proteine), nicht einfach zusammengemacht ist, sondern eigenen chemischen und strukturellen Regeln und einer eigenen Logik folgt, kann mit wenig Information eine unglaubliche Komplexität erreicht werden. Ribosomen, sagt Gershenfeld, sind »programmierbare Materie«. In diesem

Fall werden sie von der DNA programmiert. Aber dasselbe Prinzip konnte auf alles Mögliche angewendet werden.

In Gershenfelds Labor am MIT haben Studenten die ersten winzigen Schritte in diese Richtung unternommen, mit winzigen Elektronikbauteilen, die zusammengesteckt werden können und automatisch die richtigen Verbindungen herstellen. Andere Forscher haben dieses Konzept bereits weiterentwickelt. Die erfolgversprechendste programmierbare Materie ist jedoch die DNA selbst.

Im neuen Forschungsgebiet der »strukturellen DNA« wird das Material nicht als genetische Codierung eingesetzt, sondern direkt als Baumaterial ohne jede biologische Funktion. In etwa 60 Laboren weltweit wird heute daran gearbeitet, und die Forscher können DNA-Stränge synthetisieren, die sich zu Vierecken, Dreiecken oder anderen Polygonen anordnen.<sup>52</sup> Manche Strukturen werden gebildet, indem zweidimensionale DNA-Formen zu einer Fläche »verkantet« werden. Andere Forscher programmieren die DNA so, dass sie sich zu dreidimensionalen Strukturen auffaltet, ein Prozess, der »DNA-Origami« genannt wird.

Dreidimensionale DNA-Strukturen können so programmiert werden, dass sie ein Gerüst und schachtelähnliche Strukturen bilden. Andere DNA-Sequenzen können darauf programmiert werden, dass sie in Reaktion auf einen chemischen Stimulus hin die Struktur öffnen, eine Tür bilden. Dahinter steckt die Idee, dass ein Wirkstoff in die Schachtel aus struktureller DNA gelegt werden könnte, und der Körper das Konstrukt bei geschlossener Öffnung an einen Ort transportieren könnte, wo der Wirkstoff gebraucht wird. Dann würde ein chemischer Reiz ausgelöst werden, der die Tür öffnete, und der Wirkstoff würde austreten und genau an der vorgesehenen Stelle wirken.

Von derartigen programmierbaren Nanomaschinen, die größere Objekte irgendeiner Art erzeugen können, sind wir aber noch weit entfernt. DNA ist nicht sehr stabil, und daher haben Forscher in Experimenten andere Materialien, etwa Nanopartikel aus Gold, an die DNA gebunden, um sie zu stabilisieren. Aber selbst so konnten sie nichts herstellen, das ohne Mikroskop sichtbar war. Andere Forscher führten ähnliche Experimente mit speziellen Polymeren und anderen chemischen Verbindungen durch, die zwar stabiler sind, aber auch schwerer zu programmieren als DNA.

Bisher gab es fast nur Grundlagenforschung. Aber allein die Tatsache, dass es überhaupt funktioniert, deutet darauf hin, dass programmierbare Materie auf der Makroebene durchaus möglich ist – vielleicht sogar, wie Gershenfeld es voraussagt, schon in einer Generation. Es gibt schon heute eine eigene Maker-Bewegung in diesem Bereich.

## Maker und die DNA

Kurz vor Mitternacht an einem Freitag im April 1983 fuhr Kary Mullis, ein Chemiker und Hobbysurfer, gerade den Pacific Coast Highway 128 in Kalifornien zwischen Cloverdale und Booneville entlang, als er eine Idee hatte, die ihm am Ende den Nobelpreis einbrachte. Eines der größten Probleme der Genetik bestand damals darin, dass es nie genug DNA für die Untersuchungen gab, und die verfügbare DNA war oft kontaminiert.

Beim Fahren grübelte er über verschiedene Arten nach, wie man Mutationen in DNA analysieren konnte, als ihm plötzlich klar wurde, dass er zufällig eine Methode entdeckt hatte, um jeden beliebigen DNA-Abschnitt zu reproduzieren durch den Einsatz eines speziellen bakteriellen Enzyms namens DNA-Polymerase und einer Folge aus abwechselnder Erwärmung und Abkühlung. Auf die Idee, mithilfe von Polymerase DNA-Sequenzen zu kopieren, waren schon andere vor ihm gekommen. Aber Mullis erkannte, dass durch die Folge von Erwärmung und Abkühlung eine Kettenreaktion in Gang gesetzt wurde, durch die sich bei jedem Durchgang die Anzahl der Kopien verdoppelte und schnell mehrere Millionen betrug.

In Kombination mit einer Version des Enzyms, das aus Bakterien gewonnen wird, sogenannten Extremophilen, die in heißen Quellen leben und hitzeresistent sind, entstand der automatisierte Vorgang zum Kopieren von DNA, der die moderne industrielle Genforschung begründete. Für die sogenannte Polymerase-Kettenreaktion (polymerase chain reaction, PCR) gewann Mullis 1993 den Nobelpreis für Chemie.

Heute gehören PCR-Geräte, oder Thermocycler, zur Standardausrüstung in allen genetischen Labors. Früher kostete ein solches Gerät 100 000 Dollar pro Stück, aber heute werden sie teilweise für

5000 Dollar pro Stück verkauft. PCR ist ein Wunder der genetischen Revolution und ein Eckpfeiler der neuen Biologie.

Aber auch 5000 Dollar sind noch viel Geld. Was war, wenn man sie mit Batteriebetrieb benutzen wollte? Oder mit Kindern im Schulunterricht? Was war, wenn man mit den Maschinen selbst experimentieren wollte, und nicht nur mit dem, was man hineinsteckte?

Josh Perfetto, ein junger Forscher aus Kalifornien, wollte all das. Und er wollte die Technologie offen zugänglich machen, damit sie von allen benutzt werden konnte. Also entwickelte er, weil er es konnte, OpenPCR, einen Open-Hardware-Thermocycler. Das Gerät besteht aus einem Sperrholzgehäuse in der Größe einer Vesperdose mit einem kleinen LCD-Bildschirm oben drauf. Innen befinden sich ein Arduino-Prozessorboard, ein Netzanschluss, ein Behälter für die DNA, das Enzymbad und ein paar Heizspiralen. Es kostet 599 Dollar, etwa ein Zehntel des Preises eines kommerziellen Thermocycler. Und es ist quelloffen, sodass man es nach Wunsch modifizieren kann.

Perfetto ist Teil der »DIYbio«-Community, einem Ableger der Maker-Bewegung. »Biohacker« eröffnen gemeinsam genutzte wissenschaftliche Arbeitsräume, ähnlich den Makerspaces im Hardwarebereich, unter ihnen BioCurious im Silicon Valley und Genspace in New York City. Bisher sind sie kaum besser als ein typisches College-Biologielabor, aber sie erreichen ein ganz neues Publikum mit aufsehenerregenden (und lehrreichen) Projekten: Sie erstellten den genetischen Fingerabdruck von Sushi, das in örtlichen Restaurants verkauft wurde, um herauszufinden, ob es tatsächlich war, als was es angepriesen wurde.

Bisher ging es bei der DIYbio-Bewegung weniger darum, wissenschaftliche Forschung zu betreiben, als darum, die Werkzeuge der Wissenschaft zu demokratisieren. Laborausrüstung ist oft teuer, patentrechtlich geschützt, schwer zu benutzen und kaum noch manipulierbar. Daher sorgen die Biohacker, wie Perfetto, für Open-Source-Versionen der Geräte, eines nach dem anderen.

Eines dieser Geräte, eine Laborzentrifuge, in der Reagenzgläser geschleudert werden, um schwerere Partikel in einer Lösung von den leichteren zu trennen, kostete im Handel bis zu mehreren Tausend Dollar. Dabei besteht eine solche Zentrifuge eigentlich nur aus einem Elektromotor mit einer Geschwindigkeitskontrolle und einer Spindel für die Reagenzgläser. Und da setzte »DremelFuge« an, eine

kostenlose Bauvorlage für eine Spindel, die mit einem 3-D-Drucker hergestellt und auf ein Dremel-Multifunktionswerkzeug montiert werden konnte, das in jedem Werkzeugladen erhältlich ist. Gesamtkosten: weniger als 100 Dollar. Entworfen wurde DremelFuge von Cathal Garvey, einem Biologen aus Cork in Irland. Die Zentrifuge erreicht Drehzahlen von bis zu 33 000 Umdrehungen pro Minute, was einer Beschleunigung von bis zu 51 000 g entspricht (professionelle Zentrifugen erreichen meist nicht mehr als 24 000 g).

Weitere DIY-Teams beschäftigen sich in Projekten mit Open-Source-Versionen eines Magnetrührers (um Flüssigkeiten auch in geschlossenen Behältern rühren zu können, sodass nichts austreten kann) und eines Algenbioreaktors, in dem Algen gezüchtet werden können für Biokraftstoffe, als Tierfutter oder um Abgase zu absorbieren.

Im Moment erfinden die Biohacker nur das Rad neu. Sie erschaffen DIY-Versionen von Ausrüstung und Technologien, die es in den kommerziellen und akademischen Laboren in der Regel bereits gibt. Sie sorgen dafür, dass Laborausrüstung billiger, leichter zugänglich und modifizierbar wird, aber was sie mit diesen Werkzeugen anstellen, ist nur gewöhnliche Laborbiologie. Anderswo fasst man das DIY-Credo ganz anders auf. In Untergrundlaboren werden neue Varianten illegaler Drogen entwickelt, die dieselbe Wirkung haben, aber chemisch unterschiedlich genug sind, um legal zu sein. Die Hersteller dieser Drogen spielen Katz und Maus mit den Behörden und entwickeln neue chemische Verbindungen schneller, als die Behörden sie identifizieren und verbieten können. Synthetisch hergestellte Pulver mit ähnlichen Eigenschaften wie THC in Marihuana werden in einschlägigen Läden in den Vereinigten Staaten legal verkauft, obwohl viel darauf hindeutet, dass diese Drogen schädlicher sind als das echte Marihuana.

Dies betrifft nur die Chemie. Was wird wohl geschehen, wenn diese Werkzeuge leistungsfähig genug werden, um sich auch auf die Biologie und die Genetik auszuwirken? Heute kann man am Küchentisch DNA vervielfältigen und identifizieren. Morgen wird man DNA auch so sequenzieren können. DNA-Synthese, DNA-Modifizierung und andere gentechnische Methoden werden folgen. Die Tage, in denen nur eine kleine Anzahl professioneller Labors diese Verfahren anwenden können und alle Aufträge geprüft und überwacht wer-

den, sind bald gezählt. Dann werden Menschen anfangen, am Leben herumzumanipulieren. Menschen tun das seit Tausenden von Jahren durch Kreuzungen und Züchtungen in der Landwirtschaft, aber sie bewegten sich dabei immer innerhalb der natürlichen Grenzen. Im Labor spielen viele dieser Grenzen keine Rolle mehr. Und die DIYbio-Bewegung plant zahlreiche weitere neue Labore. Warum sollten nur die ausgebildeten Wissenschaftler den ganzen Spaß haben?

# EPILOG



## KAPITEL 14

### DIE NEUE GESTALT DER INDUSTRIELLEN WELT

---

Der Westen kann wieder auferstehen.

---

Welche wirtschaftliche Zukunft zeichnet sich durch den Aufstieg der Maker-Bewegung ab?

Werden westliche Länder wie die Vereinigten Staaten ihre verlorene Wirtschaftsmacht wiedergewinnen, aber nicht durch einige wenige Industriegiganten, sondern indem sie Tausende kleinerer Firmen hervorbringen, die Nischenmärkte abdecken?

Ich möchte den Abschnitt aus Cory Doctorows Buch noch einmal aufgreifen:

*»Die Tage von Firmen mit Namen wie ›General Electric‹ und ›General Mills‹ und ›General Motors‹ sind vorbei. Das verfügbare Geld treibt im Markt wie Krill: Milliarden kleiner Gelegenheiten, die darauf warten, von cleveren, kreativen Unternehmern entdeckt und genutzt zu werden.«*

Dies könnte man als kommerzielles Internetmodell bezeichnen, das sich durch niedrige Zugangshürden, schnelle Innovationen und starken Unternehmersinn auszeichnet. Sieht so auch die Zukunft der produzierenden Industrie aus?

Oder wird sie eher dem echten Internet gleichen, wo die meisten Inhalte von Amateuren erstellt werden, ohne jede Intention, daraus ein Geschäft zu machen oder Geld damit zu verdienen?

In dieser Zukunft geht es bei der Maker-Bewegung vor allem um Selbstversorgung – Dinge für den eigenen Gebrauch herzustellen – und weniger um den Aufbau von Firmen. Eine solche Zukunft entspräche noch mehr den ursprünglichen Idealen des Homebrew Computer Club und des *The Whole Earth Catalog*. Das Ziel damals war es nicht, große Unternehmen aufzubauen, sondern sich *von den großen Konzernen zu befreien*.

Jedes Mal, wenn ich einen Bauplan aus dem Internet herunterlade und mit meinem MakerBot ausdrücke, statt in einen Laden zu gehen oder eine andere geschäftliche Transaktion durchzuführen, frage ich mich, wie lange es wohl dauern wird, bis die Welt der Atome so frei verfügbar wird, wie es die Welt der Bits in weiten Teilen bereits ist. (Auch über dieses Wirtschaftsmodell habe ich ein Buch geschrieben. Inzwischen bedarf es jedoch keiner Erklärung mehr, da wir bereits mit kostenlosen digitalen Waren überschwemmt werden.<sup>53</sup>)

Open Source Ecology etwa ist eine Online-Community, die an einem »Global Village Construction Set« arbeitet, einer Sammlung von Open-Source-Bauanleitungen für 50 Maschinen, »die für den Aufbau einer kleinen nachhaltigen Zivilisation mit modernen Annehmlichkeiten« gebraucht werden, von einer kleinen Sägemühle bis zum Mikromähdrescher.

Die Idee geht zurück auf das Prinzip der Selbstversorgung der israelischen Kibbuzim, die in einer Zeit der Not und durch den Glauben an gemeinschaftliche Aktion entstanden, oder auf Gandhis Ideal der wirtschaftlich unabhängigen Dörfer in Indien. Natürlich werden wir nicht alle unsere eigenen Lebensmittel anbauen oder ohne Weiteres auf die Annehmlichkeiten gut sortierter Kaufhäuser verzichten. Aber in einer Zukunft, in der mehr Dinge nach Bedarf hergestellt werden können, statt industriell produziert, versandt, gelagert und verkauft zu werden, ist die Ausgangssituation für eine gewerbliche Wirtschaft günstig, die weniger von kommerziellen und mehr von sozialen Interessen angetrieben wird. Wie es bei Open-Source-Software heute schon der Fall ist.

Für welchen dieser beiden Wege wird sich die westliche Industrie wohl entscheiden?

Ich glaube, für das erstgenannte Modell. Die Industrie wird damit dem heutigen kommerziellen Internet gleichen: immer mehr Unternehmertum und schnellere Innovation bei immer weiter sinkenden Zugangshemmnissen. In dieser Zukunft wird sich der Schwerpunkt industrieller Produktion wieder in die flexibelsten Industrieländer zurückverlagern, trotz der relativ hohen Lohnkosten dort. Globalisierung und Kommunikation haben die Welt verflacht und dafür gesorgt, dass die industrielle Produktion in die Entwicklungsländer mit ihren niedrigen Lohnkosten abwanderte. Diesen Vorgang hat David Ricardo im 19. Jahrhundert als Erster beobachtet und als Triumph des »komparativen Vorteils« bezeichnet.

Jetzt verflachen wir die Welt wieder, aber auf einer anderen Ebene. Dank der Automatisierung ist der Anteil der Lohnkosten an den gesamten Herstellungskosten eines Produkts bereits klein, und er schrumpft weiter. Bei Elektronikartikeln beträgt er teilweise nur noch wenige Prozent. Jetzt fallen andere Faktoren, etwa die Kosten oder die Dauer des Transports, wieder stärker ins Gewicht.

Ein Beispiel: Die 3D-Robotics-Fabrik in San Diego kauft die Fertigungsanlagen und Bauteile für die Elektronik zu denselben Preisen ein wie unsere chinesischen Konkurrenten. Wir bezahlen unsere Mitarbeiter besser, aber der Abstand wird kleiner: Ein Arbeiter in San Diego erhält 15 Dollar die Stunde (2400 Dollar pro Monat) im Vergleich zu den 400 Dollar im Monat, die ein Arbeiter bei Foxconn bekommt, dem riesigen Hersteller des iPhone, iPad und vieler Elektronikbauteile für weitere Großunternehmen. Durch Wettbewerb, bessere Ausbildung und Druck der Gewerkschaften sind die Löhne in Shenzhen in den letzten fünf Jahren um 50 Prozent gestiegen, während die Industrielöhne im Westen nahezu gleich blieben.

In unserer neuen 3D-Robotics-Fabrik in Tijuana, 20 Minuten entfernt von unserer Fabrik in San Diego, sind die Löhne etwa halb so hoch wie in den Vereinigten Staaten (1200 Dollar pro Monat), und betragen damit nur das Dreifache der Löhne in China. Bei der Produktion eines unserer Produkte, wie etwa des Autopilot-Boards für 200 Dollar, beträgt der Unterschied bei den Lohnkosten zwischen Mexiko und China weniger als einen Dollar oder etwa ein Prozent der Herstellungskosten insgesamt (und ein halbes Prozent des Verkaufspreises). Bei anderen Kosten, Miete und Strom etwa, ist der Unterschied zu China noch niedriger.

Für Produkte, die automatisch hergestellt werden können, was für immer mehr Produkte möglich ist, wird das übliche ökonomische Kalkül der »Lohnarbitrage« immer weniger wichtig. Selbst in chinesischen Firmen wird die Produktion zunehmend automatisiert, um die Firmen vor dem steigenden Lohndruck zu schützen, vor allem aber, um die Kontroversen um die Arbeitsbedingungen zu vermeiden, die Foxconn und Apple in den letzten Jahren anhängen. Ein iPad kann nicht vollständig automatisch hergestellt werden, und es wird nach wie vor viel von Hand gearbeitet. Aber Industrieroboter werden immer billiger, während menschliche Arbeitskräfte immer teurer werden.

Bei der Entscheidung, wo etwas produziert wird, geht es also immer weniger um Löhne. Dennoch hat China immer noch einen deutlichen Vorsprung in allen Bereichen, von Elektronikartikeln bis zu Spielzeug und Textilien, wie die Etiketten an Kleidung und Geräten beweisen. Der Grund dafür sind die einzigartigen Versorgungsketten. Unsere Montage findet zwar in den Vereinigten Staaten und Mexiko statt, aber die Bauteile kommen immer noch aus China, und wir müssen entweder die Lieferungen abwarten oder mehr einlagern, als wir brauchen, was uns Geld kostet und uns weniger flexibel macht. In Shenzhen, wo all diese Teile hergestellt werden, kann man alles, was man braucht, von einem Lieferanten in der Nähe bestellen und bekommt sie innerhalb weniger Stunden geliefert. Wir müssen unsere Bestellungen Wochen im Voraus aufgeben. Auch unseren Kunststoffspritzguss lassen wir in China machen, weil US-amerikanische und mexikanische Firmen nicht groß genug sind, um beim Preis konkurrieren zu können.

Hier zeichnen sich die ersten Umriss der gewerblichen Wirtschaft des 21. Jahrhunderts ab.

Auf der Seite der Produktentwicklung sorgt die Maker-Bewegung für einen Wettbewerbsvorteil der Kulturen mit dem besten Innovationsmodell, nicht den niedrigsten Lohnkosten. Diejenigen Länder gewinnen, in denen die »Co-Kreation«, die gemeinschaftliche Entwicklung floriert. Diese Faktoren werden den Erfolg bestimmen auf jedem Markt des 21. Jahrhunderts.

Auf der Seite der Herstellung werden die Verbreitung und der Entwicklungsgrad der Automatisierung das Spielfeld zwischen Ost und West angleichen, ebenso wie die steigenden direkten und indi-

rekten Kosten langer und störungsanfälliger Versorgungsketten. Jedes Mal, wenn der Preis für Diesel steigt, steigen auch die Kosten für den Transport eines Containers aus China. Vulkane in Island und Piraten vor der Küste Somalias zählen zu den Risikofaktoren in einer globalen Versorgungskette und sind gleichzeitig Argumente für eine Produktion von Waren näher an dem Ort, an dem sie gebraucht werden. Wir leben in einer zunehmend unbeständigen und unberechenbaren Welt, in der alles, von politischer Instabilität bis Währungsschwankungen, den Kostenvorteil einer Standortverlagerung ins Ausland im Nu zunichtemachen kann.

Das bedeutet aber nicht die Rückkehr zu den ruhmvollen Zeiten von Detroit oder den Zeiten, als ein Fabrikjob einen sicheren Weg in die Mittelklasse darstellte. Es deutet nur darauf hin, dass sich das Internetmodell am Ende durchsetzen wird: ein völlig verteilter digitaler Marktplatz, auf dem gute Ideen von überall her aufkommen und die Welt im Sturm erobern können. Die Industrie der Zukunft wird mehr Erfolge wie die des Computerspiels *Angry Birds* (das in Finnland erfunden wurde) und des sozialen Netzwerks Pinterest (das in Iowa entstand) fördern und weniger die Vorherrschaft der herkömmlichen Industriezentren und Unternehmen wie im 20. Jahrhundert.

General Motors und General Electric werden nicht einfach verschwinden, aber das geschah auch nicht mit AT & T und BT, als das Internet aufkam. Wie beim Long Tail wird die neue Zeit nicht zum Ende des Blockbusters führen, sondern nur dem *Monopol des Blockbusters* ein Ende setzen. Dasselbe wird für die Industrie gelten. Wir werden einfach nur *mehr* von allem sehen: Mehr Innovation, an mehr Orten, von mehr Menschen, die sich auf mehr und engere Nischen konzentrieren. Gemeinsam werden all diese neuen Produkte die industrielle Wirtschaft neu erfinden, oft mit nur wenigen Tausend Stück auf einmal, aber es werden die genau richtigen Produkte für einen zunehmend anspruchsvollen Konsumenten sein. Für jede Firma à la Foxconn mit ihren fast 1 Millionen Mitarbeitern, die Produkte für den Massenmarkt herstellen, wird es Tausende neuer Firmen geben mit nur wenigen anvisierten Nischen. Gemeinsam werden sie die Welt der Herstellung umgestalten.

Willkommen im Long Tail der Dinge.

# ANHANG



## KAPITEL 15

### DER WORKSHOP FÜR DAS 21. JAHRHUNDERT

---

Wie man ein Digital Maker wird.

---

Ich hoffe, dass Sie nach der Lektüre dieses Buches Lust bekommen haben, es selbst auszuprobieren. Wo Sie anfangen sollen? Die Antwort hängt natürlich davon ab, was Sie machen wollen, und es gibt so viele Antworten auf diese Frage, wie es Menschen gibt, die diese Frage stellen. Als Maker kann man einfach am Küchentisch etwas basteln oder eine ganze Werkhalle benutzen. Es gibt viele Quellen, an die Sie sich als Maker halten können, wie die wunderbare Zeitschrift *Make*, Websites wie Instructibles und zahllose Zeitschriften und Websites für Handwerker.

Aber das Thema dieses Buches ist die Macht digitaler Werkzeuge, die Revolution der Desktop-Fabrikation. Daher möchte ich Ihnen mit diesem Anhang einen Leitfaden für Ihre ersten Schritte in diesem Bereich geben und die bei Drucklegung des Buches empfehlenswertesten Werkzeuge auflisten.

Dabei stütze ich mich überwiegend auf persönliche Erfahrungen. Ich habe in unserem Keller eine kleine Werkstatt, die mit den Werkzeugen ausgestattet ist, die ich für Projekte mit den Kindern brauche, ein paar Roboter, etwas Elektronik, und für allgemeine Expe-

rimente mit digitaler Fabrikation.<sup>54</sup> Einiges steht dort, das ich hier aufliste, aber mit allem auf der Liste habe ich persönliche Erfahrungen gesammelt, und ich kann alles empfehlen.

## Erste Schritte mit CAD

**Warum?** *Alle digitalen Entwürfe haben mit Software zu tun. Egal, ob Sie Designs herunterladen oder sie selbst erzeugen, Sie werden irgendein Bearbeitungsprogramm verwenden müssen, um die Designs am Bildschirm zu bearbeiten.*

CAD ist das Textverarbeitungsprogramm der Fabrikation. Sie können damit Ihre Ideen auf den Bildschirm bringen und bearbeiten. Es gibt verschiedene CAD-Programme: vom kostenlosen und relativ einfachen Google SketchUp bis zu komplexen, mehrere Tausend Dollar teuren Programmpaketen wie SolidWorks und AutoCAD, das von Ingenieuren und Architekten benutzt wird.

Es gibt außerdem noch viele spezialisierte CAD-Programme, mit denen man gedruckte Leiterplatten für Elektronikbauteile entwerfen kann (wie das EAGLE-Programm von CadSoft), oder andere für den Entwurf von biologischen Molekülen. In diesem Anhang werde ich mich allerdings auf die Programme beschränken, mit denen man Objekte entwerfen kann, die Sie mit einem 3-D-Drucker, einer CNC-Maschine oder einem Lasercutter herstellen können.

Zunächst muss man zwischen 2-D- und 3-D-Designs unterscheiden. Manche Fabber, einfache Lasercutter etwa, schneiden flaches Material wie eine Schere. Es sind 2-D-Geräte, und daher brauchen Sie auch nur ein 2-D-Bild, um sie zu steuern. Solche Bilder lassen sich mit jedem »Vektor«-Zeichenprogramm, etwa Adobe Illustrator oder CorelDRAW, einfach erzeugen.

Diese Zeichenprogramme ähneln dem einfachen »Paint«-Programm, das bei den Betriebssystemen von Windows und Mac kostenlos mitgeliefert wird, aber mit dem Unterschied, dass jede Linie und jede Form ein »Objekt« ist, das jeweils getrennt bearbeitet, bewegt, gedehnt oder gelöscht werden kann. Wenn Sie fertig sind, werden diese Linien als »Werkzeugwege« für den Schneidekopf des Lasercutters oder eines einfachen CNC-Routers interpretiert: Sie sagen dem Schneidekopf, wo er sich hinbewegen und schneiden

soll. Diese Programme sind einfach in der Benutzung, und meist muss man nur ein paar Standardformen auswählen, Kreise und Rechtecke, und sie einfach dehnen und miteinander kombinieren, um die Form zu bekommen, die man aus Holz-, Kunststoff- oder dünnen Metallplatten ausgeschnitten haben will.

### Empfehlungen für 2-D-Zeichenprogramme

- Kostenlos: *Inkscape* (Windows, Mac)
- Kostenpflichtig: *Adobe Illustrator* (Windows, Mac)

Für komplexere Objekte, die mit einem 3-D-Drucker ausgedruckt oder von einer dreiachsigen CNC-Maschine ausgefräst werden sollen, benötigen Sie ein 3-D-Zeichenprogramm. Sie formen praktisch ein 3-D-Objekt auf einem 2-D-Computerbildschirm, und dazu braucht es etwas mehr geistige und visuelle Beweglichkeit. Es sind dieselben Werkzeuge, die in Hollywood und in der Videospielebranche benutzt werden, um grafische Computeranimationen zu entwerfen, aber Sie wollen damit Objekte erstellen, die aus echter Materie hergestellt werden können. Der Prozess ist grundsätzlich derselbe, aber Sie müssen sorgfältiger darauf achten, dass die Teile, die sich berühren sollen, es auch tatsächlich tun, und dass es keine Lücken gibt, die den 3-D-Drucker oder die CNC-Maschine verwirren könnten (das gefürchtete »leaky mesh«-Problem).

Üblicherweise beginnen Sie bei einem 3-D-CAD-Programm damit, »geometrische Primitive«, also Rechtecke und Kreise, auf dem Bildschirm zu platzieren und sie dann zu »extrudieren«, indem Sie sie zu 3-D-Objekten auseinanderziehen, die Sie dann weiterbearbeiten können. Wenn man ausreichend viele solche Elemente miteinander kombiniert, kann man alles damit entwerfen, von den kompliziertesten Mechanismen bis zu menschlichen Körpern.

### Empfehlungen für 3-D-Zeichenprogramme

- Kostenlos: *Google SketchUp* (Windows, Mac), *Autodesk 123D* (Windows), *Tinkercad* (Web)
- Kostenpflichtig: *SolidWorks* (Windows, Mac)

## Erste Schritte mit 3-D-Druck

**Warum?** Wenn Sie sich etwas vorstellen können, können Sie es auch herstellen. Ein 3-D-Drucker ist das ultimative Werkzeug für die Herstellung von Prototypen, der schnellste Weg, um aus Bits auf dem Bildschirm Atome in Ihrer Hand zu machen. Die Geräte für den Hausgebrauch sind aber immer noch ziemlich unausgereift. Was Sie damit herstellen, funktioniert wahrscheinlich, aber es sieht nicht sehr schön aus.

Noch vor wenigen Jahren kosteten 3-D-Drucker mehrere Zehntausend Dollar und wurden nur von Profis benutzt. Dank einer Welle von Open-Source-Projekten, die mit dem RepRap-Drucker und dem beliebten MakerBot begannen, sind die Preise für 3-D-Drucker unter 1000 Dollar gefallen und inzwischen gibt es Drucker in Schulen, Privathaushalten und zahllosen Makerspaces.

Alle 3-D-Drucker, die um 1000 Dollar kosten, bauen Objekte aus Lagen geschmolzenen ABS-Kunststoffs auf, der in Form von Schnüren in verschiedenen Farben ausgegeben wird. Daraus entsteht ein widerstandsfähiges, biegsames Material, aber die Auflösung ist auf höchstens einen halben Millimeter begrenzt. Die Ausdrücke sehen ganz gut aus, aber sind immer noch weit entfernt von der glatten und nahtlosen Qualität, die professionelle 3-D-Laserdrucker liefern.

Ich empfehle hier den MakerBot Replicator, den ich selbst aktuell benutze, aber diese Branche ist äußerst schnelllebig, und es wird, wenn Sie dies lesen, zweifellos bereits billigere und bessere Optionen geben (von denen manche zweifellos von MakerBot Industries kommen werden).

Am besten lassen sich diese 3-D-Drucker für den Verbrauchermarkt mit den Matrixdruckern vergleichen: Sie eignen sich hervorragend für Entwürfe und Prototypen, aber für die endgültige Version greift man doch immer noch lieber auf einen professionellen Druckdienstleister zurück wie Shapeways oder Ponoko.

### Empfehlungen für 3-D-Drucklösungen

- Drucker: *MakerBot Replicator* (beste Community), *Ultimaker* (größer, schneller, teurer)
- Dienste: *Shapeways*, *Ponoko*

## Erste Schritte mit 3-D-Scans

**Warum?** *Richtig eingerichtet digitalisieren 3-D-Scanner die Welt schneller als CAD-Software.*

Eine der größten Schwierigkeiten bei der Arbeit mit 3-D-Objekten ist, sie erst einmal zu erzeugen. Man kann diesen Prozess deutlich abkürzen, indem man ein existierendes Objekt einscann und die 3-D-Repräsentation dann mit einem CAD-Programm bearbeitet. Diese Art des 3-D-Scans nennt man »Reality Capture« (wörtlich: Erfassung der Realität). Sie werden in der Regel mit speziellen Scannern durchgeführt oder indem man viele Einzelbilder mit einem normalen Fotoapparat macht, die dann mithilfe intelligenter Software zusammengeführt werden.

Professionelle 3-D-Scanner kosten mehrere Tausend Dollar, aber man bekommt auch mit billigen oder sogar kostenlosen Produkten, die eine Digitalkamera benutzen, überraschend gute Resultate, wenn man auf die Beleuchtung achtet.

Die einfachste Möglichkeit ist, mit einer guten Digitalkamera viele Bilder eines Objekts zu machen von allen Seiten, und dann mithilfe der kostenlosen 123D-Catch-Software von Autodesk die Bilder in die Cloud hochzuladen, wo sie zusammengeführt und als »Punktwolke« zurückgeschickt werden, die gedreht und bearbeitet werden kann. Am besten funktioniert dies bei Objekten, die man von allen Seiten in natürlichem Licht vor vielfältigen Hintergründen fotografieren kann, etwa einem Stuhl oder auch einem Raum.

Bei kleineren Objekten ist man mit einem Einzel-3-D-Scanner besser beraten, der eine Kamera mit einem Streifenprojektor kombiniert, der ein Objekt mit einem bestimmten Lichtmuster anstrahlt, damit alle Einzelheiten erfasst werden können. Wenn man einen günstigeren, auf einer Webcam basierenden Scanner benutzt, etwa den unten aufgelisteten MakerBot, muss per Software kräftig nachgearbeitet werden. Wenn Sie das vermeiden wollen, brauchen Sie einen professionellen Scanner, der mehrere Tausend Dollar kostet. Wenn Sie relativ selten und nur kleine Objekte einscannen wollen, dann ist ein Scanservice, bei dem Sie die Objekte einschicken können, die bessere Lösung.

Eines Tages werden 3-D-Scanner so allgegenwärtig sein wie der 2-D-Flachbettscanner, der wahrscheinlich in den Multifunktions-

drucker auf Ihrem Schreibtisch bereits integriert ist. Aber derzeit ist die 3-D-Scantechnologie noch recht umständlich. Ein Objekt abzuzeichnen ist ziemlich einfach, aber in die Aufbereitung der Bilder per Software, um sie am Bildschirm weiterbearbeiten zu können, muss man sich erst einarbeiten.

### Empfehlungen für 3-D-Scanlösungen

- Software: Freeware *Autodesk 123D Catch* (iPad, Windows)
- Hardware: *MakerBot 3D Scanner* (setzt eine Webcam und einen Pico-Projektor voraus). Für die Aufbereitung der Bilder empfehle ich die *MeshLab*-Software.

## Erste Schritte mit Laserschnitt

**Warum?** *Mit einem Lasercutter kann jeder etwas Cooles herstellen, egal ob Schmuck, Vogelhäuschen oder sogar Möbel. Wenn Sie es auf Papier zeichnen können, dann können Sie es auch herstellen.*

Die einfachste Form digitaler Herstellung stellt der Lasercutter dar. Sie brauchen nur eine 2-D-Zeichnung (siehe den Abschnitt oben über 2-D-CAD) oder ein 3-D-Bild, das per Software, etwa die Freeware-App 123D Make, automatisch in 2-D-Querschnitte »zerlegt« wird. Die Maschine erledigt dann den Rest und zeichnet die Linien mit einem Hochleistungslaser nach, der durch Holz, Kunststoff und sogar dünnes Metall schneidet.

Lasercutter sind einfach anzuwenden, aber für die private Werkstatt braucht man sie meist nicht, weil man sehr einfach seine Daten bei einem Dienstleister hochladen kann, der die Objekte in wenigen Tagen günstig herstellt. Im Gegensatz zu aufwendigeren 3-D-Herstellungsmethoden weiß man beim Lasercutter im Voraus recht genau, was dabei herauskommt, und die Websites der Dienstleister unterstützen den Anwender bei der Auswahl des richtigen Materials. Lasercutter sind meist verhältnismäßig teuer für eine private Werkstatt. Die billigsten, die Material mit akzeptabler Dicke durchschneiden können, kosten um 2000 Dollar. Wenn man Kunststoff schneidet, können außerdem unangenehme Dämpfe entstehen, so dass man ein gutes Belüftungssystem braucht.

Daher empfehle ich Ihnen, entweder die Lasercutter im örtlichen Makerspace, etwa TechShop, zu benutzen, oder Ihre Daten an einen Dienstleister zu schicken, der außerdem noch das Rohmaterial günstig für Sie beschafft.

### Empfehlungen für Laserschnittlösungen

- Dienstleister: *Ponoko.com*
- Software: *Autodesk 123D Make* (Windows, Mac)

### Erste Schritte mit CNC-Maschinen

**Warum?** *Sie sind recht einfach zu benutzen, verarbeiten fast jedes Material, und es gibt Desktop-Versionen, die billiger und kleiner sind als Lasercutter.*

Alle 3-D-Drucker verwenden »additive« Fertigungsverfahren, das heißt, dass mehrere Schichten eines Materials zu einem Objekt aufgeschichtet werden. Daher können nur Materialien verwendet werden, die man schmelzen kann, und für Billigdrucker heißt das: Kunststoff. Wenn man günstig Dinge aus anderen Materialien herstellen will, etwa aus Holz oder Metall, ist man mit »subtraktiven« Verfahren besser beraten. Dabei kommen rotierende Schleifwerkzeuge oder Schneideköpfe zum Einsatz, die Material entfernen. Statt also Material anzulagern, wo das Objekt »ist«, wird dort Material entfernt, wo es »nicht ist«.

Die einfachsten CNC-Maschinen bestehen nur in einer Haltevorrichtung für ein Elektrowerkzeug wie Dremel, die sich auf Schienen computergesteuert in drei Richtungen bewegen kann (x, y und z). Ein Computerprogramm legt die Werkzeugpfade für ein 3-D-Objekt fest und bewegt das Druckwerkzeug entsprechend. Ein Fräskopf schleift Material ab, bis das gewünschte Objekt übrig bleibt. Teurere Geräte benutzen spezielle Werkzeugaufsätze, die fräsen, schneiden und sogar polieren können.

Im Gegensatz zu einem Lasercutter kann ein CNC-Router oder eine CNC-Fräse präzise in drei Dimensionen arbeiten, sodass sie komplexere Objekte mit verschiedenen Schichten herstellen kann. Die teureren Geräte verfügen über vier oder sogar fünf Bewegungs-

achsen, sodass der Werkzeugkopf alle Ecken und Winkel eines Objekts erreicht.

Anfänger können eine CNC-Maschine wie eine normale Stichsäge verwenden und damit präzise Muster aus einem flachen Material ausschneiden, Sperrholz etwa. Erfahrenere Benutzer können komplexere 3-D-Objekte herausfräsen, von Gießformen aus Aluminium für Kunststoffspritzguss bis zu Roboterteilen aus Metall.

### Empfehlungen für CNC-Lösungen

- Hobbyversion (Dremel-Werkzeug): *MyDIYCNC*
- Halbprofessionelle Version: *ShopBot Desktop*

## Erste Schritte mit Elektronik

**Warum?** *Ein Großteil der Maker-Bewegung beschäftigt sich damit, physische Objekte intelligenter zu machen: Sensoren werden eingebaut, die Objekte programmierbar gemacht und mit dem Internet verbunden. So entsteht das »Internet der Dinge«, und es beginnt mit einfachen Elektrobauteilen wie dem Arduino Physical Computing Board.*

Für Ihre ersten Schritte in der Digitalelektronik brauchen Sie eigentlich nur eine Grundausstattung von Arduino, ein Multimeter und einen anständigen LötKolben. Je nachdem, was Sie machen wollen, sollten Sie unterschiedliche Sensoren oder Antriebselemente ausprobieren, wie Servos und Motoren. Es war noch nie so einfach wie heute, zu finden, was Sie brauchen, und Firmen wie SparkFun und Adafruit bieten nicht nur alle Teile an, die Sie brauchen werden, sondern auch Tutorials, großartige Produktanleitungen und eine riesige Community als Unterstützung. Wir leben tatsächlich im zweiten Goldenen Zeitalter für Elektrobastler! (Das erste begann nach dem Zweiten Weltkrieg mit dem Amateurfunk und hatte seinen Höhepunkt in der Heathkit-Ära in den 1970er-Jahren. Danach verdarben undurchschaubare Mikrochips einer Generation von Bastlern den Spaß, bis Open-Source-Hardware in den letzten Jahren neue Möglichkeiten eröffnete.)

Wenn Sie danach weitermachen wollen, besorgen Sie sich einen digitalen Logikanalysator, ein USB-Oszilloskop und eine schicke

Lötstation. Aber für den Anfang werden Sie mit den unten aufgelisteten Gegenständen mehr erreichen, als Sie jemals für möglich gehalten hätten.

### Empfehlungen für eine Elektronikausstattung

- Grundausrüstung: *Adafruit Arduino*-Starterset
- LötKolben: *Weller WES51*-Lötstation
- Multimeter: *SparkFun*-Digitalmultimeter

# DANK

Dieses Buch und meine Einführung in die Welt der Maker nahmen an einem Wochenende im Jahr 2007 ihren Anfang, als ich versuchte, meine Kinder mithilfe von Lego Mindstorms für Programmierung und Robotik zu interessieren. Bei den Kindern blieb der erhoffte Effekt aus, aber bei mir wirkte die Aktion Wunder. Damals wurden die Grundlagen für mein »Lego-Drohnen«-Projekt und meine spätere Faszination mit Drohnen gelegt. Mein Dank gilt also zunächst einmal Lego für den genialen Robotik-Baukasten – ein Spaß für jede Altersgruppe!

Meiner Frau und meinen Kindern danke ich außerdem dafür, dass sie mir meine Obsessionen schon so lange nachsehen, und dass sie mir erlaubt haben, unser Haus für meine Werkstatt um ein ganzes Stockwerk zu erweitern. (Die Kinder glauben, ein Teil davon sei ihr Fernsehzimmer, aber mal sehen, wie lange das so bleibt.) Ich danke ihnen außerdem dafür, dass sie auf gutmütige Weise bei meinen Obsessionen sogar mitmachen, und dass jedes Kind ein Projekt für sich entdeckt hat, bei dem wir die Maker-Welt gemeinsam erforschen können.

Viele Menschen auf dieser Welt waren eine Inspiration und ein Vorbild für mich: Dale Dougherty von O'Reilly, der das *Make*-Magazin und die Maker Faire ins Leben rief, erfasste die wachsende Bewegung als einer der Ersten, und Mark Frauenfelders Enthusiasmus trieb sie voran. Cory Doctorow inspirierte uns alle mit seiner Vision davon, wie weit diese Entwicklung gehen könnte. Dasselbe gilt für

zahllose Blogs und Internet-Communitys, von Hackaday und Makezine bis Instructables, Kickstarter, Etsy und Quirky.

Bei der Open-Hardware-Bewegung waren meine Vorbilder vor allem Massimo Banzi vom Arduino-Projekt, Nathan Siedle von SparkFun, Limor Fried und Phillip Torrone von Adafruit, Bre Pettis von MakerBot Industries und Jay Rogers von Local Motors.

Bei den Werkzeugherstellern waren vor allem Carl Bass, der CEO von Autodesk, und sein Team eine unschätzbare Quelle der Inspiration und Unterstützung, ebenso wie Jim Newton und Mark Hatch von TechShop sowie Derek Elley und David ten Have von Ponoko.

Bei *Wired*, wo man meine Passionen erträgt und mich manchmal sogar darin bestärkt, gilt mein ewiger Dank dem großartigen Team, das es immer wieder schafft, diese Welten auf unsere Seiten zu bringen (Druckausgabe, Tablet und Internet), und ganz besonders Thomas Goetz, der ebenfalls Bücher schreibt, während er eine Zeitschrift leitet und eine Familie hat – keine geringe Leistung, wie ich bestätigen kann. Mein Dank geht auch an Shoshona Berger, die mit *Wired Design* eine bemerkenswert kreative und aktive Möglichkeit entdeckt hat, um die Maker-Bewegung in die Mainstream-Medien zu bringen.

Mein größter Dank gilt meiner Mutter, Carlotta Anderson (der auch dieses Buch gewidmet ist), dafür, dass sie weise genug war, zu erkennen, dass das, was ihr Vater in seiner Werkstatt trieb, mehr war als reine Spielerei und ihr Kind eines Tages dazu inspirieren konnte, selbst mehr zu tun, als nur herumzuspielen. Mir war es zu der Zeit nicht bewusst, aber jene Sommer, in denen meine Eltern mich zu meinem Großvater schickten, veränderten mein Leben. Es dauerte 30 Jahre, bis zum Anbruch einer neuen technologischen Ära, bis die Saat aufging. Danke, Mom, dass du Großvaters Werkzeuge, Patente und Zeichnungen aufgehoben hast, damit du sie eines Tages an mich weitergeben konntest. Sie bedeuten mir heute mehr, als ich es mir jemals hätte vorstellen können.

## ANMERKUNGEN

- 1 »The New Digital Economy«, Juni 2011, [http://www.citibank.com/transactionservices/home/docs/the\\_new\\_digital\\_economy.pdf](http://www.citibank.com/transactionservices/home/docs/the_new_digital_economy.pdf)
- 2 Eine der Bands hieß REM und fing etwa zur selben Zeit an wie die »anderen« R.E.M. Wie die beiden Bands ihren Namensstreit beilegen, ist eine amüsante kleine Geschichte. Die Kurzform lautet: Die beiden Bands traten bei einem Konzert gegeneinander an, wir verloren haushoch und trugen fortan den Namen »Egoslavia«. Die ganze Geschichte kann auf meinem Blog nachgelesen werden: [http://www.longtail.com/the\\_long\\_tail/2006/07/my\\_new\\_wave\\_hai.html](http://www.longtail.com/the_long_tail/2006/07/my_new_wave_hai.html), »My New Wave Hair: An Apology (and a Story)« vom 17. Juli 2006.
- 3 Cory Doctorow, *Makers*, London, Tor Books 2009.
- 4 Terrence O'Brien, »Shanghai Science and Technology Commission proposes 100 »innovation houses« for DIYers«, *Engadget*, 12. November 2011, <http://www.engadget.com/2011/11/12/shanghai-science-and-technology-commission-proposes-100-innovat/>
- 5 Ina Steiner, »Etsy Grows Marketplace GMV 71 Percent in 2011« *EcommerceBytes*, 7. Februar 2012, <http://www.ecommercebytes.com/cab/abn/y12/m02/i07/s02>
- 6 Spencer E. Ante, »Etsy Knits Together a Market«, *The Wall Street Journal*, 13. Juli 2011, <http://online.wsj.com/article/SB10001424052702304223804576444042827007476.html>
- 7 Dale Dougherty, »DARPA MENTOR Award to Bring Making to Education«, 16. Januar 2012, <http://makerspace.com/2012/01/16/darpa-mentor-award-to-bring-making-to-education/>
- 8 Sie werden beim Lesen dieses Buches immer wieder merken, dass ich kein reiner Beobachter der Maker-Bewegung bin, sondern selbst ein Teil davon. Neben 3D Robotics, dessen Mitgründer ich bin, habe ich unter anderem mit Autodesk und Ponoko zusammengearbeitet, um diese Entwicklung voranzutreiben, manchmal als offizieller Firmenberater. Dieses Buch baut auf meinen Erfahrungen an der Speerspitze der Bewegung auf. Ich habe mich stets nach den Standards von journalistischer Berichterstattung und Forschung gerichtet und mich um sachliche Richtigkeit bemüht, bin aber voreingenommen. Ich glaube an diese Zukunft und arbeite daran, sie aufzubauen.
- 9 »2011: The Stats«, Blogbeitrag vom 9. Januar 2012, <http://www.kickstarter.com/blog/2011-the-stats>
- 10 Alyson Shontell, »Kickstarter Is On Track To Generate ~\$300 Million In Funding This Year«, *Business Insider*, 21. April 2012, <http://www.businessinsider.com/kickstarter-on-track-to-generate-300-million-in-2012-funding-2012-4>
- 11 <http://www.crunchbase.com/>
- 12 Steven Levy, »Steve Jobs, 1955–2011«, *Wired*, 5. Oktober 2011, <http://www.wired.com/business/2011/10/jobs/1>

- 13 Walter Isaacson, *Steve Jobs*, München, C. Bertelsmann 2011, S. 81 f.
- 14 William Rosen, *The Most Powerful Idea in the World*, New York, Random House 2010, S. 214.
- 15 »Richard Field on Management and Information Science: Life Expectancy«, <http://apps.business.ualberta.ca/rfield/lifeexpectancy.htm>
- 16 François Crouzet, *The Industrial Revolution in National Context: Europe and the USA*, Cambridge, UK, Cambridge University Press 1996.
- 17 »A Brief History of the Corporation: 1600 to 2100«, 8. Juni 2011, <http://www.ribbonfarm.com/2011/06/08/a-brief-history-of-the-corporation-1600-to-2100/>
- 18 Duncan Bythell, »The Industrial Revolution: Cottage Industry and the Factory System«, *History Today* 33 (1983), <http://www.historywithmrgreen.com/page7/assets/The%20Industrial%20Revolution%20Cottage%20Industry%20and%20the%20Factory%20System.pdf>
- 19 Lawrence M. Fisher, »Plug Is Pulled on Heathkits, Ending a Do-It-Yourself Era«, *The New York Times*, 30. März 1992, <http://www.nytimes.com/1992/03/30/business/plug-is-pulled-on-heathkits-ending-a-do-it-yourself-era.html>
- 20 Michael J. Piore und Charles F. Sabel, *Das Ende der Massenproduktion*, Berlin, Wagenbach 1985.
- 21 Adam Davidson, »Don't Mock the Artisanal-Pickle Makers«, *The New York Times Magazine*, 15. Februar 2012, <http://www.nytimes.com/2012/02/19/magazine/adam-davidson-craft-business.htm>
- 22 Michael I. Norton et al., »The IKEA effect: When labor leads to love«, *Journal of Consumer Psychology* 2012, Vol. 22, S. 453 – 460, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057740811000829>
- 23 Mario Carpo, *The Alphabet and the Algorithm*, Cambridge, MA, MIT Press 2011, <http://mitpress.mit.edu/books/alphabet-and-algorithm> (Deutsche Ausgabe: Mario Carpo, *Alphabet und Algorithmus*, Bielefeld, Transcript; 2012)
- 24 Neil Gershenfeld, *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop*, New York, Basic Books 2005.
- 25 Carl Bass, »The past, present and future of 3-D printing«, *The Washington Post*, 24. August 2011, [http://www.washingtonpost.com/national/on-innovations/the-past-present-and-future-of-3-d-printing/2011/08/21/gIQAq4fJZ\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/national/on-innovations/the-past-present-and-future-of-3-d-printing/2011/08/21/gIQAq4fJZ_story.html)
- 26 Rich Karlgaard, »3D Printing Will Revive American Manufacturing«, *Forbes*, 23. Juni 2011, <http://www.forbes.com/sites/richkarlgaard/2011/06/23/3d-printing-will-revive-american-manufacturing/>
- 27 Quelle: CafePress Inc., »Form S-1/A Registration Statement, filed with the United States Securities and Exchange Commission on March 28 2012«, <http://investor.cafepress.com/secfilings.cfm?filingID=1193125-12-135260&CIK=1117733>
- 28 »How to run an open source hardware company«, Präsentation vom 19. Juli 2010, <http://de.slideshare.net/adafruit/hope2010-4790096>
- 29 Curt Wohleber, »The Windshield Wiper: Nonstop ones made drivers crazy. Inventing a solution did the same to Robert Kearns«, *American Heritage Invention and Technology* 23 (2007), <http://www.americanheritage.com/events/articles/Web/20070709-windshield-wiper-robert-kearns.shtml>
- 30 Matt Schudel, »Accomplished, Frustrated Inventor Dies«, *The Washington Post*, 26. Februar 2005, S. B01, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A54564-2005Feb25.html>
- 31 Jason Thompson, »Homegrown – Local Motors Rally Fighter«, *Diesel Power*, Mai 2010, [http://www.dieselpowermag.com/features/1005dp\\_local\\_motors\\_rally\\_fighter/](http://www.dieselpowermag.com/features/1005dp_local_motors_rally_fighter/)
- 32 Steve Temple, »Forever Young«, [http://www.meyersmanx.com/pdf-files/Meyers\\_Manxter2.pdf](http://www.meyersmanx.com/pdf-files/Meyers_Manxter2.pdf)
- 33 Ronald H. Coase, »The Nature of the Firm«, *Economica* 4 (1937), <http://www.jstor.org/discover/10.2307/2626876?uid=3737864&uid=2&uid=4&sid=21101010485103>
- 34 Friedrich A. von Hayek, »Die Verwertung des Wissens in der Gesellschaft«, *Economica* 13 (1945), S. 1 – 31.
- 35 Dass so viele Mitglieder des Teams aus Tijuana kommen, ist bemerkenswert. Ich hatte inzwischen die Gelegenheit, die Stadt aus der Sicht einer jungen Unternehmergeneration zu

- betrachten, und fand dabei heraus, dass sie viel mehr ein Hightech-Industriestandort ist (fast alle Flachbildfernseher, die man in den Vereinigten Staaten kaufen kann, werden dort hergestellt) als der Tummelplatz von Drogenhändlern und Tequilasäufern, als der sie bei Amerikanern unveränderlich gilt. Die Jugendlichen, die in den letzten Jahrzehnten in »TJ« aufwuchsen, sind Teil des kalifornischen Technologiekorridors, der sich von San Francisco bis San Diego erstreckt. Sie haben Zugriff auf die ganze Technologie 20 Minuten jenseits der Grenze in San Diego, aber für einen Bruchteil der Kosten. Es ähnelt dem Hongkong/Shenzen-Nexus: niedrigere Lohnkosten jenseits der Grenze, aber gleiches Know-how.
- 36 David Bollier, *The Future of Work*, Washington, D. C., Aspen Institute 2011, S. 17. [http://www.aspeninstitute.org/sites/default/files/content/docs/pubs/The\\_Future\\_of\\_Work.pdf](http://www.aspeninstitute.org/sites/default/files/content/docs/pubs/The_Future_of_Work.pdf)
  - 37 Gary P. Pisano und Willy C. Shih, »Restoring American Competitiveness«, *Harvard Business Review*, Juli-August 2009, <http://hbr.org/hbr-main/resources/pdfs/comm/fmglobal/restoring-american-competitiveness.pdf>
  - 38 Kenneth L. Kraemer et al., »Capturing Value in Global Networks: Apple's iPad and iPhone«, [http://pcic.merage.uci.edu/papers/2011/Value\\_iPad\\_iPhone.pdf](http://pcic.merage.uci.edu/papers/2011/Value_iPad_iPhone.pdf)
  - 39 The Boston Consulting Group, »Made in the USA, Again: Manufacturing Is Expected to Return to America as China's Rising Labor Costs Erase Most Savings from Offshoring«, <http://www.bcg.com/media/pressreleasedetails.aspx?id=tcm:12-75973>
  - 40 »Top companies: Biggest employers«, *CNN Money*, 25. Juli 2011, <http://money.cnn.com/magazines/fortune/global500/2011/performers/companies/biggest/>
  - 41 Michael Schuman, »Is the iPhone bad for the American economy?«, *TIME Business*, 11. Januar 2011, <http://business.time.com/2011/01/11/is-the-iphone-bad-for-the-american-economy/>
  - 42 Paul Spinrad, »Improving the landscape for organic startups«, *O'Reilly Radar*, 6. Mai 2011, <http://radar.oreilly.com/2011/05/crowdfunding-exemption.html>
  - 43 »President Obama To Sign Jumpstart Our Business Startups (JOBS) Act«, Pressemitteilung des Weißen Hauses vom 5. April 2012, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2012/04/05/president-obama-sign-jumpstart-our-business-startups-jobs-act>
  - 44 Dominic Basulto, »The underground venture capital economy«, *The Washington Post*, 2. September 2011, [http://www.washingtonpost.com/blogs/innovations/post/the-underground-venture-capital-economy/2010/12/20/gIQAzkRQv\\_blog.html](http://www.washingtonpost.com/blogs/innovations/post/the-underground-venture-capital-economy/2010/12/20/gIQAzkRQv_blog.html)
  - 45 Sarah Dopp, »Kickstarter Fundraising: Myths, Facts, and Alternatives«, 3. Februar 2011, <http://cultureconductor.com/author/sarahdopp/>
  - 46 Laura Locke, »Kickstarter crowdsourced cash empowers US innovators«, BBC.com, 26. März 2012, <http://www.bbc.com/news/technology-17531736>
  - 47 Carlye Adler, »How Kickstarter Became a Lab for Daring Prototypes and Ingenious Products«, *Wired Magazine*, April 2011, [http://www.wired.com/magazine/2011/03/ff\\_kickstarter/all/1](http://www.wired.com/magazine/2011/03/ff_kickstarter/all/1)
  - 48 Chad Dickerson, »Notes from Chad: Funding Etsy's Future«, <http://www.etsy.com/blog/news/2012/notes-from-chad-funding-etsys-future/>
  - 49 Steve Keifer, »B2B E-Marketplaces Rise and Fall«, <http://de.slideshare.net/stevekeifer/b2b-emarketplaces-rise-and-fall-by-steve-keifer>
  - 50 »Institute For The Future Technology Horizons Program Summer 2011«, [http://ftp.iftf.me/public/IFTF\\_open\\_fab\\_China\\_conversation.pdf](http://ftp.iftf.me/public/IFTF_open_fab_China_conversation.pdf)
  - 51 Neal Stephenson, *Diamond Age - die Grenzwelt*, München, Goldmann 1996.
  - 52 Ann Finkbeiner, »Crystal method«, *The University of Chicago Magazine*, September–Oktober 2011, <http://mag.uchicago.edu/science-medicine/crystal-method>
  - 53 Chris Anderson, *Free - Kostenlos: Geschäftsmodelle für die Herausforderungen des Internets*, Frankfurt am Main, Campus 2009.
  - 54 Nachfolgend sind die wichtigsten Werkzeuge in meiner Werkstatt aufgelistet:
    - Hardware:
      - MakerBot der ersten Generation, so weit wie möglich aufgerüstet
      - MakerBot-Cyclops-3-D-Scanner

## 278 ANHANG

- MyDIYCNC
- Hitachi-Tischbandsäge
- Dremel-Workstation/Standbohrer
- Weller-WES51-Lötstation
- Picoscope-USB-Oszilloskop
- Saleae-USB-Logikanalysator
- Volleman-Netzgerät/Multimeter/Lötstation
- Software:*
- Adobe Illustrator (für Laserschnittvorlagen)
- Autodesk 123D (für 3-D)
- CadSoft EAGLE (für PCB-Entwürfe)
- Arduino, Notepad++ sowie TortoiseSVN und TortoiseGIT für die Versionskontrolle

# REGISTER

## Symbole

- 2-D-Zeichenprogramm 265
- 3-D-Drucker 25, 30 ff., 44, 71, 74 f., 78, 95 ff., 99 ff., 108 ff.
  - erste Schritte mit 266
  - Funktionsweise 105 ff.
- 3D Robotics 31, 122, 128, 130, 169, 257
- 3-D-Scanner 99, 114
  - erste Schritte mit 267 f.
- 3D Systems 32
- 3-D-Zeichenprogramm 265
- 3M 175

## A

- Adafruit 126, 131, 270 f.
- Adler, Carlye 201, 203
- Adobe Illustrator 112, 264 f.
- Advanced Circuits 42
- Ägypten 46, 55
- Airbnb 18
- Aktienoption 130
- Alavi, Maryam 173
- Alibaba 237 ff., 243
- Aliph 176
- Amazon 77, 85, 111, 173, 234
- Andon, Alex 190 f., 198
- Android 126, 133, 184, 194, 240
- Angry Birds 259
- Ansari X Price 213
- Apple 34 f., 79, 85, 87, 89, 139, 153 f., 166 f., 174 f., 184 f., 225, 241, 258

- Apple GarageBand 23
- Apple II 32, 34, 69
- Apple LaserWriter 69, 71
- Arbeitskosten 36, 161 f., 174, 178, 180, 257 ff.
- Arbeitsplätze 176 ff.
- Arbeitsteilung 51, 82, 160
- Arduino 31, 41 f., 110, 126, 134 f., 168, 196, 241, 250, 270 f.
- ArduPilot Mega 135, 137
- Ariba 233
- Ariely, Dan 83
- Art Center College of Design 147 ff.
- Aspen Institute 173
- Asseily, Alex 176
- Atome und Bits 19, 25, 67, 223 ff.
- AT&T 68, 259
- AutoCAD 264
- Autodesk 32, 87, 101
- Autodesk 123D 38, 67, 243, 265
- Autodesk 123D Catch 114, 267 f.
- Autodesk 123D Make 268 f.
- Automatisierung 27, 55, 158, 162, 176, 178, 180, 183, 257 f.
- Automobilindustrie 90, 139 ff.
- Autopilot 118 f., 122, 135 ff., 168

## B

- Babble.com 79
- Backmischung 83
- Bankdarlehen 190 ff.
- Bass, Carl 101 f.
- Basulto, Dominic 197

Baumwolle *45 ff.*, *49*, *55 f.*  
 Bed Bath & Beyond *205*  
 Bell Labs *68*  
 Bessemer-Verfahren *50*  
 Bevölkerungswachstum *48*, *62*  
 Bezos, Jeff *111*, *234 f.*  
 BioCurious *250*  
 Biodrucker *101*  
 Biologie *245 ff.*  
 Bits und Atome *19*, *25*, *67*, *223 ff.*  
 BlackBerry *195*  
 Blake, William *48*  
 Blog *23*, *78*, *119*, *131*  
 Blue Origin *234 f.*  
 BMW *89*, *150*, *154*  
 Boeing *175*, *214*  
 Börsenaufsicht *196 f.*, *200*  
 Boston Consulting Group *178*  
 Botcave *108*, *110*  
 Boulton, Matthew *17*  
 Brand, Stewart *34 f.*  
 Branson, Richard *213*  
 BrickArms *211*, *219 ff.*  
 BrickForge *221*  
 BrickStix *221*  
 British Aerospace (BAE Systems) *60*  
 Brooklyn Machine Works *179*  
 BT *259*  
 Bump *18*

## C

CAD-Programm *38*, *87 f.*, *98*, *243 f.*  
 – erste Schritte mit *264 f.*  
 CadSoft EAGLE *128*, *264*  
 CafePress *90*, *104 f.*  
 Capture *202*  
 Carpo, Mario *84 f.*, *89*  
 Caterpillar *179*  
 CERN *23*  
 Chapman, Will *218 ff.*  
 Chemiekasten *66*  
 Chen, Perry *202 f.*  
 China  
 – Arbeitskosten *178*, *180*, *183*, *257 ff.*  
 – Internet *237 f.*  
 – Piraterie *135 f.*, *138*  
 – Produktion *174 f.*, *178 ff.*, *184*, *220*,  
*228*  
 – Spinnmaschine *46*  
 China Pages *237*  
 Chrysler *142*

Citibank *19*  
 Clarke, Arthur C. *96*  
 CNC-Maschine *97*, *106*, *112 f.*  
 – erste Schritte mit *269 f.*  
 CNC-Router *44*  
 Coase, Ronald *165 f.*, *171 f.*  
 Commerce One *233*  
 Computer *52 f.*, *160*  
 – Geschichte des *68*  
 Condé Nast *18*  
 CorelDRAW *264*  
 Costco *111*  
 Creative Commons *127*  
 – Attribution-ShareAlike-Lizenz *128*  
 Crowdfunder *197*  
 Crowdfunding *32*, *190*, *192*, *195 ff.*, *200 f.*  
 Culture Conductor *199*

## D

Dampfmaschine *17*, *46 f.*, *50*, *55*  
 Dassault Systèmes *235*  
 Davidson, Adam *83*  
 Defense Advanced Research Projects  
 Agency (DARPA) *44*, *152*  
 Dell *89 f.*  
 Demokratisierung *18 f.*, *76*, *79*, *163*, *198*, *218*,  
*223*, *229*, *250*  
 Dering, Peter *202*  
 Design, derivatives *135*  
 Designkurs *67*  
 Desktop *68*  
 Desktop-Publishing *23*, *68 ff.*, *107*  
 Detroit TechShop *155*  
 Dickerson, Chad *209 f.*  
 Dischord *22*  
 Dixie Tool and Die *231*  
 Dixons *62*  
 DIYbio *250*, *252*  
 DIY Drones *119 f.*, *130*, *134*, *137*, *168*  
 DNA *247 ff.*  
 DNA-Polymerase *249*  
 Doctorow, Cory *27*, *255*  
 Dodge Challenger *150*  
 Do-it-yourself-Herstellung *37 f.*  
 Do-it-yourself-Mentalität *19*, *23*, *33*  
 Dopp, Sarah *199*  
 Dorfmeister, Richard *202*  
 Dorsey, Jack *224 ff.*  
 Dorsey, Marcia *224*  
 Dremel *113*, *251*, *269*  
 DremelFuge *250*

DropBox 18  
Dyson 60

## E

eBay 63, 77, 134, 207f., 233, 238  
Economic Gardening 179  
Elektroauto 154, 157, 161  
Elektronik, erste Schritte mit 270f.  
Eliza Tinsley & Co 63  
Embedded Computing 41  
eMetals 233  
Engels, Friedrich 50  
Environmental Protection Agency 151  
Epson 111  
eTextiles 233  
Etsy 31, 63, 131, 207ff.  
Excel 67  
Exklusivität 80  
Experimental Aircraft Association 214  
Extremophile 249

## F

Fabber 63, 71, 223, 264  
Fab Lab 58ff.  
Fabrik 48ff., 61  
Facebook 18, 33, 78, 119, 131, 186, 193  
Factory Five Racing 146  
Factory Records 56  
Fanuc 156  
Federal Aviation Administration 151  
Feynman, Richard 86  
Firefox 31, 126  
Flaherty, Joseph 86  
Fließband 51  
Ford Edsel 222  
Ford F-150 150  
Ford, Henry 51, 157, 222  
Ford Motor Company 44, 141f., 145, 155, 175, 222, 231f.  
Fotografie, digitale 70, 74  
Fotoverwaltungssoftware 37  
Foxconn 185, 257ff.  
Free, Mitch 231ff.  
Friedman, Thomas 171  
Frueh, Andrew 42  
Fugazi 22  
Fuller, Richard Buckminster 35  
Funded By Me 200  
Fused Deposition Modeling (FDM) 105

## G

Gandhi, Mahatma 256  
GardenBot 42  
Gartner Group 236  
Garvey, Cathal 251  
Gates, Bill 233  
G-Code 37, 107, 226  
GeekDad-Blog 120  
GeekDad Inc. 120  
Gemeinschaftsaufbau 130ff.  
General Electric 44, 175, 259  
General Motors (GM) 149f., 154, 156f., 159, 175, 259  
Genetik 249, 250f.  
Genspace 250  
Gershenfeld, Neil 25, 59, 91, 246ff.  
Gesundheit 48  
Gewinn 124ff.  
Gildensystem 47, 61, 64  
Glasbläserei 224, 229  
Glass, Noah 225  
Glückswirtschaft 83ff.  
Goldberg, Whoopi 196  
Google 31, 70, 77, 79, 85, 88, 109, 154, 184, 238  
GPL-Lizenz 128  
Griscom, Rufus 79

## H

H316 Pedestal Model 69  
Handwerk 84, 207ff.  
Handwerkerbewegung 80  
Hargreaves, James 45ff.  
Hauser, Fred 13ff., 17, 19, 21, 25f., 39, 42f., 87f., 141  
Hayek, Friedrich von 166  
Heathkit 65f.  
Heimindustrie 61ff.  
Heroku 18  
Hewlett-Packard (HP) 111, 139  
Heyzap 18  
Hippel, Eric von 92  
Homebrew Computer Club 32, 34f., 120, 256  
Homebrew Printing Club 108  
Honda 154  
Honeywell 68  
Hurst, Erik 83  
Hydro-Rain 16f.  
Hygiene 49

## I

IBM 32, 53, 68 f.  
 Igoe, Tom 241  
 IKEA 44, 84, 113, 222  
 IKEA-Effekt 83  
 i.materialise 80  
 Indegogo 200  
 Indian Motorcycle 144  
 Indien 46, 256  
 Industrie 25, 35 f.  
 Industrielle Revolution 48, 50  
 – dritte 52 ff.  
 – erste 54 f., 60, 63, 176, 178  
 – neue 29 ff., 62  
 – zweite 50 ff.  
 Informationszeitalter 52 f.  
 Inkscape 265  
 Insley, Haydn 59  
 Institute for the Future 240 f.  
 Instructibles 263  
 Internet 23, 53  
 iPad 23, 114, 228, 241, 257 f.  
 iPhone 153, 175, 183 f., 185, 194, 240 f., 257  
 iPhoto 37  
 iPod 201, 204  
 IRA 57  
 Isaacson, Walter 35  
 iTunes 225

## J

JamBox 176  
 Jawbone 176  
 Jefferson, Thomas 126  
 Jellyfish Art 190  
 Jobs, Paul 34  
 Jobs, Steve 34 f., 69, 71, 167  
 Jones, Jeff 143 f.  
 Joy, Bill 165 ff., 172  
 Joy's Law 165, 167, 172  
 J&R Shorrock 56  
 Jumpstart Our Business Startups (JOBS) Act (2012) 197  
 Just in time 145, 157 ff.

## K

Kampfunterstützungsfahrzeug XC2V 152  
 Kapital, soziales 127, 193, 198 ff.  
 Karlgaard, Rich 102

Katalogversandhandel 77  
 Kauffman, Ben 204  
 Kearns, Robert 140 ff.  
 Kibbuz 256  
 Kickstarter 32, 131, 191 ff., 206 ff.  
 Kim, Sangho 147, 149  
 Kindersterblichkeit 49  
 Kindle 2 173, 184  
 Kinko's 31  
 Kinnear, Greg 141  
 Kit Car 146, 214  
 Kit Plane 214  
 Kodak 74  
 Kottke, Jason 91  
 Kraemer, Kenneth 175  
 Kreditkartenlesegerät 226 ff., 230  
 Kristall 247  
 Kruder, Peter 202  
 KUKA 156, 159, 161 f.  
 Kunsthandwerker 79 ff., 83

## L

Labino, Dominick 229  
 Lasercutter 25, 31, 98, 112 f.  
 – erste Schritte mit 268 f.  
 Launcht 197  
 Lebenserwartung 49  
 Lego 24, 84, 118 f., 121, 211, 218 ff., 243, 246 f.  
 Lego Mindstorms 117 ff.  
 LendingTree 233  
 Lernkurve, zusammengesetzte 86  
 Levy, Steven 34  
 Li, David 240  
 Linux 31, 126  
 Littleton, Harvey 229  
 Liverpool and Manchester Railway 56  
 Local Motors 143, 145 ff., 149, 151 ff.  
 – Local Forge 153  
 – Rally Fighter 126, 143, 147, 149 ff.  
 Lockheed Martin 175  
 Loopt 18  
 Luftfahrtindustrie 212 ff.  
 Lulu 90  
 LunaTik 201  
 Lynn, Greg 88

## M

Macintosh 69  
 Ma, Jack 237 ff.

Make 32, 263  
 Maker-Bewegung 19, 24, 27, 31f., 34, 63  
   – Anfänge 32  
   – Definition 33  
   – Finanzierung 189ff.  
   – Industrialisierung 53  
 MakerBot 256  
 MakerBot 3D Scanner 267f.  
 MakerBot Industries 32, 37, 105, 108, 110f.,  
   131, 266  
 MakerBot Replicator 266  
 MakerBot Thing-O-Matic 74f., 108ff., 126  
 Maker Faire 31  
 Makers 27  
 Makerspace 30f., 35, 112, 269  
 Manchester 50, 54ff., 64  
   – Fab Lab 58ff.  
   – New Islington 57  
   – Northern Quarter 54, 57  
   – Ship Canal 55  
   – Spinningfields 57  
 Marihuana 251  
 Marketing 131f.  
 Marktforschung 192f., 206  
 Marx, Karl 15, 38, 79  
 Massachusetts Institute of Technology  
 (MIT) 59  
   – Center for Bits and Atoms 25, 59  
   – Media Lab 25, 248  
 Massenproduktion 51, 81ff., 102, 104, 221f.,  
   227  
   – individualisierte 89ff.  
 Materie, programmierbare 247ff.  
 McKelvey, Jim 223f.  
 Medien, soziale 23, 91, 193  
 Memetik 193  
 Mercedes 154  
 MeshLab 268  
 MFG.com 233ff., 238, 243  
 Mikrowelle 95  
 Minor Threat 22  
 Mira 223f.  
 Mission Motors 179  
 Mitsubishi 150  
 Moody Rainmaster 15  
 Moore, Gordon 86  
 Mooresches Gesetz 68, 86  
 Motorola 141, 184  
 Mullis, Kary 249  
 Muñoz, Jordi 122f., 168ff.  
 Musikindustrie 22f., 56, 75  
 Musk, Elon 156, 160  
 MyDIYCNC 113, 270

## N

NASA 160  
 NCR 179, 228  
 Negroponte, Nicholas 25  
 Neiman Marcus 69  
 Netzwerkeffekt 33, 123, 133  
 New United Motor Manufacturing  
 (NUMMI) 156ff.  
 Nike 85, 90, 201  
 Ning 119  
 Nintendo 168  
 Nischenprodukt 63, 76, 78, 80ff., 91, 104, 179,  
   223  
 Nissan 154  
 Northrop Grumman 218  
 Northwest Airlines 232

## O

Obama, Barack 31, 152, 197  
 Odeo 225  
 Open Hardware 31, 117ff.  
 OpenPCR 250  
 Open Source Ecology 256  
 Open-Source-Lizenz 42  
 OpenSprinkler 40, 42f.  
 Oracle 166  
 O'Reilly 32, 196  
 O'Reilly, Tim 128  
 Organisation, offene 165ff.  
 Otto, Louis-Guillaume 50  
 Oxford Economics 19

## P

Passin, Gilbert 157  
 Patent 14ff., 39, 42f., 46f., 126ff., 141f., 156  
 Patent Act (1790) 126  
 PayPal 239  
 Pebble 194f.  
 Peet's 180  
 Penske Automotive Group 149  
 Perfetto, Josh 250  
 Personal Computer (PC) 34, 53, 66, 69, 72,  
   91, 120, 161  
 Pettis, Bre 108  
 Physical Computing 41  
 Picasa 37  
 Pinterest 78, 259  
 Piore, Michael 82

Piraterie *132 ff., 138, 240*  
 Pisano, Gary *173 f., 186*  
 Pivot Power *205*  
 Platt Brothers *56*  
 Pocken *48*  
 Polulu *112*  
 Polymerase-Kettenreaktion *249*  
 Polyopson *233*  
 Ponoko *112, 242 f., 266, 269*  
 Postscript *69 f., 107*  
 PowerPoint *67*  
 Preiskalkulation *124 ff.*  
 Procter & Gamble *175*  
 Produktion  
 – offene *172 f.*  
 – schlanke *157 f.*  
 Protein *247*  
 ProTools *23*  
 PTC *32*  
 Punkrock-Bewegung *21*

Q

Quallenaquarium *189 ff., 193, 198, 201*  
 Quirky *32, 204 ff.*

R

Rahman, Hosain *176*  
 Rao, Venkatesh *52*  
 Rasensprenger *14 ff., 39 ff.*  
 Reality Capture *114 f., 267*  
 Reddit *18*  
 Regreetsy *208*  
 Remix *87 f.*  
 Replicator-Blog *86*  
 ReplicatorG-App *109*  
 RepRap *32, 110, 126, 266*  
 Ribosom *247*  
 Ricardo, David *257*  
 Ries, Eric *79*  
 RNA *247*  
 Roboter *117 f., 120 f., 156, 159, 161 ff., 171, 178, 258*  
 Rocket Company, The *213*  
 RocketHub *197, 200*  
 Rogers, Jay *143 ff., 152 f.*  
 Rogers, Ralph *144*  
 Rosen, William *46*  
 Rotary Rocket *212*  
 Rücklagen, kognitive *149*  
 Rutan Aircraft Factory (RAF) *217*  
 Rutan, Burt *211 ff., 216 ff.*

S

Sabel, Charles *82*  
 Sandberg, Sheryl *186*  
 San Francisco Chronicle *228*  
 Scaled Composites *211 ff.*  
 Scheibenwischer *140 ff.*  
 Schumpeter, Joseph *52*  
 Science-Fiction *95*  
 Seeed Studio *126*  
 Selbstversorgung *256*  
 Selektives Lasersintern (SLS) *106*  
 SFMade *179*  
 Shanzai.com *239*  
 Shanzhai-Industrie *239 ff.*  
 Shapeways *32, 242 f., 266*  
 Shih, Willy *173 f., 186*  
 Shirky, Clay *149*  
 ShopBot *113, 270*  
 Shutterfly *242*  
 Siedle, Nathan *182 f.*  
 Sims 3 *73*  
 SketchUp *67, 109, 264 f.*  
 Slashdot *119*  
 Small Batch *91 f.*  
 Smartwatch *194 f.*  
 Smith, Adam *81*  
 Smith, Zach *108*  
 SolidWorks *228, 264 f.*  
 Sony *176, 194 f.*  
 SpaceShipOne/-Two *213, 218*  
 SpaceX *160*  
 SparkFun *122, 126, 131, 182 ff., 270 f.*  
 Spinning Jenny *45 ff., 51, 61, 63 f.*  
 Spinrad, Paul *196*  
 Square *211, 226 ff.*  
 Stark, Tony *156*  
 Stephenson, Neal *245*  
 Stereolithografie (SLA) *106*  
 Strandbuggy *152, 154*  
 Strickler, Yancey *203*  
 Sun Microsystems *165 f.*

T

Taobao *134*  
 Tcho *80, 180*  
 TechShop *31, 59, 155 f., 223, 225 ff., 269*  
 Teen Idles *22*  
 Tesla *154, 156 f., 159 ff.*  
 Tesla Model S *156, 161*  
 Tesla Roadster *154*  
 Textilindustrie *56*

THC 251  
 Thermocycler 249f.  
 Thingiverse 74  
 Third Degree Glass Factory 229  
 Threadless 90, 104f., 145  
 TikTok 201  
 Tinkercad 265  
 Tintenstrahldrucker 71f., 74f., 96,  
 105f.  
 Torrone, Phillip 126  
 Toynee, Arnold 50  
 Toyota 154, 156f., 159  
 Tumblr 78, 176  
 Twine 195  
 Twitter 33, 176, 193, 225, 228  
 Twtr 225

## U

Ultimaker 266  
 Unabhängigkeitserklärung 47  
 United Aircraft Corporation. *Siehe* UAC  
 United Auto Workers Union 178  
 Universal Fabricator 245  
 Unternehmer vs. Erfinder 17f., 26  
 US Steel 175

## V

VariEze 217  
 VariViggen 217  
 VeriFone 230  
 Versorgungskette 160, 258f.  
 – globale 55, 82, 145, 259  
 – offene 173ff.  
 VerticalNet 233  
 Vertrieb 77  
 Vigen 217  
 Virgin Galactic 213f.  
 Visa 228  
 Vorteil, komparativer 55, 160, 257

## W

Wal-Mart 80, 91f., 111, 185, 222, 233  
 Wang, Rui 42f.  
 Wards 62  
 Watt, James 17, 47  
 Weber, Florian 225  
 Weightless Economy 54  
 Weller WES51 271  
 Werkunterricht 65ff.  
 Wham-O 179  
 WhiteKnightOne/-Two 213  
 Whole Earth Catalog 35, 256  
 Whole Earth Truck Store 35  
 Wikipedia 128  
 Williams, Evan 225  
 Wilson, Scott 201  
 Wissensgesellschaft 54  
 WordPress 133  
 Wozniak, Steve 34f.  
 Wufoo 18

## X

Xiaojiang Huang (Hazy) 136ff.  
 Xinchajian 240  
 Xobni 18

## Y

Yahoo 238  
 Y Combinator 18  
 YouTube 23, 78

## Z

Zahntechnik 99f.  
 Zein, Jake 205  
 Zuckerberg, Mark 18  
 Zynga 186



»Ein tolles Buch! Anderson zeigt, dass uns die  
eigentliche Internet-Revolution erst noch bevorsteht:  
Wir müssen nicht länger alles hinnehmen, was  
die etablierten Produzenten uns vorsetzen.  
Wenn jeder mit wenig Aufwand selbst nützliche  
Produkte herstellen kann – das ist die  
Demokratisierung der Produktion!«

Günter Faltn, Autor des Bestsellers *Kopf schlägt Kapital*

»*Makers* ist Pflichtlektüre für jeden, der verstehen  
will, wie sich das Erfinden von Grund auf verändert –  
jetzt und in Zukunft.«

Dan Ariely, Autor von *Denken hilft zwar, nützt aber nichts*

ISBN 978-3-446-43482-0  
22,90 € [D] 23,60 € [A] WG 973



9 783446 434820

[www.hanser-literaturverlage.de](http://www.hanser-literaturverlage.de)