



# Digitale Zukunft: Industrie 4.0

*Die Fertigungswirtschaft im digitalen Zeitalter*

## Executive Report

Digitaler Betrieb

### Digitaler Betrieb für die Welt von heute

Der digitale Betrieb transformiert Unternehmen durch analysegetriebene Geschäftsstrategien und Betriebsmodelle, die bereit sind für das Internet der Dinge (IoT). Dies optimiert Effizienz, Wachstum und Produktivität. IBM Digital Operations beinhaltet integrierte Dienstleistungs-, Software- und Infrastrukturlösungen. Unser Portfolio umfasst Connected Solutions, Building & Asset Optimization and Next Generation Supply Chain. Setzen Sie sich mit uns in Verbindung, um diese dynamische Landkarte zu navigieren. Besuchen Sie [ibm.com/services/us/business-consulting/digital-operations-internetofthings/](https://ibm.com/services/us/business-consulting/digital-operations-internetofthings/).

---

## Die digitale Fertigungsrevolution

*Das digitale Zeitalter bringt neue Denkweisen zu Fertigung und Betrieb. Industry 4.0, oft auch "Digitale Fertigung" genannt, benutzt intelligente Internet-der-Dinge (IoT)-Technologie, um dynamisch auf Produktionsanforderungen zu reagieren. Verbundene Sensoren und Kontrollsysteme in den Maschinen erlaubt Echtzeioptimierung von Produktionsprozessen und Wertschöpfungsnetzwerken, mit cyber-physischen Systemen bis hin zum Asset Management. Das ermöglicht vorausschauende Instandhaltung und statistische Evaluierung für größere Zuverlässigkeit und Lebensspanne der Anlagen. All dies verändert Fähigkeiten und Wertsprechen der Fertigung weltweit. Als Antwort bedürfen Fertigung und Betrieb einer digitalen Überholung: die Wertschöpfungskette braucht ein Neudesign und die Belegschaft muss neu trainiert werden – dringend.*

---

## Executive Summary

Seit den 1990ern wurden viele Standort- und Produktionsentscheidungen mit der Annahme getroffen, dass Asien (besonders China), Osteuropa und Lateinamerika Regionen mit niedrigen Kosten sind, im Gegensatz zu den U.S.A, Westeuropa und Japan. Diese Ansicht ist jedoch weitestgehend veraltet. Veränderungen bei Löhnen, Transport- und Distributionskosten, Produktivität und Verfügbarkeit von Strom verändern die traditionellen Überlegungen, wo man Vorprodukte bezieht, wo man produziert und wo verkauft. Die Gesamtkosten bis zur Produktauslieferung müssen analysiert werden, um die besten Orte für Bezug, Fertigung und Montage rund um die Welt zu bestimmen.

Inzwischen ist das Zeitalter der digitalen Fertigung da und drängt rasch vorwärts. Technologie entwickelt sich. Fortschritt und Wachstum in Gebieten wie Big Data und Analytics, Cloud, dem Internet der Dinge, Robotik und generativen Fertigungsverfahren verändern rapide die Dynamik in der Branche. Diese Technologien haben auch deutliche Auswirkungen: sie verändern das Wesen von Arbeitsplätzen in Branchen, die die Fertigungsbranche beliefern, unterstützen und bedienen, während letztere sich immer stärker auf Wissen stützt.

Mit dem digitalen Betrieb wird Information, die früher von Menschen geschaffen wurde, verstärkt von Maschinen und Dingen erzeugt – von Sensoren, RFID-Tags, Messgeräten, Aktuatoren, GPS und vielen mehr. Inventur passiert automatisch. Container erkennen ihren Inhalt. Montage wird robotisch sein und per Analytik automatisiert. Die gesamte Wertschöpfungskette wird verbunden sein – nicht nur Kunden, Lieferanten und Information, sondern auch Teile, Produkte und andere intelligente Objekte, die die Kette überwachen. Konnektivität ist extensiv und erlaubt weltweit Planung und Entscheidung in Echtzeit.



Veränderungen der Gesamtkosten bis zur Produktauslieferung bedingen ein Redesign der Wertschöpfungskette.



Technologien aus einer neuen Ära verändern die Landschaft in der Fertigung.



Die digitale Veränderung schafft neue wissensintensive Arbeitsplätze in der Fertigung

Außerdem werden Entscheidungsträger von hochentwickelten Analytics und Modellierung Hilfestellung bekommen, um Alternativen in einem ungeheuer komplexen und dynamischen Raum von Risiken und Nebenbedingungen zu bewerten. Intelligente Systeme werden manche Entscheidungen sogar automatisch treffen. So werden Reaktionszeiten und die Notwendigkeit menschlicher Eingriffe verringert.

Um im digitalen Zeitalter zu florieren, empfehlen wir Herstellern, sich ein beherztes Redesign der Wertschöpfungskette zu eigen zu machen. Dies sollte auf den sich verändernden Kostendynamiken basieren, und die Technologien der neuen Ära nutzen, um die Wertschöpfungskette messbarer und intelligenter zu gestalten. Während sie das tun, sollten sie darauf vorbereitet sein, die Mitarbeiteranforderungen dieser Verschiebung zum Digitalen hin zu adressieren.

## Neue Wirtschaftlichkeit in der Fertigung

Viele Firmen haben entdeckt, dass es für sie am sinnvollsten ist, nah an ihren Kunden zu fertigen. Sie erkennen, dass sie Fertigungsaktivitäten und globale Wertschöpfungsketten anpassen müssen, um den Veränderungen der Betriebskosten, der Bedingungen im traditionellem Offshoring und der Produktionsplattformen gerecht zu werden. Mit steigenden Lohnkosten in China und anderen Niedriglohnländern, hohen Einkaufs- und Logistikkosten und großen Unterschieden in Strom- und Erdgaskosten rund um die Welt, siedeln viele Unternehmen Produktion und Fertigung ein weiteres Mal um.<sup>1</sup>

Manche arbeitsintensiven Arbeitsplätze verschieben sich von China nach Südostasien oder einer anderen aufkommenden Niedriglohnregion. In transportkostensensitiven Branchen wie Konsumgütern und Haushaltsgeräten setzen viele Unternehmen jedoch eher auf „Near-shoring“, d.h. eine Fertigung nahe oder in ihren Schlüsselmärkten. Dieser Trend war am deutlichsten in Mexiko und verschiedenen U.S.-Staaten für den nordamerikanischen Markt, sowie in Osteuropa für den europäischen.<sup>2</sup> Während Arbeitskosten in China weiter stark steigen, sind Arbeitskosten in der Fertigung in den U.S.A und der Tschechischen Republik gesunken; ein weiteres Argument für Near-shoring.<sup>3</sup>

Rasche Veränderungen von Löhnen, Arbeitsproduktivität, Energiepreisen und Währungskursen haben dramatische Veränderung relativer Kostenstrukturen in der Fertigung hervorgerufen. Wenn Firmen ihr globales Sourcing und die Aufstellung ihrer Produktion neu ausrichten, müssen sie ihre Fertigungsstandorte auf der Basis der Gesamtkosten bis zur Produktauslieferung und der Service-Levels neu bewerten. Auch wenn die direkten Fertigungskosten an einem gegebenen Standort günstiger sein könnten, ist die mehrstufige Wertschöpfungskette zu beachten, einschließlich dem Bezug von Material und Teilen, Montage, Verpackung und zusätzlichem Transport und Logistik. Hinzu kommen versteckte Kosten wie Marktzugangsgeschwindigkeit und die Fähigkeit, Produkte an Kunden- und Marktanforderungen flexibel anzupassen.

### Digital werden: Reifenhersteller

Um im digitalen Wettbewerb besser aufgestellt zu sein, musste ein großer europäischer Reifen hersteller Einkaufsnetzwerk und Produktionsprozesse neu konzipieren. Zur Herstellung von Reifen braucht man viele Rohmaterialien wie Chemikalien, Gummi, Metal und Textilien in einem komplexen mehrstufigen Produktionsprozess. Manche Komponenten können nur von einer weltweit begrenzten Zahl von Lieferanten bezogen werden und haben lange Vorlaufzeiten.

Um das weitläufige Produktportfolio zu verwalten, implementierte der Hersteller eine umfassende Lösung zu Produktionsplanung, -vorhersage und -durchführung. Die neue Lösung fängt 10 Mio Datenelemente mit Einfluss auf Allokation und Kapazitätsplanung ein, wie z.B. Daten von einzelnen Fabriken, Lieferanten, Maschinen, Produkten oder Mitarbeitern. Sie zentralisiert Daten für einen kollaborativen und iterativen weltweiten Planungsprozess, und nutzt szenariobasierte Analyse auf Fabrikebene zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung.

## Die Technologien der digitalen Zukunft

Stetiger Fortschritt in Gebieten wie Big Data und Analytics, Cloud, dem Internet der Dinge (IoT), Robotik und additiver Fertigung bieten Chancen zur Effizienzsteigerung und Produktionsoptimierung, mit weitreichenden Implikationen für globale Wertschöpfungsketten (sh. Abb. 1). Diese Technologien eliminieren eintönige oder gefährliche Tätigkeiten, helfen dabei, die Fertigung näher an den Markt zu bringen, und ermöglichen verbesserten Kundendienst und Produktionseffizienz auf allen Ebenen.

### Abbildung 1

*Digitale Produktionstechnologien<sup>d</sup>*

#### Das IoT schafft die Grundlage für digitale Technologien, die die Fertigung zu transformieren

Das IoT könnte bis 2020 auf **26 Mrd.** oder mehr Einheiten anwachsen.<sup>a</sup>

Internet der Dinge



Big data und Cloud



**71%** aller Organisationen nutzen Big Data und Analytics, um innovative Produkte oder Dienstleistungen zu entwickeln.<sup>b</sup>

Die Nutzung von Robotern wächst geschätzte **12%** p.a. von 2015 bis 2017<sup>c</sup>

Robotik



Additive Fertigung



**3D-Druck** hat das Potential dazu, die meisten Aspekte der Fertigung zu transformieren.<sup>d</sup>

Quellen: Siehe Referenz #4

---

## **Big Data, Analytics und Cloud**

Bei einer Umfrage aus dem Jahr 2014 gab fast die Hälfte der befragten Hersteller an, dass Big Data und Analytics einen großen Einfluss auf ihr Ergebnis haben werden. Mehr als 70% erwarten, dass diese Technologien das Fertigungsmanagement in Zukunft verändern.<sup>5</sup> Betriebsleiter erkennen, dass es besser ist, Daten aus der gesamten Wertschöpfungskette in Echtzeit zu sammeln und zu analysieren als das bisherige transaktionale Vorgehen.

*Operationale Analytics* können innerhalb jedes Betriebsprozesses angewandt werden, von der Netzwerkoptimierung bis hin zum Eventmanagement in Echtzeit; dies gilt über alle Zeithorizonte. Analytics erlauben, in der Fertigung Inventar- und Produktionsentscheidungen ohne menschlichen Eingriff zu treffen. Ebenso können sie helfen, die Grundursachen von wiederkehrenden Defekten oder zu späten Lieferungen ausfindig zu machen.

Die wachsende Reife von analytischen Fähigkeiten im allgemeinen, gestützt z.B. von Cloud Computing, mobilen Technologien und Datenspeicher- und -sicherheitsmanagement, wird zweifelsfrei die Einführung von Analytics im Betrieb beeinflussen. Wenn Entscheider sowohl historische als auch Echtzeitdaten aus der gesamten Wertschöpfungskette zur Verfügung haben, können sie Entscheidungen besser und schneller treffen, und die Kette optimieren im Hinblick auf Ressourceneinsatz und den besten Output für die Kundschaft.

*Cloud computing* unterstützt Big Data und Analytics. Es kann Firmen helfen, mehr Erkenntnisse aus der Flut der täglich aus Transaktionen, sozialen Netzwerken und mobile Applikationen gesammelten Daten zu gewinnen. Seine Anpassungsfähigkeit schafft die Grundlage für neue Analytics, soziale und mobile Lösungen, und das Teilen von Daten mit Partnern und Kunden. Indem es Firmen erlaubt, ihre Prozesse, Produkte und Leistungen schnell an die sich ändernden Bedürfnisse der Verbraucher anzupassen, hilft Cloud Innovations-, Prototyp- und Marktreifezyklen für Fertiger zu verkürzen.<sup>6</sup>

*“Im hunderte von Milliarden Geräte starken IoT sind Konnektivität und Intelligenz nicht der Zweck, sondern die Mittel für bessere Produkte und Erfahrungen.”<sup>8</sup>*

### **Internet der Dinge**

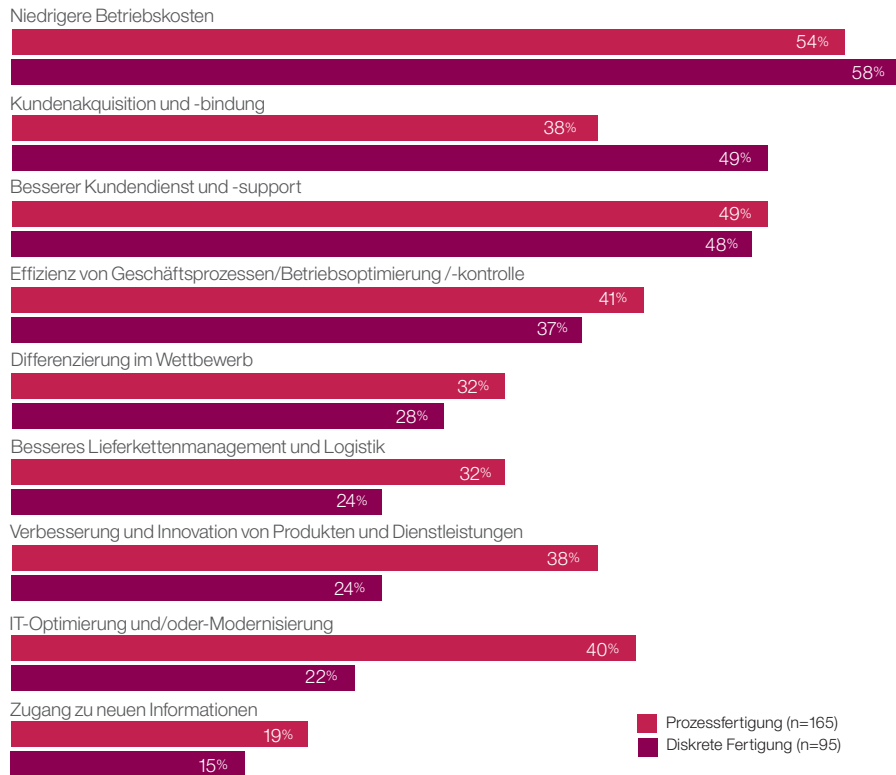
Am Anfang des Internet ging es im wesentlichen um das Präsentieren statischer Information; später Menschen miteinander zu verbinden. Heute geht die Evolution weiter: Menschen werden mit physischen Dingen, und Dinge miteinander verbunden. Dies alles geschieht in Echtzeit, durch Milliarden von intelligenten Geräten, die alle möglichen Daten wahrnehmen, aufnehmen und kommunizieren können, und auf sie vorhersehend reagieren.

Im IoT können Objekte ohne menschlichen Eingriff mit anderen Objekten interagieren. Das ist ein Schritt weg von überwachungs-basierten menschlichen Entscheidungen hin zu automatisierten und prädiktiven Entscheidungen in Echtzeit. Die Zahl der IoT Geräte wächst exponentiell, und so wächst die Fähigkeit eines Unternehmens, von diesen Geräten Events zu senden, zu empfangen, zu sammeln, sie zu analysieren und darauf zu reagieren.

Fertiger begrüßen das IoT aus einer Vielzahl von Gründen (sh. Abb. 2). Generell wollen sie ihre Wertschöpfungsketten messbar machen – vom Bezug der Rohstoffe bis hin zur Lieferung zum Kunden und, in manchen Fällen, auch zur Instandhaltung und Wartung.

Durch die Interkonnektivität von Maschinen, Sensoren und Kontrollsystemen erlauben intelligente IoT-Systeme schnelle Fertigung neuer Produkte, dynamische Reaktion auf Produkthanforderungen und Echtzeitoptimierung von Produktion und Lieferketten. Ebenso verbessern sie das Asset Management durch prädiktive Instandhaltung, statistische Evaluierung und diverse Messungen. Clevere industrielle Managementsysteme können mit dem Smart Grid zur Echtzeitoptimierung verbunden werden. Zusätzlich erhöhen IoT und cloud-basierte GPS-Lösungen die Sichtbarkeit von Gütern unterwegs. Sie können sie per Chips verfolgen, die miteinander „sprechen“; es können hier z.B. Identifikation, Ort, Temperatur, Luftdruck und -feuchtigkeit übertragen werden.<sup>7</sup>



**Abbildung 2***Warum Hersteller IoT-Initiativen betreiben*

Frage: Welche der folgenden Bereiche haben Sie als signifikante Antriebsfaktoren für die IoT-Initiativen Ihrer Organization im Laufe der nächsten 12-24 Monate identifiziert? Quelle: IDC Perspective: The Internet of Things Gains Momentum in Manufacturing in 2015, doc#MI253743, Januar 2015.

## Nutzung des IoT zur präventiven Instandhaltung

Die Fertigung und Instandhaltung von Bergbaumaschinen ist hochspezialisiert und teuer. Präventive Instandhaltung kritischer Teile kann hier helfen, hunderte Millionen Dollar zu sparen. Ein Bergbaumaschinen dienstleister erkannte, dass schnellere Diagnose und -defekten zu weniger Stillstandszeiten führt, und suchte eine digitale Lösung.

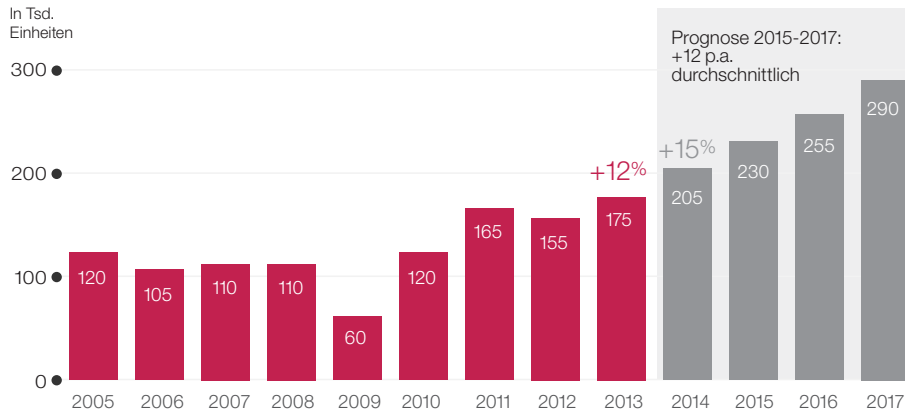
Der Anbieter implementierte eine Lösung, die tausende Datensätze aus hunderten von Maschinensensoren sammelt. Die integrierten Daten werden analysiert, um den Zustand der Maschine zu bestimmen. Warnungen und Serviceempfehlungen werden an Techniker vor Ort per Tablet geschickt, um teure Geräteausfälle zu verhindern. Zusätzlich werden die Daten in der Cloud gehalten; dies gibt den Benutzern vor Ort und in Servicecentern einen Rundumblick auf den Zustand der Gerätschaften.

**Robotik**

Roboter übernehmen immer mehr Rollen in der Fertigungsbranche über die ganze Wertschöpfungskette, von Produktion bis hin zur Lagerhaltung, Distribution und dem Kunden. Robotik kann helfen, Defekte zu mindern oder verhindern, kann Produktivität optimieren und Lieferketten wirtschaftlich lokalisieren. Als Teil des IoT sind Roboter selbst Geräte, die Signale von Anwendungen senden und empfangen, so dass sie sich anpassen können an sich ändernde Produktions- und Logistikumgebungen. Während manche dieser Technologien, wie fahrerlose LKW, Schiffe und Drohnen, noch in Entwicklung sind, verändern andere heute schon Wertschöpfungsketten.

Die International Federation of Robotics schätzt, dass der Robotereinsatz 2014 um 15% wuchs, und bis 2017 um 12% p.a. weiterwachsen wird (sh. Abb. 3). Auch wenn ein Großteil dieses Wachstums vom Hauptnutzer der Robotik, der Automobilbranche, stammt, tragen immer mehr andere Branchen zur Robotiknutzung bei, z.B. Elektronik, Gummi und Kunststoff, Pharmazeutik, Nahrungsmittel und Getränke, sowie Metall und Maschinenbau.<sup>9</sup>

Robotik könnte eine gleichmachende Transformation starten, indem die Notwendigkeit mancher manueller Schritte beseitigt wird – was Wiederholbarkeit und damit Qualität erhöht. Das bedeutet, dass Montage überall stattfinden kann, nicht nur dort, wo die Arbeitskosten niedrig sind; dies wiederum fördert die Verlagerung vor Ort.

**Abbildung 3***Weltweites jährliches Angebot an Industrierobotern*

Quelle: "Industrial Robot Statistics: World Robotics 2014 Industrial Robots." International Federation of Robotics. <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>

## Robotik und Inventarmanagement

Automobilhersteller suchen immer nach Wegen, Kosten zu sparen, Effizienz zu steigern, und sich ändernde Kundenbedürfnisse zu befriedigen, sei es durch Fließbandoptimierung, die Nutzung von Robotik oder schlanke Produktion. Autohersteller stehen jedoch nicht allein; sie sind von einem komplexen Netz von Zulieferern abhängig, die in der Regel versuchen, ihr Inventar niedrig zu halten und dennoch das richtige Teil rechtzeitig zu liefern.

Um Produktion, Inventar und Lieferung punktgenau zu überwachen, entwickelte ein Teilehersteller ein cloudbasiertes Produktionsteuerungssystem, das überwacht und kontrolliert, wann seine Kunststoffspritzgussteile im Montageprozess eingefügt werden müssen. Das System plant und führt automatisch Produktionsläufe durch, die das Produktionspotenzial der Fabrik optimieren; so trifft man die Kundenerwartungen an Qualität und pünktliche Lieferung. Es nutzt Echtzeitinput von Robotern in der Fabrikhalle, und bidirektionale Kommunikation mit den Bedienern. Dies stellt sicher, dass die Geräte funktionieren, und dass Individuen und die Fabrik als Ganzes auf die gleichen Ziele hinarbeiten.

**Additive Fertigung**

Additive Fertigung (meist 3D-Druck genannt) beinhaltet mehrere Technologien auf Basis verschiedener physikalischer Mechanismen, denen gemeinsam ist, dass ein dreidimensionales physisches Objekt aus einem digitalen Modell generiert wird. Da dieser Prozess vom Prinzip her additiv ist, ist er deutlich sparsamer im Material als herkömmliche Techniken – es wird nur dort Material aufgebracht, wo es gebraucht wird. Während es ursprünglich lediglich genutzt wurde, um schnell Prototypen zum Testen herzustellen, geht es heute immer mehr in Richtung Herstellung von Endprodukten. Trotz Fortschritten ist 3D-Druck hierfür allerdings immernoch vergleichsweise langsam. Neue Designs und Rohstoffe machen eine wirtschaftliche Herstellung von Endprodukten realistischer. Eine kürzlich veröffentlichte Studie des IBM Institute for Business Value zeigt, dass 3D-Druck das Design, die Herstellung, den Transport und den Verbrauch von Produkten rund um die Welt neu erfindet; so wird lokale Fertigung eine echte Option (sh. Abb. 4).<sup>10</sup>

Darüber hinaus werden Fortschritte in diesen Technologien beeinflussen, wo die Arbeit durchgeführt und Entscheidungen getroffen werden. Die Implikation für messbare Wertschöpfungsketten ist immens. Firmen müssen ihre Gerätestrategien, die Fähigkeiten ihrer IT und ihre Produktionsprozess neu gestalten, und sie müssen die besten Anknüpfungspunkte zur Optimierung bestimmen. Sie müssen darüber hinaus Mitarbeiter anheuern und halten, die die Fähigkeiten haben, diese neue Landschaft zu navigieren.

#### Abbildung 4

*3D-Druck könnte den Produktionsstandort unwichtig machen*

**3D-Druck könnte Preise reduzieren und gleichzeitig Auswahl und Abschluss verbessern**



#### Preis

Weniger Materialverschwendung, Arbeitseinsatz und Transportkosten könnte Händlern erlauben, Preise zu senken ohne Umsatz zu verlieren



#### Auswahl

Auswahl wird unlimitiert, da Verfügbarkeit von Designs statt von Lagerfläche abhängt



#### Personalisierung

Jedes Produkt kann ohne zusätzliche Kosten einfach angepasst werden



#### Lieferung

Produktion findet nahe an der Nachfrage statt; so werden signifikante Teile der aktuellen Lieferkette und damit zusammenhängende Transportbedürfnisse irrelevant

**3D-Druck hat das Potential, die meisten Aspekt der Fertigung zu transformieren**



#### Qualität

Wird bestimmt vom 3D-Drucker, seiner Konfiguration, und der Qualität der genutzten Rohmaterialien



#### Baugröße

Wird fast irrelevant für alle Aspekte der Herstellung außer der Lieferung der Rohmaterialien



#### Automatisierung

Wird irrelevant für den Produktionsprozess



#### Arbeit

Wird irrelevant für den Produktionsprozess; dies erlaubt mehr Fokus auf Design, Personalisierung etc.



#### Design

Der Konflikt zwischen Kosten und Komplexität verschwindet, da jeder Produzent individuell selbst entscheiden kann, was er herstellt

### **Die Auswirkungen verstehen**

Fertigung hat einen größeren Multiplikatoreffekt als jede andere wichtige wirtschaftliche Aktivität. Dieser schließt die indirekte Schaffung von Arbeitsplätzen in Branchen ein, die intelligente Fertigung beliefern, unterstützen und bedienen.<sup>11</sup>

## **Die digitale Zukunft braucht Wissensarbeiter**

Hochentwickelte Fertigungstechnologien transformieren derzeit den weltweiten Wettbewerb durch die Kombination von industrieller Automatisierung mit IT. Dies optimiert Effizienz, Produktivität und den Output von Fabriken und Liefernetzwerken. Diese neuen Technologien und die Nutzung von nicht hergestellten Vorprodukten, High-tech Diensten, IT Support, Analytics und hochwertigerem Equipment hat „Welleneffekte“ auf andere Sektoren in Höhe von mehreren Millionen potentieller Arbeitsplätze.

Zentren intelligenter Fertigung haben Schichten von dynamischen Liefernetzwerken und diversen externen Support- und Servicefirmen um sich; so schaffen sie indirekt Arbeitsplätze. Wenn Branchenführer diese neuen Fertigungsökosysteme verstehen, können sie aufs Neue die zentrale Rolle der Fertigungsbranche in der Schaffung von Arbeitsplätzen darlegen. Um im digitalen Zeitalter operieren zu können, müssen Arbeiter professioneller und besser ausgebildet sein: Techniker für die hochautomatisierten, IT-getriebenen Fertigungsprozesse, Datenanalysten, Finanzplaner, F&E Innovatoren, Logistik- und Transportspezialisten, Spezialisten für Kundendienst und Techsupport, Fachkräfte für Aufsicht und Sicherheit, und Modellierungs- und Simulationsexperten zur Optimierung des Fabrikdurchsatzes.

Der Multiplikator für Fertigung ist durchschnittlich 1,58, d.h. eine typische Fabrik, die 100 Personen beschäftigt, trägt 158 Arbeitsplätze. Wenn sich Fabriken weiterentwickeln, geht der Multiplikator deutlich hoch.<sup>12</sup> Die richtigen Leute einzustellen und auszubilden, um die Branche voranzubringen, heißt nicht mehr lediglich, die Personen mit den Fähigkeiten zur

---

Durchführung der traditionellen Rollen in der Produktion, wie z.B. Ingenieure, zu finden. Das digitale Zeitalter erfordert eine mobile, verbundene und cloud-aktive Belegschaft. Viele Firmen tun sich schwer, Arbeitskräfte mit den fachlichen und führungsmäßigen Qualitäten zu finden, die notwendig sind, um innovative Fertigungstools- und systeme zu entwickeln und betreiben.

Ausbildungssysteme müssen angepasst werden, um diesen kritischen Bedarf über Branchen und Regionen hinweg zu bedienen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie des IBM Institute for Business Value zeigte, dass sich Hochschulleiter bewusst sind, dass Disruption durch neue Technologien Veränderung der Curricula bedingt. 73% der Hochschulleiter geben an, dass Technologie das traditionelle Ausbildungsmodell erschüttert, und 56% der Ausbildungsdienstleister verstehen, dass eine ihrer größten Herausforderungen ist, die Fähigkeiten der Erwerbstätigen auf dem Stand der schnell voranschreitenden Technologie zu halten.<sup>14</sup>

Es ist offensichtlich, dass man wissensbasierte Fähigkeiten der Belegschaften über zusätzliches Training verbessern muss. Viele Firmen suchen auch nach Partnern in ihren erweiterten Wertschöpfungsketten, um die für die digitale Zukunft notwendigen Qualifikationen zu beschaffen.

---

*“Technologien veralten immer, sobald es neuen technischen Fortschritt gibt. Die Innovationsbranchen von gestern bauen heute Arbeitsplätze ab.”<sup>13</sup>*

---

## Empfehlungen

### **Gestalten Sie das Netzwerk Ihrer Wertschöpfungskette um**

Wenn Wertschöpfungsketten hoch vernetzt und messbar sind, können Firmen schnell sowohl Engpässe in weltweiter Fertigung und Lieferung als auch Qualitätsprobleme sehen und beheben. Außerdem erlauben Big Data und Analytics die Evaluierung unzähliger Alternativen für Zulieferung, Fertigung und Distribution, und die Flexibilität zur Umkonfiguration, wenn sich die Bedingungen ändern.

- Nutzen Sie die vielen intelligenten Geräte (IoT), die über Verbleib, Temperaturschwankungen oder sogar Diebstahl oder Manipulation informieren können.
- Nutzen Sie Echtzeitkonnektivität über die erweiterte Wertschöpfungskette für kurze Reaktionszeiten, indem Sie den Betrieb netzwerkweit modellieren und simulieren.
- Implementieren Sie intelligente Systeme zur Analyse von Nebenbedingungen und Alternativen; dies erlaubt Entscheidern die Simulation verschiedener Szenarien
- Reichern Sie fachliches Wissen mit analytischem an. Pilotieren Sie als erstes neue Technologien, die den digitalen Betrieb begünstigen.

### **Rüsten Sie Ihre Wertschöpfungskette für das neue digitale Zeitalter um**

Machen Sie Ihren Betrieb mit Robotik und IoT messbar. Immer mehr früher von Menschen erzeugte Informationen werden zukünftig von Sensoren, RFID- Tags, Messgeräten, Aktuatoren, GPS und anderen Systemen generiert. Selbstmeldende Container, LKWs, Produkte und Teile werden arbeitsbasierte Verfolgung und Überwachung ersetzen.

- Arbeiten Sie mit Ihrer Logistik und Partnern, um den Betrieb messbar zu machen.
- Wo es passend ist, führen Sie additive Fertigung, Robotik und IoT in Ihre Fertigungs- und Montageprozesse ein; diese erhöht die Automatisierung, schafft Effizienzen und senkt die Betriebskosten.



- 
- Verbinden Sie die Transaktionen Ihrer Wertschöpfungskette mit den Geräten und Maschinen, die Ihre Produkte herstellen – in Echtzeit.
  - Führen Sie Neuerungen in Ihrer Wertschöpfungskette ein, die Ihrer Produkte und Dienstleistungen von denen Ihrer Mitbewerber abheben.

### **Schulen Sie Ihrer Mitarbeiter und verbinden sich mit Partnern**

Stellen Sie sicher, dass Ihre Belegschaft die Qualifikationen für die Zukunft der Fertigung haben. Die Arbeit wird zunehmend analytisch und technisch, was es herausfordernd machen wird, die richtigen Leute zu finden.

- Entwickeln Sie einen strategischen Personalplan, der sowohl interne Entwicklung über Weiterbildung, als auch externe Such- und Einstellungspolitik beinhaltet.
- Ergänzen Sie Lücken in der Qualifikation durch Ihr Partnernetzwerk; optimieren Sie hierbei Ihr weltweites Talentnetzwerk insgesamt.
- Etablieren Sie einen formalen Karrierepfad für Analyticsfachkräfte, mit Programmen, die eine rasche Qualifikationsentwicklung erlauben.
- Nutzen Sie Analytics zum Management von Arbeitskräfteangebot- und nachfrage, analog zu den Analytics zur Verwaltung von Anlagen und Ressourcen.

## Sind Sie bereit für Digital?

Die wirtschaftlichen Auswirkungen von digitaler Fertigung und Betrieb sind enorm; neue Technologien heben Automatisierung und damit Qualität auf die nächste Ebene. Während Sie Ihrer Organisation für die digitale Zukunft vorbereiten, überlegen Sie:

- Basierend auf Ihren heutigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie würde Ihr Unternehmen Beschaffung, Fertigung und Wertschöpfungskette überdenken und überarbeiten? Spielen Gesamtkosten bis zur Produktauslieferung hier eine entscheidene Rolle, oder suchen Sie weiterhin Lösungen mit niedrigen Arbeitskosten?
- Wie werden Sie Big Data und Advanced Analytics nutzen, um sofortige Reaktionen auf Betriebsunterbrechungen und schwankende Kundennachfrage zu ermöglichen?
- In welchem Umfang haben Sie eine Strategie für den digitalen Betrieb, die die Nutzung neuer Technologien wie IoT und Robotik einschließt?
- Wo liegen die Einwände und Probleme darin, in Ihrem Unternehmen die neuesten Technologien einzuführen, gerade wenn Sie die Effizienz im Betrieb erhöhen, die Kundenfahrung verbessern und Innovation voranbringen?
- Wie wird Ihr Unternehmen Ihre Belegschaft fitmachen und dafür sorgen, dass Sie aus Ihrem globalen Netzwerk die richtigen Mitarbeiter finden können, so dass digitale Fertigung und Betrieb optimal unterstützt werden?

---

## Über die Autoren

Karen Butner ist Business Strategy and Analytics Digital Operations Leader am IBM Institute for Business Value. Karen ist häufige Gastspredigerin bei internationalen Konferenzen, ebenso wie Gastautorin in führenden Branchenpublikationen. Sie hat über 30 Jahre Erfahrung in Strategieentwicklung und -ausbildung; ihr Hauptaugenmerk liegt darin, Kunden bei der strategischen Transformation mit guter Geschäftswertsteigerung zu helfen. Man kann Karen unter [kbutner@us.ibm.com](mailto:kbutner@us.ibm.com) kontaktieren.

Dave Lubowe ist Vice President and Partner in der IBM Global Business Services Business Analytics & Strategy Practice and ist der North American Leader for Digital Operations Consulting. Dave hat mehr als 30 Jahre Branchen- und Beratungserfahrung, hauptsächlich im Betriebsmanagement und Unternehmenstransformation. Als Berater konzentriert er sich auf Design, Einführung, Management und kontinuierliche Verbesserung von Geschäftsprozessen. Man erreicht ihn unter [dave.lubowe@us.ibm.com](mailto:dave.lubowe@us.ibm.com).

## Contributors

Jena Collier, Senior Consultant, Operations Strategy, Global Business Services.

Christina Alexander, Consulting by Degrees Program, Business Analytics & Strategy, Global Business Services.

Christian Bieck, Global Insurance Leader, IBM Institute for Business Value (Übersetzung).

---

## Weitere Informationen

Mehr erfahren Sie über diese IBM Institute for Business Value Studie von [iibv@us.ibm.com](mailto:iibv@us.ibm.com). Folgen Sie @IBMIBV auf Twitter. Alle Studien und unseren monatlichen Newsletter erhalten Sie über: [ibm.com/iibv](http://ibm.com/iibv)

Mit unserer kostenlosen „IBM IBV“ App für iOS or Android erhalten Sie Zugriff auf weitere Executive Reports des IBM Institute for Business Value.

## Der richtige Partner für eine Welt im Wandel

Wir bei IBM arbeiten mit unseren Kunden zusammen, mit Geschäftskompetenz, modernster Forschung und fortschrittlicher Technologie. So schaffen wir für sie in der heutigen, sich rasch wandelnden Welt Vorteile.

## IBM Institute for Business Value

Das IBM Institute for Business Value ist Teil von IBM Global Business Services. Es entwickelt faktenbasierte Studien zu wichtigen Themen aus Wirtschaft und öffentlichem Sektor für Senior Business Executives.

### Endnotizen und Quellen

- 1 Shih, Willy C. "What It Takes to Reshore Manufacturing Successfully." *MIT Sloan Management Review*. 07.08.2014. <http://sloanreview.mit.edu/article/what-it-takes-to-reshore-manufacturing-successfully/>
- 2 Analyse des IBM Institute for Business Value.
- 3 "Unit Labor Costs in Selected Countries." Manufacturing Institute website, Zugriff 16.04.2015. <http://www.themanufacturinginstitute.org/Research/Facts-About-Manufacturing/Costs/Unit-Labor-Costs/Unit-Labor-Costs.aspx>; "China Wages Seen Jumping in 2014 Amid Shift to Services." Bloomberg Business. 20.01.2014. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-01-06/china-wages-seen-jumping-in-2014-amid-shift-to-services->
- 4 a) "Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020." Gartner press release. 12.12. 2013. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>; b) 2014 IBM Innovation Survey. IBM Institute for Business Value in collaboration with the Economist Intelligence Unit; c) "Industrial Robot Statistics: World Robotics 2014 Industrial Robots." International Federation of Robotics. <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/> (Zugriff 01.04.2015); d) Peterson, Steve, Mark Bedeman and Daria Godunova. "Shifting transport paradigms: Understanding the implications of 3D printing on the global transportation industry." IBM Global Business Services. 09. 2014. <https://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/gb/en/gbe03623usen/GBE03623USEN.PDF>

- 
- 5 Colombus, Louis. "Big Data Analytics, Mobile Technologies and Robotics Defining the Future of Digital Factories." *Forbes*. 15.04.2015.  
<http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2015/02/15/big-data-analytics-mobile-technologies-and-robotics-defining-the-future-of-digital-factories>
  - 6 Chambliss, Kelly. "How To Move From Systems That Record To Ones That Engage." *Forbes*. 06.11.2014. <http://www.forbes.com/sites/ibm/2014/11/06/how-to-move-from-systems-that-record-to-ones-that-engage/>
  - 7 Robinson, Adam. "What is the Hyperconnected Era & 'The Internet Of Things' and What does it Have to Do with Manufacturing & Logistics?" *Cerasis*. 25.02.2015. [http://cerasis.com/2015/02/25/internet-of-things/?utm\\_source=linkedin&utm\\_medium=social&utm\\_content=Oktopost-linkedin-group&utm\\_campaign=Oktopost-Cerasis+%232](http://cerasis.com/2015/02/25/internet-of-things/?utm_source=linkedin&utm_medium=social&utm_content=Oktopost-linkedin-group&utm_campaign=Oktopost-Cerasis+%232)
  - 8 Brody, Paul, Pureswaran, Veena. "Device democracy: Saving the future of the Internet of Things." IBM Institute for Business Value. 09.2014. <http://www-935.ibm.com/services/us/gbs/thoughtleadership/internetofthings>
  - 9 "Industrial Robot Statistics: World Robotics 2014 Industrial Robots." International Federation of Robotics. <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/> (Zugriff 01.04.2015)

- 10 Brody, Paul, and Veena Pureswaran. "The new software-defined supply chain: Preparing for the disruptive transformation of Electronics design and manufacturing." IBM Institute for Business Value. 07.2013.
- 11 Nosbuchand, Kenneth D., and John A Bernaden. "The Multiplier Effect: There are more manufacturing-related jobs than you think." *Manufacturing Executive Leadership Journal*. 03.2012. [http://www.google.com/l?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rockwellautomation.com%2Fresources%2Fdownloads%2Frockwellautomation%2Fpdf%2Fabout-us%2Fcompany-overview%2FMultiplier\\_Effect.pdf&ei=bhscVdH4J4uZgWS2t4GQDA&usg=AFQjCNH9nVHQf1z1nFvXkeOW\\_ZVBrmWQ&bvm=bv.89744112,d.eXY&cad=rja](http://www.google.com/l?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rockwellautomation.com%2Fresources%2Fdownloads%2Frockwellautomation%2Fpdf%2Fabout-us%2Fcompany-overview%2FMultiplier_Effect.pdf&ei=bhscVdH4J4uZgWS2t4GQDA&usg=AFQjCNH9nVHQf1z1nFvXkeOW_ZVBrmWQ&bvm=bv.89744112,d.eXY&cad=rja)
- 12 Ebenda
- 13 Sanz, Francisco Caballero. "European manufacturing 'a powerful engine for growth.'" *The Parliament Magazine*. 28.09.2014. <https://www.theparliamentmagazine.eu/articles/opinion/european-manufacturing-%E2%80%98powerful-engine-growth%E2%80%99>
- 14 IBM Institute for Business Value Higher Education Survey 2015.

---

© Copyright IBM Corporation 2017

IBM Deutschland GmbH	IBM Österreich	IBM Schweiz
IBM-Allee 1	Obere Donaustraße 95	Vulkanstrasse 106
71139 Ehningen	1020 Wien	8010 Zürich
<a href="http://ibm.com/de">ibm.com/de</a>	<a href="http://ibm.com/at">ibm.com/at</a>	<a href="http://ibm.com/ch">ibm.com/ch</a>

Die IBM Homepage finden Sie unter: [ibm.com](http://ibm.com)

IBM, das IBM Logo, ibm.com und OpenPages sind eingetragene Marken oder Marken der IBM Corporation in den USA und/oder anderen Ländern. Weitere Produkt- und Servicennamen können Marken von IBM oder anderen Unternehmen sein. Eine aktuelle Liste der IBM Marken finden Sie auf der Webseite „Copyright and trademark information“ unter [ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://ibm.com/legal/copytrade.shtml).

Die Informationen in diesem Dokument werden auf der Grundlage des gegenwärtigen Zustands (auf „as-is“-Basis) ohne jegliche ausdrückliche oder stillschweigende Gewährleistung zur Verfügung gestellt, einschließlich, aber nicht beschränkt auf die Gewährleistungen für die Handelsüblichkeit, die Verwendungsfähigkeit für einen bestimmten Zweck oder die Freiheit von Rechten Dritter. Für IBM Produkte gelten die Gewährleistungen, die in den Vereinbarungen vorgesehen sind, unter denen sie erworben werden.

Diese Veröffentlichung dient nur der allgemeinen Information. Sie soll kein Ersatz für detaillierte Recherche oder professionelle Einschätzungen sein. IBM übernimmt keine Haftung für Verluste, die einer Organisation oder Person dadurch entstehen, dass sie auf den Inhalt dieser Veröffentlichung vertraut.

Die in dieser Veröffentlichung verwendeten Daten können aus Quellen Dritter abgeleitet sein. IBM kann die Richtigkeit dieser Daten weder prüfen noch validieren oder beurteilen. Die Ergebnisse aus der Nutzung dieser Daten werden auf der Grundlage des gegenwärtigen Zustands (auf „as-is“-Basis) bereitgestellt und IBM übernimmt keine ausdrückliche oder stillschweigende Gewährleistung.

GBE03847DEDE-00

