

Hug | **Industrie 4.0**

*Historische Grundlagen, technische Veränderungen,
wirtschaftliche und soziale Auswirkungen*



Wirtschaftswissenschaftliche Bücherei für Schule und Praxis

Begründet von Handelsschul-Direktor Dipl.-Hdl. Friedrich Hutkap †

Verfasser:

Hartmut Hug, Dipl.-Hdl., Argenbühl

Fast alle in diesem Buch erwähnten Hard- und Softwarebezeichnungen sind eingetragene Warenzeichen.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

* * * * *

Bildquelle: S. 26 – Tashatuvango – www.colourbox.de

1. Auflage 2018

© 2018 by MERKUR VERLAG RINTELN

Gesamtherstellung:

MERKUR VERLAG RINTELN Hutkap GmbH & Co. KG, 31735 Rinteln

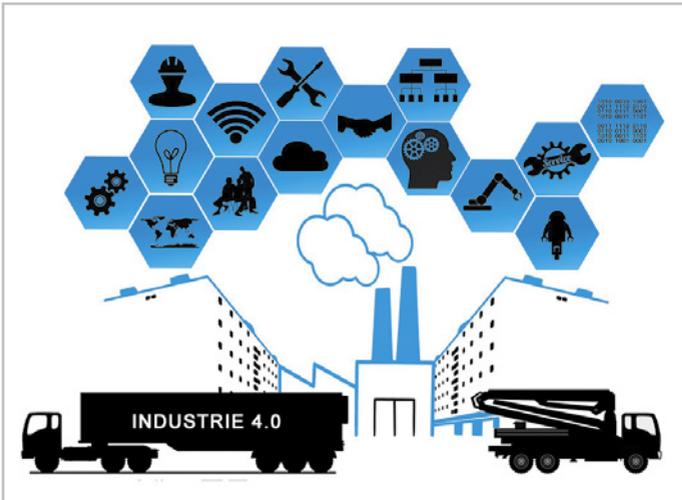
E-Mail: info@merkur-verlag.de

lehrer-service@merkur-verlag.de

Internet: www.merkur-verlag.de

ISBN 978-3-8120-0304-9

1 Ausgangspunkt



Auf dem Weg zu einer neuen Form der Industrialisierung wurde der Begriff **Industrie 4.0** erstmals zur Hannover Messe 2011 geprägt. Dabei wurden die Begriffe erste, zweite und dritte industrielle Revolution in der historischen Rückbetrachtung gebildet und die vierte industrielle Revolution bereits benannt, obwohl sie erst am Anfang ihrer Entwicklung steht.

Industrie 4.0 ist die Chiffre¹ für die **vierte Revolution** im Bereich der **Industrie**.



Die damit einhergehenden, tiefgreifenden Veränderungen beziehen sich nicht nur auf die industriellen Prozesse, vielmehr sind alle Bereiche der **Arbeitswelt in allen Branchen** und auch das **tägliche Leben** jedes Einzelnen davon betroffen. Die Gesellschaft steht an der Schwelle einer Entwicklung, die die gewohnte Weise zu leben, zu arbeiten und miteinander zu kommunizieren in beispielloser Weise verändern wird.

Die Zahl **4.0** wird auch gerne auf andere Bereiche übertragen, ohne dass es dort zuvor drei Revolutionen gegeben hätte.

Beispiele

Arbeiten 4.0, Wirtschaft 4.0, Dienstleistung 4.0, Medizin 4.0, Landwirtschaft 4.0, Bildung 4.0 usw.

i Infobox

Eine Entwicklung, welche eine bestehende Technologie, ein bestehendes Produkt oder eine bestehende Dienstleistung möglicherweise vollständig verdrängt, bezeichnet man als **disruptiv**.²

Beispiele: Ersatz von

- ▶ Fotoapparaten mit Rollfilmen durch Digitalkameras bzw. Smartphones,
- ▶ gedruckten Lexika durch Wikipedia,
- ▶ Festplattenspeicher durch Flash-Speicher,
- ▶ Schallplatten durch CDs.

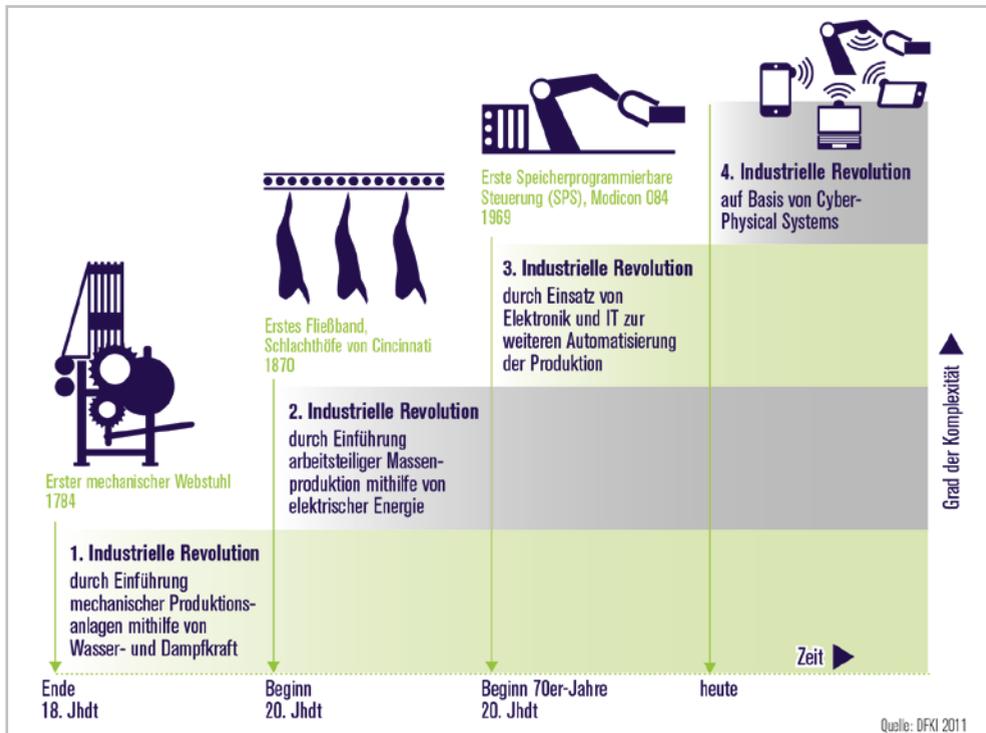
Auf diese Weise soll eine zu Industrie 4.0 vorhandene Verwandtschaft in Bezug auf Digitalisierung, Vernetzung, Robotertechnik und dafür notwendiger Qualifizierung ausgedrückt werden.

¹ **Chiffre:** Kennwort, Symbol, Stichwort.

² **Disruptiv:** zerstörend, auseinanderreißend.

2 Historische Entwicklung

Die nachfolgende Abbildung stellt die vier Stufen der industriellen Revolution im Zeitverlauf dar.



Quelle: https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf, S. 17.

2.1 Erste industrielle Revolution – Mechanisierung

Dieser Technologiesprung ist begründet auf der **Weiterentwicklung** der bereits vorhandenen **kohlebetriebenen Dampfmaschine** durch **James Watt** im Jahr **1769**. Sie ersetzte – mit enormen Produktivitätsgewinnen¹ – nicht nur die bisherigen Antriebe durch Wasser- und Windmühlen, sondern benötigte im Vergleich zu ihren Vorläufern nur ein Viertel der Kohlemenge.

Watts Erfolg beruhte aber nicht nur auf der Weiterentwicklung der Technik zu mehr Effizienz,² sondern auch auf einem erfolgreichen Finanzmanagement. Er ließ sich die Maschine patentieren und verlangte eine Lizenzgebühr für die eingesparte Kohlemenge. So profitierte er nicht nur vom Verkauf der Maschine, sondern auch noch von deren Nutzung.

1 **Produktivität:** Technische Ergiebigkeit eines Produktionsvorgangs

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{Einsatzmenge}}$$

2 **Effizienz:** Wirksamkeit, Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens

In der Folge sprang die britische Baumwollproduktion zwischen 1787 und 1840 von 22 Millionen auf 366 Millionen Pfund, bei gleichzeitigem Absturz der Produktionskosten¹. Länder mit großen Kohlevorräten wie England, Deutschland und die USA setzten diese Technik besonders rasch ein.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Blick in eine **Maschinenhalle**.

- Die Energie von Dampfmaschinen wird mechanisch auf Transmissionswellen an der Decke übertragen.
- Die Arbeitsmaschinen beziehen ihre Antriebsenergie, indem sie die Energie der Transmissionswelle durch Lederriemen abgreifen.
- Aufgrund der **mechanischen Kraftübertragung** durch Transmissionswelle und Riemenantrieb war es unabdingbar, dass zwischen der Energiequelle Dampfmaschine und den Arbeitsmaschinen eine nur geringe räumliche Distanz zu überwinden war.
- Gut zu erkennen ist auf dem Bild, dass die Maschinen daher senkrecht unter der Transmissionswelle positioniert sind. **Die Maschine kam dadurch möglichst nahe zur Energiequelle.**



Das Prinzip der kohlebefeuelten Dampfmaschine wurde übertragen auf Dampfschiffe, Dampflokomotiven und Dampfdruckpressen. Die ersteren beiden veränderten in entscheidendem Maße den Gütertransport, wodurch sich die Transportzeiten zwischen Lieferer und Kunde verringert haben.

Die Ausweitung von Wirtschaft und Handel wäre nicht möglich gewesen ohne die zeitlich parallele Veränderung in der **Kommunikationstechnik** durch die Entwicklung der Dampfdruckpresse und der Telegrafie. Die immer komplexeren Arbeitsaufgaben der ersten industriellen Revolution verlangten von der Arbeiterschaft ein Mindestmaß an Kommunikationsfähigkeit wie Lesen und Schreiben.

In der nachfolgenden Tabelle werden die **Entwicklungen im Energie- und Kommunikationsbereich** zusammengefasst und erläutert.

Entwicklungen	Erläuterungen
Dampfschiffe und Dampflokomotiven	<ul style="list-style-type: none"> ● Transporte wurden schneller, kostengünstiger, sicherer und wetterunabhängiger. ● Tempo und Zuverlässigkeit des Dampfantriebes erlaubten eine enorme Ausweitung von Handel und Gewerbe über Kontinente hinweg und zu stark verringerten Kosten.

Beispiel

1847 dauerte eine Reise von New York nach Chicago mit der Postkutsche noch drei Wochen. 1857, also 10 Jahre später, brauchte man für die gleiche Strecke per Bahn gerade noch 3 Tage.¹

¹ Vgl. Jeremy Rifkin, Die Null-Grenzkosten-Gesellschaft, Frankfurt/New York, 2014, S. 66 ff.

Entwicklungen	Erläuterungen
Dampfdruckpresse	<ul style="list-style-type: none"> ● Zwischen 1814 und 1865 konnte die Menge der gedruckten Zeitungsexemplare pro Stunde von 1000 auf 12000 gesteigert werden. ● Damit einher gingen umfassende Alphabetisierungsbemühungen durch die Entwicklung des öffentlichen Schulwesens.
Elektrische Telegrafie	Mit ihr wurde man in die Lage versetzt, über ein weltumspannendes Telegrafennetz Nachrichten zu versenden und umgehend Antworten zu erhalten.

Fazit

Die **erste industrielle Revolution** ergab sich aus dem Zusammentreffen von zwei zeitlich parallelen Entwicklungen im Energie- und Kommunikationsbereich.

Energie	Kohlebetriebene Dampfmaschinen, -lokomotiven und -schiffe.
Kommunikation	Dampfbetriebenes Druckwesen und Ausbau des elektrischen Telegrafennetzes ab Mitte des 19. Jahrhunderts.

2.2 Zweite industrielle Revolution – Motorisierung und Elektrifizierung

Die zweite industrielle Revolution begann gegen Ende des 19. Jahrhunderts und beruhte wiederum auf dem Zusammentreffen von zeitlich parallelen Entwicklungen im Energie- und Kommunikationsbereich.

Energie	Entdeckung des Erdöls, Entwicklung des Verbrennungs- und des Elektromotors, zentrale Erzeugung elektrischer Energie in Kraftwerken.
Kommunikation	Entwicklung des Telefons.

Der Übergang des Transportwesens von den kohlebetriebenen Lokomotiven auf starrem Schienennetz und festen Bahnstationen zu **Personen- und Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotoren**, die alle Straßen in jeder Richtung befahren und an beliebiger Stelle halten konnten, führten zu einer Ausweitung wirtschaftlicher Aktivitäten in die Fläche.

Zur **Stromversorgung** entstanden große, zentralisierte **Kraftwerke** an Stauseen, Flussläufen oder Kohlelagerstätten, welche aufgrund ihrer Größe kostengünstiger produzieren konnten. Generatoren wandelten die Wasser- bzw. Wärmeenergie in den Kraftwerken in elektrischen Strom um. Dieser konnte über größere Distanzen an jeden beliebigen Ort transportiert werden. Um 1900 produzierten in Amerika ca. 10000 Kraftwerke Strom für **Licht**, für den wachsenden **Maschinenpark der Industriebetriebe** und für die allmählich steigende Zahl von **Haushaltsgeräten**. Durch das elektrische Licht war eine Ausweitung der täglichen Arbeitszeit in die Nacht hinein möglich.

Elektromotoren wandelten vor Ort an den einzelnen Arbeitsstationen den Strom wieder in mechanische Antriebsenergie um. **Die Energie kam somit zur Maschine.**

Die Anordnung von Maschinen in den Fabrikhallen war jetzt frei gestaltbar, also auch nach dem logischen Ablauf des Bearbeitungsprozesses. Mit der Anordnung der Maschinen in der Folge der Arbeitsgänge verbinden sich zwei vorteilhafte Veränderungen im Arbeitsprozess:

- Der Transport von einer Arbeitsstation zur anderen geschah durch ein **Fließband**.
- Der **Arbeitsumfang** einer Arbeitskraft wurde so auf **relativ wenige Handgriffe** beschränkt (Taylorismus).

Fließband bei Produktion des Modells T (1913)



Quelle: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/A-line1913.jpg>¹



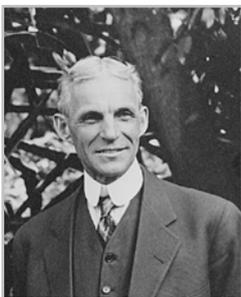
Infobox

Taylorismus: Prinzip der Steuerung von Arbeitsprozessen, benannt nach Frederick Winslow Taylor (1856-1915). Ziel war es, die Produktivität der menschlichen Arbeit zu steigern, indem der Arbeitsumfang in kleine, abgeschlossene Einheiten zerlegt wurde. So konnten die Arbeiten auch

von ungelerten und angelernten Arbeitskräften nach kurzer Einarbeitungszeit sicher ausgeführt werden. Dies war damals ein willkommener Beitrag zur Beschäftigung der in die Städte drängenden, arbeitslosen und gering qualifizierten Landbevölkerung.

Nachdem die Industriebetriebe die Verwendung von elektrischem Strom zunächst nur zögerlich annahmen, änderte sich dies sehr rasch mit der Einführung der **Fließbandarbeit in der Automobilproduktion**.

Dazu Henry Ford:



„Die Bereitstellung eines ganz neuen Systems zur Stromerzeugung emanzipierte die Industrie von Lederriemen und Wellenstrang, da es schließlich möglich wurde, jedes Werkzeug mit seinem eigenen Elektromotor zu versehen [...]. Der Motor ermöglichte es, Maschinen der Arbeitsfolge entsprechend aufzustellen, und allein das hat die Leistungsfähigkeit der Industrie wahrscheinlich verdoppelt [...].“²

Der Übergang von der kohlebefeuelten Dampfmaschine zum elektrischen Antrieb in den Fabriken führte in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer Produktivitätssteigerung von 300 %.



Infobox

Das Fließband selbst wurde schon früher eingesetzt, z.B. in den Schlachthöfen von Chicago. Henry Ford hat es also nicht erfunden. Er hat es nur als Erster in der Automobilproduktion eingeführt.

¹ A-line1913, Ford company, USA, 1913.

² Henry Ford und Jeremy Crowther, Edison as I Know Him, New York: Cosmopolitan Books, 1930, S. 30. Zitiert in: Jeremy Rifkin, Frankfurt/New York, 2014, S. 82.

Das Telefon ermöglichte – im Gegensatz zu Druckerpresse und Telegraf – die Abstimmung der wirtschaftlichen Aktivitäten in „Echtzeit“.¹

2.3 Dritte industrielle Revolution – Digitalisierung

Sie beginnt in den 1960er-Jahren und hatte ihren Schwerpunkt im Bereich der **Information** und **Kommunikation**.

Sie wird auch **digitale Revolution** genannt, weil dieser Umbruch ausgelöst wurde durch Entwicklungen der **Mikroelektronik** und **Großrechner** (z. B. IBM System/370² in den 70er-Jahren) sowie der **Personalcomputer** (1970er- und 1980er-Jahre) und des **Internets** (1990er-Jahre).

Die Folgen waren u. a.

- die **Entlastung des Menschen bei der Durchführung von reiner Massenverarbeitung** (z. B. Einzug von Versicherungsbeiträgen, Lagerbestandsführung),
- die **Unterstützung von Aufgaben im Echtzeitbetrieb**, die einen direkten Zugriff über Bildschirme zu Datenbeständen auf Magnetplatten erforderten (z. B. Prüfung auf aktuelle Verfügbarkeit eines Produktes),
- das Durchdringen von großen Teilen der Produktion durch computergesteuerte, hoch automatisierte Fertigungssysteme mit einer **Verschiebung der Arbeit vom Menschen zu Fertigungsrobotern**,
- die zunehmende **Globalisierung der wirtschaftlichen Beziehungen** sowie
- die weitgehend vollständige **Übernahme der verfügbaren Informationen in digitale Form**.

Infobox

Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahre 1993 lediglich 3% der weltweit vorhandenen Informationen in digitaler Form vorlagen. Im Jahre 2007 waren es bereits 94%.³

2.4 Vierte industrielle Revolution – Ausweitung der Digitalisierung durch cyber-physische Systeme⁴

2.4.1 Neukombination bestehender Ansätze

Der Beginn der vierten industriellen Revolution lässt sich in etwa auf die **Wende zum 21. Jahrhundert** festlegen. Im Grunde handelt es sich um die **Fortführung der digitalen Revolution**, da – technologisch gesehen – am Markt bereits alles vorhanden war (Hardware, Software, Netzwerke), was für die Industrie 4.0 benötigt wird:

- Die Digitalisierung, also die Darstellung von Informationen in Form eines Binärcodes⁵ und deren Verarbeitung durch Maschinen, ist nicht neu.
- Computer gibt es seit mehr als 70 Jahren.



1 Vgl. Jeremy Rifkin, Die Null-Grenzkosten-Gesellschaft, Frankfurt/New York, 2014, S. 81.

2 Kaufpreis für das Modell 165 mit 1 Megabyte Hauptspeicher: 4 674 160 US\$, zuzüglich 12 450 US\$ pro Monat für Wartung und Service. Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/System/370> (18.09.2017).

3 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Revolution (20.09.2017).

4 Zum Begriff siehe S. 15.

5 **Binärcode**: Code, mit dem Informationen aus Folgen von nur zwei verschiedenen Zeichen (0/1 für Strom fließt/Strom fließt nicht) gebildet werden.

Die technischen Innovationen von Industrie 4.0 sind nicht revolutionäres Neuland, sondern erfolgen in einer kontinuierlichen Weiterentwicklung. Der gravierende Fortschritt basiert eher darauf, dass die vielfältige Neukombination von Innovationen zu dieser Fülle an neuen Möglichkeiten führt.

Was die neue Qualität ausmacht, ist der **Aufstieg des Internets der Dinge**¹ und die Vernetzung der physischen „Dinge“ (z. B. Maschinen) untereinander sowie über das Internet zu **cyber-physischen Systemen**.

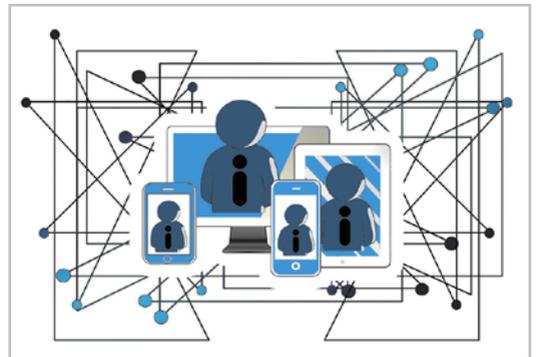
Cyber-physisches System (CPS) ist ein Schlüsselbegriff aus der Welt von Industrie 4.0. Darunter versteht man

- die Verbindung von informationstechnischen Komponenten (Programme und Daten),
- mit mechanischen und elektronischen Komponenten (Maschinen),
- die über eine Dateninfrastruktur (Internet der Dinge) miteinander kommunizieren.



Das Internet wird zu einem weltweit verfügbaren Informationsraum. Aus persönlichem **Wissen wird Information**, die

- auch anderen,
- mittels Netzwerken,
- über arbeitsteilige Prozesse,
- zugänglich ist und bearbeitet werden kann.²



Neue Interaktionen zwischen Menschen sind möglich. Sie kommunizieren in vielfältiger Weise über das **Internet** und pflegen Beziehungen zueinander. Aus dem Informationsraum wird ein **Handlungs- und Lebensraum**. Informationen werden nicht mehr in vorgegebenen Strukturen gelesen, bearbeitet, gespeichert und ausgetauscht. Das, was die Menschen tun, entscheidet über die Struktur und Inhalte des Internets.

Das Netz hat die gesamte Gesellschaft durchdrungen. Es gibt kaum noch Bereiche, in denen das Netz nicht allgegenwärtig ist

- von der obersten politischen Ebene (z. B. Tweets von Donald Trump),
- über die Arbeitswelt,
- bis in die persönlichsten Bereiche zwischenmenschlicher Kommunikation.

Mit dem Internet ergeben sich grundlegende **Konsequenzen** besonders für die **Wirtschaft**. Es ist zur Basis geworden für moderne Arbeits- und Wertschöpfungsprozesse. Große Teile unserer **Arbeit** finden im **Netz** statt. Arbeit ist nicht mehr an die Wände der Büros gebunden. Es entstehen neue Formen der Zusammenarbeit und des Austauschs von Wissen – verbunden mit der Gefahr einer immer engmaschigeren Kontrolle der Mitarbeiter.

¹ Zu Einzelheiten vgl. Kapitel 3.2.4 „Internet der Dinge“.

² Vgl. Andreas Boes und Tobias Kämpf, Arbeiten im globalen Informationsraum. In: Digitalisierung der Arbeitswelt, Werkheft 01 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) (Hrsg.), Berlin, 2016, S. 23.

Die **Information** rückt in das Zentrum der Wertschöpfung. Sie wird sogar zum Ausgangspunkt, ja zum **Produktionsfaktor**, für **neue Geschäftsmodelle**.¹

Beispiel

Die Tatsache, dass **Google und Apple** damit beginnen, das Auto und damit die **Mobilität des Menschen** nicht mehr vom Motor, Getriebe und von der Karosserie her zu entwickeln, sondern **von der Digitalisierung aus**, zeigt eine der künftigen Rich-



tungen an – und auch das Maß der Umwälzung durch diese grundlegenden Veränderungen. Das **Auto der Zukunft**: ein fahrender Roboter mit Elektroantrieb, jeder Menge Sensoren, mobiler Internetverbindung und Platz zum Sitzen.

Nicht nur die Geschwindigkeit des Wandels ist enorm, sondern auch dessen nachhaltige Wirkung. Im Folgenden werden die drei größten Unternehmen aus Detroit im Jahr 1990 (damals Zentrum der traditionellen amerikanischen Industrie) mit dem Silicon Valley im Jahr 2014 (einer der bedeutendsten Standorte der Informationstechnik weltweit) verglichen:

1990	2014
<p>Die drei größten Unternehmen in Detroit hatten zusammengenommen</p> <ul style="list-style-type: none"> ● eine Marktkapitalisierung von 36 Milliarden Dollar, ● einen Umsatz von 250 Milliarden Dollar und ● 1,2 Millionen Beschäftigte. 	<p>Die drei größten Unternehmen im Silicon Valley hatten den</p> <ul style="list-style-type: none"> ● etwa 30-fachen Marktwert mit 1,09 Billionen Dollar, ● einen Umsatz von 247 Milliarden Dollar und ● mit 137 000 Beschäftigten nur etwa ein Zehntel wie im Jahre 1990.²

Viele neue Unternehmen produzieren keine realen Güter mehr, sondern **Informationsgüter**, deren Speicherung, Übertragung und Vervielfältigung nur einen Bruchteil kosten im Vergleich zu realen Gütern. Die Unternehmen werden quasi „schwereloser“ in Bezug auf Kapital und Arbeitskräfte.

Beispiele³

- **Uber**, das größte Taxiunternehmen der Welt, besitzt keine Fahrzeuge.
- **Facebook**, ein großes soziales Netzwerk, erzeugt keine Inhalte.
- **Alibaba**, der wertvollste Einzelhändler, hat keine Lagerbestände.
- **Airbnb**, der weltweit größte Anbieter von Unterkünften, besitzt keine Immobilien.



¹ Siehe Kapitel 4.2 „Veränderung des Geschäftsmodells“.

² Vgl. James Manyika und Michael Chui, Digital Era Brings Hyperscale Challenges, Financial Times, 13.10.2014. Zitiert in: Klaus Schwab (Vorsitzender des Weltwirtschaftsforums Davos), Die Vierte Industrielle Revolution, München, 2016, S. 21f.

³ Vgl. Tom Goodwin, In the Age of Disintermediation the Battle is all for the Consumer Interface, TechCrunch, März 2015. Zitiert in: Klaus Schwab, Die Vierte Industrielle Revolution, München, 2016, S. 37.

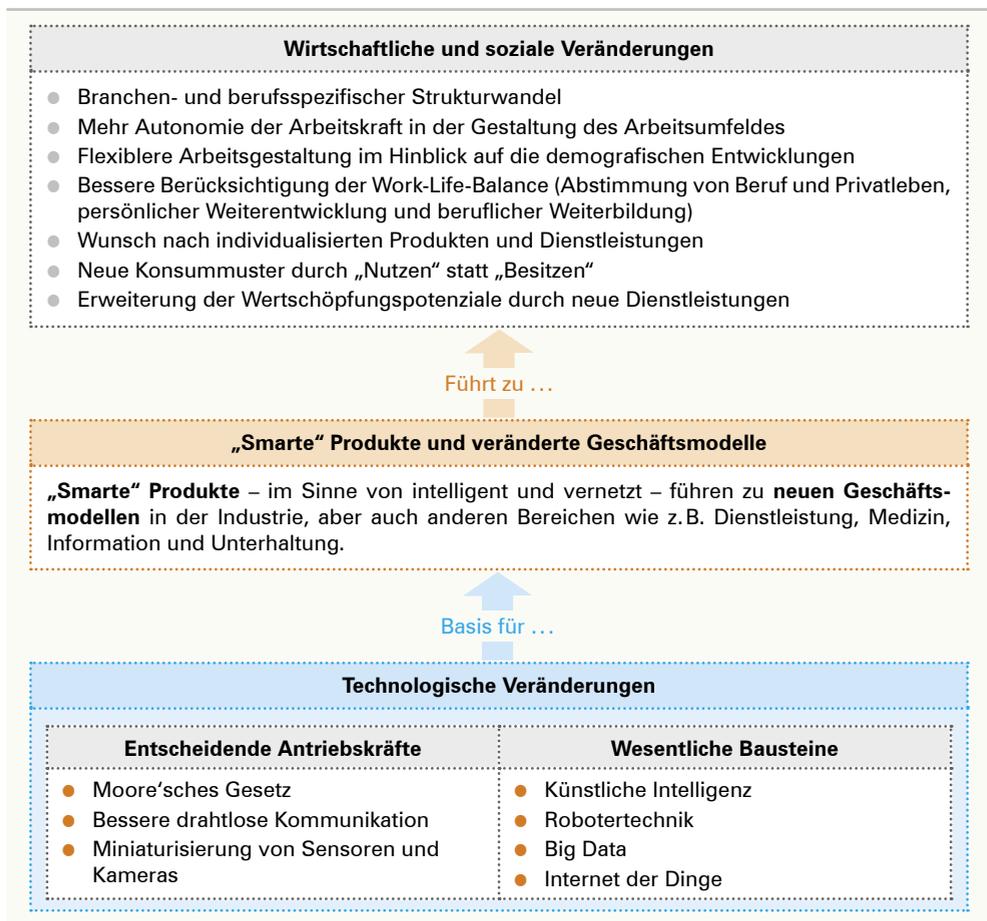
2.4.2 Ebenen der Veränderungen durch Industrie 4.0

Da die mit Industrie 4.0 verbundenen Veränderungsprozesse sehr stark digital geprägt sind, begegnet man ihnen auch unter den Begriffen **Digitalisierung** oder **digitale Transformation**.¹

Diese Veränderungsprozesse lassen sich drei Ebenen zuordnen.

- Auf der ersten Ebene, jener der **technologischen Veränderungen**, werden die großen Produktivitätsgewinne realisiert. Hier finden wir die **entscheidenden Antriebskräfte**, somit den „Motor“ für diese Veränderungen.
- Daraus ergeben sich auf der zweiten Ebene „**smarte**“ **Produkte**², die über ein gewisses Maß an Intelligenz verfügen und untereinander vernetzt sind. Die „smarten“ Produkte wiederum sind Basis für die **Entwicklung neuer Geschäftsmodelle**.
- Die dritte Betrachtungsebene ist jene, in der wir die **Veränderung der Kultur der Arbeit** und die der Art zu leben beobachten.

Die nachfolgende Grafik zeigt, wie die Ebenen der Veränderungen durch die Industrie 4.0 einander beeinflussen.



¹ **Transformation:** schrittweiser Veränderungsprozess.

² Zum Begriff siehe S. 34.