

Robert Obermaier *Hrsg.*

# Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe

Betriebswirtschaftliche, technische  
und rechtliche Herausforderungen



Springer Gabler

---

# Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe

---

Robert Obermaier  
(Hrsg.)

# Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe

Betriebswirtschaftliche, technische  
und rechtliche Herausforderungen

*Herausgeber*  
Robert Obermaier  
Universität Passau  
Passau  
Deutschland

ISBN 978-3-658-08164-5      ISBN 978-3-658-08165-2 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-658-08165-2

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

Springer Gabler

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist GmbH Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science&Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

---

## Vorwort

Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ wird seit geraumer Zeit die Vision einer sich anbahnenden vierten industriellen Revolution beschrieben – um nicht zu sagen ausgerufen. Kern dieser Vision stellt nach den vorangegangenen Revolutionen Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung nun die Vernetzung von industrieller Infrastruktur und allen an der Wertschöpfung beteiligten Akteure dar.

Freilich ist die Frage, ob die unter „Industrie 4.0“ erwartete Entwicklung nicht eher evolutionär als revolutionär sei, ex ante gar nicht entscheidbar, weil nur ex post feststellbar. Dennoch lehrt der Blick auf die früheren technologischen Revolutionen, dass sie sich mitunter langsam ausbreiten, prozeßhaft ablaufen und daher zunächst kaum revolutionären Züge tragen, aber mit einem Mal eine Dynamik erlangen können, die etablierte Produktionsweisen, Produkte und Geschäftsmodelle nachhaltig verändern, neue entstehen lassen und manche sogar auslöschen.

Man mag die Entwicklung der Dampfmaschine oder die Elektrifizierung bemühen; es ist aber eigentlich kein weiter Blick zurück nötig. Am eindrücklichsten tritt die Dynamik hervor, ruft man sich nur die jüngsten technologischen Errungenschaften in Erinnerung. Durch die Digitalisierung werden Geschäftsprozesse standardisiert und automatisiert, durch die Entwicklung des Internets werden global integrierte Supply Chains und Absatzkanäle etabliert und darauf aufbauend neue Geschäftsmodelle kreiert. Dabei blieb im Rahmen dieser letzten Umwälzung – bildlich gesprochen – kein Stein auf dem anderen: Wo sind heute *Agfa*, *Kodak*, *Brockhaus*, *Neckermann* oder *Quelle*? Und wo waren vor zehn, zwanzig Jahren *Amazon*, *Ebay*, *Google & Co.*?

Interessanterweise blieb das Feld der verarbeitenden Industrie, der Bereich der physischen Produktion, längere Zeit von diesen Entwicklungen verschont. Teilweise kann das mit ausstehenden technologischen Entwicklungen erklärt werden. Im Rahmen des Computer-Integrated Manufacturing (CIM) wurde zwar schon vor dreißig Jahren eine Integration von betriebswirtschaftlichen Planungs- und Steuerungsaufgaben mit den primär technisch orientierten Aufgaben der Produktion angedacht. Diese gelang jedoch nur zu einem gewissen Teil. Während die betriebswirtschaftliche Produktionsplanung zumeist im Rahmen von etablierter ERP-Software weitgehend IT-gestützt abläuft, existierten kaum

Anbindungen an die physische Fertigungssteuerung. Stattdessen finden sich in vielen Fertigungsbetrieben überwiegend informationstechnische Insellösungen. Auch geriet der, durch den damaligen Stand der Technik (Stichwort „Leitrechner“) sowie fehlende Vernetzungs- und Datenbanktechnologien bedingte, zentral angelegte Planungsansatz von CIM zunehmend in Konflikt mit dem sich in der Praxis durchsetzenden Paradigma nach mehr Dezentralisierung. So kam es zum Scheitern weitergehender Integrationsbemühungen.

Aus heutiger Sicht steht eine Reihe neuartiger Technologien mit einem mittlerweile beachtlichen Reifegrad bereit. Zu nennen sind: Sensorik, Aktorik, Eingebettete Systeme, Internet- und Kommunikationstechnologie, Software und Systemtechnik sowie Mensch-Maschine-Schnittstellen. In Kombination erlauben diese Technologien eine Reihe von neuartigen Funktionen im Bereich der industriellen Produktion. Zu denken wäre vor allem an:

- Datenerfassung und -verarbeitung (in Echtzeit),
- horizontale und vertikale Vernetzung,
- dezentrale Steuerung (Autonomie) und Assistenzsysteme.

Mit diesen Funktionen wird die im Rahmen von „Industrie 4.0“ skizzierte Produktionsvision möglich, die durch eine durchgängige Digitalisierung und Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligter Akteure gekennzeichnet ist. Zentrale Rolle nehmen dabei sog. *Cyber-Physische Systeme* (CPS) ein, die:

- mittels Sensoren Daten erfassen, mittels eingebetteter Software aufbereiten und mittels Aktoren auf reale Vorgänge einwirken,
- über eine Dateninfrastruktur, wie z. B. das Internet, kommunizieren und
- über Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen

und so eine dezentrale, intelligente Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Akteure ermöglichen, so dass ein Echtzeitabbild aller relevanten Prozesse möglich wird.

„Industrie 4.0“ verbindet damit nicht nur – wie aus der Welt des Internets bisher gewohnt – virtuelle Dinge, sondern ganz im Sinne des „Internet of Things“ reale Dinge mit virtuellen Dingen und diese mit Menschen. Mit diesem Übergang zu einem digital vernetzten Gesamtsystem wird versucht, eine noch engere und auf Echtzeitdaten basierende Abstimmung von betriebswirtschaftlicher und technischer Informationsverarbeitung (nicht nur) im Fertigungssektor zu erreichen.

Gemeinsames Ziel von „Industrie 4.0“-Technologien ist „die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluß abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie bspw. Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen“ (*Plattform Industrie*

4.0). Der daraus zu erwartende Nutzen wird, obgleich bislang nicht abschätzbar, als enorm erachtet. Diese erste und zentrale Ebene von „Industrie 4.0“ zielt damit auf die Prozeßeffizienz industrieller Wertschöpfung. Dabei – und das zeigte sich schnell – ist der Anwendungskontext dieser Produktionsvision keineswegs auf industrielle Produktionsprozesse beschränkt; auch die Dienstleistungsproduktion und öffentliche Leistungserstellungsprozesse werden davon betroffen sein.

Als zweite wesentliche Ebene von „Industrie 4.0“ treten neben die „smarten“ Produktionsprozesse die Produktinnovationen in Form von intelligenten und vernetzten Produkten. Ebenso wie Akteure der Leistungserstellung zunehmend vernetzt werden können, ist dies auch auf der Ebene der Produkte möglich. Dabei ist in Erweiterung des „Internet of Things“ auch schon vom „Internet of Everything“ die Rede. Dadurch können sich Produktfunktionalitäten und das Leistungsspektrum von Produkten selbst ganz wesentlich verändern. Zudem werden Ergänzungen bzw. Überlappungen von Produkten und Dienstleistungen erwartet („the product as a service“) mit entsprechenden Auswirkungen auf Bezahl- und Geschäftsmodelle. Damit wird der Weg von „Industrie 4.0“ nochmals verbreitert: von der Prozessinnovation über die Produktinnovation bis hin zur Geschäftsmodellinnovation.

All die damit verbundenen betriebswirtschaftlichen Fragen liegen auf der Hand: Was sind die Gestaltungsoptionen für die Unternehmensführung? Welche Herausforderungen und welche Chancen bestehen für Unternehmen darin, in Technologien zu investieren, die über die gesamte Wertschöpfung Informationen in Echtzeit zur Verfügung stellen und daraus entscheidungsrelevante Informationen zum Zweck der Unternehmensführung gewinnen und einsetzen zu können? Wie sind die daraus entstehenden Nutzenpotentiale zu bewerten? Welche Kosten sind zu erwarten? Wie wird dadurch die Wettbewerbsfähigkeit beeinflußt? Wie ist der damit verbundene organisationale Wandel zu gestalten? Denn die Integration von Subsystemen der Fertigung verändert existierende Arbeitsabläufe und gewohnte Muster der Zusammenarbeit, der Informationsbeschaffung und des Datenaustauschs sowie Kommunikationsstrukturen und stellt daher einen nicht unerheblichen Eingriff in das bestehende Produktionssystem und damit eine bedeutende unternehmerische Gestaltungsaufgabe dar.

Diese und eine Reihe weiterer Fragen waren Gegenstand der ersten betriebswirtschaftlichen Tagung zum Thema „Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe“, die im November 2014 an der Universität Passau stattfand. Das Ziel dieser wissenschaftlichen Konferenz, an der neben ausgewiesenen Wissenschaftlern auch erfahrene Praktiker teilnahmen, war es, die vielfältigen Forschungsbemühungen im Bereich „Industrie 4.0“ zusammenzuführen, vor allem aber, das bisher sehr stark aus technischer Perspektive diskutierte und bearbeitete Thema explizit betriebswirtschaftlich auszuleuchten; also herauszufinden, welche betriebswirtschaftlichen, technischen aber auch rechtlichen Herausforderungen und Chancen mit „Industrie 4.0“ verbunden sind, was die Betriebswirtschaftslehre zu dem Thema sagen und von dem Thema gewinnen könne.

Es deutet sich bereits seit einiger Zeit an, dass die Vision „Industrie 4.0“ zunehmend Realität wird. Zahlreiche Unternehmen haben Projekte gestartet, viele Forschungs- und

Transferprojekte laufen oder sind in diversen Ausschreibungen zumindest beantragt. Dennoch zögern noch viele Unternehmen, haben sich noch gar nicht damit beschäftigt, oder sind in einer Beobachtungsphase. Ein Blick über die Grenzen mag auch von Interesse sein: einige Länder, allen voran die USA aber auch das über lange Jahre regelrecht deindustrialisierte Vereinigte Königreich haben die volkswirtschaftliche Bedeutung industrieller Produktion und der die begleitenden Dienstleitungen erkannt und investieren erheblich in den Aufbau wettbewerbsfähiger industrieller Strukturen. Und hier ist das Thema „Industrie 4.0“ auch aus deutscher Sicht zu verorten: aus dem Bemühen, die Wettbewerbsfähigkeit der hiesigen Industrie zu erhalten und auszubauen. Das ist auch die Hauptmotivation für die intensiven Bemühungen im Bereich der Forschungsförderung für das Projekt „Industrie 4.0“.

Ursprünglich als Zukunftsprojekt der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung beschrieben, sind mittlerweile schon weit mehr als einhundert größere Forschungsprojekte mit einem Fördervolumen von rund einer halben Milliarde Euro angestoßen worden – mit steigender Tendenz. Auch andernorts gibt es ähnliche Absichten und Projekte; in den USA wird von einem „Industrial Internet“, auf europäischer Ebene von „Factories of the Future“ gesprochen. Derzeit werden „viel versprechende“ Projektanträge geschrieben; zweifellos liegen auch schon einige „vielversprechende“ technische Pilotstudien vor, doch ist damit in der betriebswirtschaftlichen Gesamtschau noch zu wenig gewonnen.

Der derzeit in Deutschland vorherrschende Ansatz im Bereich der Forschungsförderung, „Industrie 4.0“-Projekte möglichst schnell „auf den betrieblichen Hallenboden“ zu bringen ist zwar nachvollziehbar, geht aber als anwendungsorientierter Forschungsansatz von in hinreichendem Maße vorliegender Grundlagenforschung aus, soll nicht lediglich Beratungsleistung angeboten werden. Dafür ist die Produktionsvision „Industrie 4.0“ betriebswirtschaftlich aber noch zu unscharf. Die eingehende Analyse von Produktivitätswirkungen steht ebenso aus, wie Untersuchungen zu nötigen Anpassungs- und Change-Managementprozessen. Es ist weder hinreichend geklärt, welche „Industrie 4.0“-Technologien in naher Zukunft die Rolle von Basistechnologien zur horizontalen und vertikalen Vernetzung in Echtzeit leisten können, wie die damit zusammenhängenden Schnittstellenprobleme gelöst werden können oder wie die Vernetzung von Mensch und Maschine vonstatten gehen soll. Und nicht zuletzt stecken Produktinnovation und Geschäftsmodellentwicklung sowie die dahinterliegenden Smart-Data-Lösungen erkennbar noch in den Kinderschuhen, auch eine Reihe rechtlicher Fragen ist noch ungeklärt.

Selbst wenn eine Reihe dieser und der vorhin aufgeworfenen Fragen in diesem Tagungsband diskutiert werden, können die vorgelegten achtzehn Arbeiten das Themenfeld „Industrie 4.0“ weder vollumfänglich noch abschließend behandeln. Sie zeigen aber in ihrer Vielfalt, welches spannende Forschungsfeld sich für die Betriebswirtschaftslehre und ihre Nachbardisziplinen auftut. Dafür ein Startpunkt zu sein, war der Anspruch der Passauer „Industrie 4.0“-Tagung.

Der Dank gilt allen, die zum Gelingen der Tagung beigetragen haben. Vor allem natürlich den Referenten, die mit ihren Beiträgen den wissenschaftlichen Diskurs erst ermöglicht haben, sowie den Diskutanten, die mit ihren Fragen zur Weiterentwicklung von



Ideen beigetragen haben. Aber auch allen, die zur Organisation und damit zum Gelingen der Tagung beigetragen haben, namentlich die Mitarbeiter meines Lehrstuhls und stellvertretend hierfür meine Sekretärin Ulrike Haberl und Florian Kaiser, sind in den Dank einzuschließen. Schließlich ist die großzügige Förderung durch die *Industrie- und Handelskammer Niederbayern* zu würdigen, die die Drucklegung dieses Tagungsbandes erst möglich gemacht hat.

Weitere Informationen und Photos zur Tagung sowie Videoaufnahmen unter anderem der Keynote-Speeches von Prof. Dr. Dr. h.c. mult. August Wilhelm Scheer sowie von Prof. Dr. Wegener sind unter der Internetadresse

[www.industrie-viernull.de](http://www.industrie-viernull.de)

abrufbar. Unter dieser Adresse soll auch in Zukunft eine Informationsplattform rund um das Thema „Industrie 4.0“ etabliert werden, um die Entwicklungen in diesem wahrlich dynamischen Gebiet weiterverfolgen zu können.

Es ist zudem beabsichtigt, den vorliegenden Tagungsband in künftigen Auflagen durch Aufnahme maßgeblicher weiterer Beiträge fortzuentwickeln und ihn so zu einem betriebswirtschaftlichen Kompendium zum Thema „Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe“ zu machen.

Passau, August 2015

Prof. Dr. Robert Obermaier

---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Industrie 4.0: Vision, Innovation, Konzeption

<b>Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe</b> .....	3
Robert Obermaier	
<b>Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung</b> .....	35
August-Wilhelm Scheer	
<b>Industrie 4.0: Strategische Innovation durch Strategische Sensitivität</b> .....	53
Andreas König und Lorenz Graf-Vlachy	
<b>Rechtliche Herausforderungen der Industrie 4.0</b> .....	69
Gerrit Hornung	

## Teil II Industrie 4.0: Stand und Perspektiven

<b>Stand und Entwicklungspfade der Digitalen Transformation in Deutschland</b> .....	85
Stephan Wildner, Oliver Koch und Uwe Weber	
<b>Controlling von Digitalisierungsprozessen – Veränderungstendenzen und empirische Erfahrungswerte aus dem Mittelstand</b> .....	97
Wolfgang Becker, Patrick Ulrich, Tim Botzkowski und Sebastian Eurich	

## Teil III Industrie 4.0: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Lösungsansätze

<b>„Smart Decisions“ als integraler Bestandteil von Industrie 4.0</b> .....	121
Günter Bitsch	

<b>Optimierung Anlagenanlauf und Fertigungsumstellung</b> .....	137
Roland Willmann	
<b>Von der Digitalen Fabrik zur Digitalen Lieferkette in der Halbleiterindustrie: Bestandsaufnahme, Lösungsansätze und viele Herausforderungen</b> .....	149
Hans Ehm und Lars Mönch	
<b>Industrie 4.0 in der Dienstleistungsproduktion – eine Konzeptanalyse am Beispiel universitärer Leistungsprozesse in Forschung und Lehre</b> .....	159
Matthias Klumpp	
<b>Datenschutz in der Industrie 4.0</b> .....	171
Kai Hofmann	
<b>Teil IV Industrie 4.0: Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Kalkulation</b>	
<b>Betriebswirtschaftliche Wirkungen digital vernetzter Fertigungssysteme – Eine Analyse des Einsatzes moderner Manufacturing Execution Systeme in der verarbeitenden Industrie</b> .....	191
Robert Obermaier und Victoria Kirsch	
<b>Effizienzbewertung und -darstellung in der Produktion im Kontext von Industrie 4.0</b> .....	219
Herwig Winkler, Gottfried Seebacher und Bernhard Oberegger	
<b>Produktkalkulation im Kontext von Industrie 4.0</b> .....	245
Clemens Haußmann, Jens Lachenmaier, Heiner Lasi und Hans-Georg Kemper	
<b>Teil V Industrie 4.0: Voraussetzungen, Veränderungen und Akzeptanz</b>	
<b>Voraussetzungen für den Einsatz von MES schaffen – Erfahrungsbericht aus Sicht einer Fertigung</b> .....	255
Johann Hofmann	
<b>Industrie 4.0 durch strategische Organisationsgestaltung managen</b> .....	271
Georg Reischauer und Lukas Schober	
<b>Akzeptanzanalyse in der Industrie 4.0-Fabrik</b> .....	291
André Ullrich, Gergana Vladova, Norbert Gronau und Nicole Jungbauer	
<b>Unternehmerische Herausforderungen bei Industrie 4.0-Projekten – Einsichten aus zwei Prozessstudien</b> .....	309
Markus Grottke und Robert Obermaier	

---

## Mitarbeiterverzeichnis

**Wolfgang Becker** Universität Bamberg, Bamberg, Deutschland

**Günter Bitsch** becos GmbH, Stuttgart, Deutschland

**Tim Botzkowski** Universität Bamberg, Bamberg, Deutschland

**Hans Ehm** Infineon Technologies AG, Neubiberg, Deutschland

**Sebastian Eurich** Universität Bamberg, Bamberg, Deutschland

**Lorenz Graf-Vlachy** Universität Passau, Passau, Deutschland

**Norbert Gronau** Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Markus Grottke** Universität Passau, Passau, Deutschland

**Clemens Haußmann** Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

**Kai Hofmann** Universität Passau, Passau, Deutschland

**Johann Hofmann** Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg, Deutschland

**Gerrit Hornung** Universität Kassel, Kassel, Deutschland

**Nicole Jungbauer** Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Hans-Georg Kemper** Ferdinand-Steinbeis-Institut der Steinbeis-Stiftung, Stuttgart, Deutschland

**Victoria Kirsch** Maschinenfabrik Reinhausen, Regensburg, Deutschland

**Matthias Klumpp** Universität Duisburg-Essen, Essen, Deutschland

**Oliver Koch** Kassel, Deutschland

**Andreas König** Universität Passau, Passau, Deutschland

**Jens Lachenmaier** Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

**Heiner Lasi** Ferdinand-Steinbeis-Institut der Steinbeis-Stiftung, Stuttgart, Deutschland

**Lars Mönch** FernUniversität Hagen, Hagen, Deutschland

**Bernhard Oberegger** Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Klagenfurt, Österreich

**Robert Obermaier** Passau, Deutschland

**Georg Reischauer** Wien, Österreich

**August-Wilhelm Scheer** Scheer Holding, Saarbrücken, Deutschland

**Lukas Schober** Wien, Österreich

**Gottfried Seebacher** Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Klagenfurt, Österreich

**André Ullrich** Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Patrick Ulrich** Universität Bamberg, Bamberg, Deutschland

**Gergana Vladova** Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Uwe Weber** Kassel, Deutschland

**Stephan Wildner** Kassel, Deutschland

**Roland Willmann** PEER Group GmbH, Dresden, Deutschland

**Herwig Winkler** Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,  
Cottbus, Deutschland

---

**Teil I**

**Industrie 4.0: Vision, Innovation,  
Konzeption**

---

# Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe

Robert Obermaier

---

## 1 Problemstellung

Das Schlagwort „Industrie 4.0“ dient gegenwärtig dazu, das Bild einer sich anbahnenden vierten industriellen Revolution zu zeichnen. Kennzeichnend für die bisherigen industriellen Revolutionen waren technologische Innovationen als auslösendes Moment: 1) die *Mechanisierung* durch Ersatz von Muskelkraft durch Wasserkraft und Dampf, 2) die *Automatisierung* durch Einsatz elektrischer Energie und Arbeitsteilung und 3) die *Digitalisierung* durch Einsatz programmierbarer Maschinensteuerungen zur weitgehenden Automatisierung und Standardisierung weiterer Bereiche der Fertigung aber auch vieler administrativer Prozesse mit Hilfe von IT. Den Kern der nunmehr ausgerufenen vierten industriellen Revolution stellt nach den bisherigen Stufen Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung nun 4) die *Vernetzung* von industrieller Infrastruktur (Maschinen, Werkstücke, Produkte und Menschen) im Bereich der industriellen Produktion mittels sog. Cyber-Physischer Systeme (CPS) dar (Abb. 1).

Die verwendete Zählweise ist nicht unumstritten, spielt im Rahmen dieser Ausführungen aber keine Rolle.<sup>1</sup> Unumstritten ist freilich auch die durchaus angreifbare Auffassung

---

<sup>1</sup> Insbesondere das eher historisch oder sozialwissenschaftlich ausgerichtete Schrifttum versteht unter der *Industriellen Revolution* den tiefgreifenden und dauerhaften Umbruch der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse im ausgehenden 18. und dann vor allem im 19. Jahrhundert. Als zweite industrielle Revolution beschreibt die Wirtschaftsgeschichte die Phase Hochindustrialisierung im ausgehenden 19. Jahrhundert, während als dritte industrielle Revolution zumeist die Phase zunehmender Digitalisierung und Ausbreitung der Computertechnik genannt wird, die als noch nicht abgeschlossen gilt. Vgl. Clark (2007); Pierenkemper (1996) und insbesondere Rifkin (2011, 2014).

---

R. Obermaier (✉)  
Innstraße 27, 94032 Passau, Deutschland  
E-Mail: [controlling@uni-passau.de](mailto:controlling@uni-passau.de)