

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

## Wirtschaftsinformatik I



Peter Mertens, Dina Barbian

### **Digitalisierung und Industrie 4.0 – Moden, modische Überhöhung oder Trend?**

Verkürzte Version

Arbeitsbericht Nr. 1/2016, 2. Aufl. (überarbeitet und ergänzt)

Herausgeber  
Prof. Dr. Peter Mertens

## Vorwort

Die Wörter „Digitalisierung“ und „Industrie 4.0“ tauchen seit etwa zwei Jahren in der Öffentlichkeit und in der Fachwelt plötzlich mit einer kaum je beobachteten Häufigkeit auf. Vor allem der Begriff „Digitalisierung“ trifft nur teilweise das tatsächliche Geschehen. Es drängt sich die Vermutung auf, dass wieder einmal in der Geschichte der Wissenschaft und Technik ein Trend (zu mehr Automation) durch eine Welle überlagert wird. In der IT begann man schon vor längerer Zeit, sich mit solchen Wellen auseinanderzusetzen. Dies ist auch wichtig, denn Moden verursachen – verglichen mit dem Ideal einer nachhaltigen, kontinuierlichen Entwicklung – Ineffizienzen und Fehlleitung von Ressourcen im weitesten Sinn.

Ein in der IT-Fachgemeinschaft oft beigezogenes Muster, das die Beachtung einer Technologie im Zeitablauf beschreibt, ist der „Hype Cycle“. Man unterscheidet die Phasen „Zögernder Beginn“ – „Steiler Anstieg mit gleichzeitig übertriebenen Versprechungen und Prognosen“ – „Hoher Gipfel“ – „Abfall in ein tiefes Tal“ (ausgelöst durch Enttäuschungen) – „Öffentlich wenig beachtete Weiterarbeit am Detail“ – „Allmählicher Wiederaufstieg auf ein realistisches Niveau“ – „Einmündung in einen langfristigen Trend“. Bekannt wurden vor allem die Darstellungen des auf IT spezialisierten Marktforschungsunternehmens Gartner, Inc.

Da bisher wenig tiefere wissenschaftliche Fachliteratur und allgemein zugängliche Erfahrungsberichte aus Betrieben vorliegen, stützen wir uns bei unseren Einschätzungen des weiteren Verlaufs auch auf eine große Zahl von öffentlichen Bekundungen und eine kleinere Zahl von privaten Gesprächen mit Fachleuten verschiedener Herkunft (IT-Spezialisten, Unternehmer, Führungskräfte in Unternehmen, Wissenschaftler der Fachrichtungen Informatik, Wirtschaftsinformatik, Fertigungstechnik, Industriebetriebslehre sowie Logistik, Vertreter einschlägiger Verbände und Politiker). Der Vorteil ist, dass Meinungen von zum großen Teil recht einflussreichen Persönlichkeiten zusammengetragen sind. Ein methodisches Problem kann darin liegen, dass sich diese Personen gegenüber Medien nicht so offen äußern, wie sie es in unternehmensinternen Diskussionen tun. Oft redigieren Pressesprecher von Institutionen offenehrliche Aussagen der Spitzenkräfte in Richtung auf Unverfänglichkeit. Auch bevorzugen Journalisten bei wörtlichen Zitaten gerne die besonders prononcierten Äußerungen oder „Bonmots“.

Wir versuchen, neben Einflussgrößen, die einen Trend und Moden oft **v e r s t ä r k e n**, **v e r z ö g e r n d e** Momente herauszuarbeiten, die den weiteren Anstieg vermutlicher Modeerscheinungen bremsen könnten.

Der vorliegende Bericht stellt die verkürzte Fassung einer umfangreicheren Ausarbeitung [MeBa16] dar (unter <http://wi1.uni-erlangen.de/team-network/team/petermertens> verfügbar), in der zusätzliche Aspekte behandelt und ausführlichere Quellenangaben enthalten sind.

Nürnberg, im Februar 2016

Peter Mertens, Dina Barbian

## Zusammenfassende Thesen zu Digitalisierung/Industrie 4.0

1. Der Trend zu mehr Automation mit den Instrumenten der Informationstechnik ist sehr wichtig, vor allem für den deutschsprachigen Raum mit seiner ungünstigen Altersstruktur.
2. Der Begriff „Digitalisierung“ stammt aus den Fachgebieten Elektronik und Informatik und bedeutet dort die Überführung von analogen in digitale Größen zwecks Übertragung in Netzen und Verarbeitung auf elektronischen Rechenanlagen. Er erhielt auf anderen Fachgebieten wie Betriebswirtschaft sowie in Politik und Medien stark ausweitete Bedeutungen, die sehr vielfältig und zum Teil widersprüchlich sind (Digitalisierung heißt Automation, Automation unter spezieller Nutzung des informationstechnischen Fortschritts, Automation plus Änderung der Geschäftsmodelle).
3. Industrie 4.0 wird von unterschiedlichen Fachleuten sowohl in einem ursprünglich engeren Sinn (Cyber-physical systems und/oder Internet of Things) als auch in einem weiteren (vernetzte Betriebsmittel in Fertigung und Logistik) bis hin zu einem sehr weiten (gesamte inner- und zwischenbetrieblich integrierte Informationsverarbeitung im Fertigungsbetrieb einschließlich Dienstleistungen) verstanden.
4. Die Vielzahl der Interpretationen zu den Wörtern „Digitalisierung“ und „Industrie 4.0“, die zudem oft gleichgesetzt (als Synonyme betrachtet) werden, erschwert Analysen. Ein Versuch, in Zusammenarbeit kompetenter Instanzen (Fach- und Machtpromotoren) zu einem in sich konsistenten und trennscharfen Begriffsapparat zu gelangen, sollte gewagt werden. Andere Disziplinen wie z. B. die Naturwissenschaften oder die Medizin könnten sich einen solchen unstimmigen Begriffsapparat nicht leisten.
5. Der Begriff „Digitalisierung“ ist in Anbetracht mittel- und langfristiger Entwicklungen hin zu mehr analogen Komponenten der Automation unglücklich gewählt.
6. Auf modische Überhöhungen, wie sie im Modell „Gartner Hype Cycle“ dargestellt werden, deuten eine Reihe von Indikatoren, u. a. die inflationsartige Verwendung der Begriffe, Neologismen, Mitnahmeeffekte, starke Öffentlichkeitsarbeit und unverhüllte Werbung von Interessenvertretern, wie z. B. Unternehmensberatern und Hochschulen, Unterschätzung bis hin zur Diskreditierung des bisher erreichten Standes, übertriebene Warnungen vor mangelnden Initiativen und nicht ausreichenden Investitionen der Privatwirtschaft sowie nicht ausreichenden Subventionen des Staates („Alarmismus“).
7. Eine Vielzahl von IT-Systemen, die in Betrieben schon lange funktionieren sowie seit Jahren Gegenstand der Lehre einschließlich der Lehrbücher sind, werden als erst jetzt im Zuge der Digitalisierung und Industrie 4.0 mögliche Innovationen dargestellt (z. B. Produktkonfiguratoren, verfeinerte innerbetriebliche Materialwirtschaft, Verfahren des Supply Chain Management, genauere Betriebsdatenerfassung, zustandsabhängige vorbeugende Instandhaltung). Insoweit wäre die Bezeichnung „Digitale Evolution“ treffender als „Digitale Revolution“.
8. Es gibt eine Reihe retardierender Faktoren und Risiken (u.a. Datensicherheit, Schwierigkeiten bei der Normung der Datenübertragung, mangelnde Anpassung des Rechtsrahmens, Gefahr von Wissensabschöpfung, Erleichterter Betrug, betriebswirtschaftliche Probleme im Produktlebenszyklus bei zu großer Variantenzahl im Programm bzw. Sortiment („Losgröße 1“), Bedarf an neuen Algorithmen für Künstliche Intelligenz einschließlich Softwareagenten, Zögern von kleinen und mittleren Unternehmen, Fachkräftemangel, Probleme der Interdisziplinarität, drohende Überregulierung), die zur Vorsicht bei der Extrapolation der aktuellen Euphorie mahnen.
9. Digitalisierung wird z. Z. zuweilen als Vorwand genommen, Aufgaben von Unternehmen weg auf Dritte, v. a. Kunden, zu „delegieren“ („Rationalisierung auf Kosten anderer“). In volkswirtschaftlichen Rechenwerken zeigt das Produktivitätssteigerungen an, weil die zusätzliche Arbeit der Bürgerinnen und Bürger nicht in die Rechnung eingeht. Die Wohlfahrt kann aber per saldo sinken.

10. Wenn ein Verlauf wie im Gartner-Hype-Cycle-Modell angenommen einträte, würde das heißen, dass Enttäuschungen bevorstehen und es Jahre dauern kann, bis man auf einen realistischen Trendverlauf einbiegt. Die Enttäuschungen sind laut Gartner-Modell ebenso übertrieben wie die Prognosen und Versprechungen in der Euphoriephase.
11. Modewellen mit größeren Ausschlägen in Wissenschaft, Technik und Unternehmensführung haben im Vergleich zu einem nachhaltigen Trend gravierende Nachteile, weil sie mit Fehlleitungen und damit Vergeudung von Ressourcen einhergehen. Leidenschaftslos-neutrale Analysen sind daher angebracht.
12. Erste Untersuchungen zu der mit Industrie 4.0 im ursprünglichen, engeren Sinn verbundenen dezentralen Steuerung der Produktion und Logistik erbringen, dass zwar Vorteile bei der Durchlaufzeit und der Flexibilität, aber Nachteile bei der Kapazitätsauslastung und damit bei der Kapitalbindung entstehen könnten.
13. Die Informationsverarbeitung in mehreren wichtigen Sektoren der öffentlichen Verwaltung ist in bedenklichem Zustand. Bei der Verteilung der für die IT verfügbaren staatlichen Mittel ist sorgfältig abzuwägen zwischen zukunftssträchtigen, aber riskanten Vorhaben einerseits und Anstrengungen, bei konventionellen IT-Anwendungen zu den führenden Staaten der Welt aufzuschließen, andererseits.
14. Die Strategie von Teilen der Automobilindustrie, radikale Veränderungen zu meiden und sich stattdessen erst um gesellschaftliche Akzeptanz zu bemühen, könnte für andere Wirtschaftszweige und Branchen Vorbild werden.
15. Bei der Automation korrelieren die Nutzeffekte auf betriebswirtschaftlicher und die auf volkswirtschaftlicher Ebene nicht zwangsläufig. Große Produktivitätssteigerungen in den Unternehmen und damit Abbau von Arbeitsplätzen bei gleichzeitigem strukturellem Anstieg der Arbeitslosigkeit müssen nicht das gesamtwirtschaftliche Optimum darstellen.
16. In den Annahmen über die weitere Entwicklung mitzuführen ist ein Szenario, in dem Hochqualifizierte sehr viel arbeiten müssen, während Geringqualifizierte wenig Beschäftigungschancen haben (Problem der „employability“). Ein Gesellschaftsmodell, das bis zur Ausbeutung der ersten Gruppe bei gleichzeitigen starken Einkommens-transfers zur zweiten Gruppe führt, wäre auf Dauer nicht praktikabel und vom Gerechtigkeitsstandpunkt fragwürdig. Daher muss auf leistungsfähige IT-gestützte Assistenzsysteme hingearbeitet werden, die den Mitgliedern beider Gruppen zugutekommen.
17. Ein optimaler Automationsgrad ist mit dem maximalen nicht identisch und in verschiedenen Volkswirtschaften im Zeitablauf veränderlich.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Zusammenfassende Thesen zu Digitalisierung/Industrie 4.0	ii
1. Einleitung: Moden und Trends in Forschung, Entwicklung und Betrieb	1
2. Typen von Entwicklungen über der Zeitachse	1
3. Merkmale von Moden in Wissenschaft und Technik	3
4. Merkmale von Trends in Wissenschaft und Technik	4
5. Digitalisierung und Industrie 4.0 als Moden	5
6. Benutzte Begriffe von Digitalisierung und Industrie 4.0	9
6.1 Digitalisierung	9
6.2 Industrie 4.0	10
7. Zu den Innovationen und Chancen in ausgewählten Wirtschaftszweigen und Branchen	11
7.1 Industrie und Güterlogistik	11
7.1.1 Zustandsabhängige vorbeugende Instandhaltung	11
7.1.2 Parameterregulierung	12
7.1.3 Werkstattsteuerung	12
7.1.4 Management von Liefernetzen	13
7.2 Finanzwirtschaft	13
7.3 Änderung von Geschäftsmodellen	14
8. Gefahr der Retardierung auf ausgewählten Innovationsfeldern	15
8.1 Informatik und Ingenieurwesen – Inkompatible Kulturen?	15
8.2 Zögern von kleinen und mittleren Unternehmen und Familiengesellschaften	16
8.3 Spezielle Interessenlagen	16
8.4 Individualisierung und Losgröße 1	17
8.5 Echtzeitentscheidungen	17
8.6 Die VR China als Konkurrent	18
8.7 Die Subsumtion von Vorhandenem	18
8.8 Normung und Rechtsrahmen	19
8.9 Erleichterter Betrug	20
9. Defizite beim Ist-Zustand der Automation	20
9.1 Öffentliche Verwaltung und Verkehr	20
9.2 Finanzwirtschaft	22
9.3 Industrie	23
9.4 Verlage	23
10. Nutzenbetrachtungen	23
11. Risiken	25
Literatur	27

## 1. Einleitung: Moden und Trends in Forschung, Entwicklung und Betrieb

In vielen Wissenschaften, in der Technologie, der Medizin und in Wirtschaftsbereichen kennt man neben dem Trend zu neuen Erkenntnissen, die bessere Problemlösungen ermöglichen, auch Modeerscheinungen. Besonders auffällig sind diese Wellen in Fächern mit engem Bezug zu Märkten, so z. B. in den Ernährungswissenschaften, in der Pharmazie, der Medizin, aber auch in der Informatik und deren Teildisziplinen, etwa der Wirtschaftsinformatik (s. Abschn. 3) [Mert95].

Diese Verläufe über der Zeitachse haben den Vorteil, dass während der Hochzeit einer Mode Kräfte geweckt und gebündelt werden, um einen Untersuchungsgegenstand voranzubringen und wichtige Probleme zu lösen. Der Nachteil liegt u.a. darin, dass es in dieser Phase zu Ressourcenvergeudung kommt.

Mit dieser Arbeit wollen wir einen Beitrag leisten herauszufinden, ob in den gegenwärtigen Strömungen „Digitalisierung“ und „Industrie 4.0“ (I4.0) modische Überhöhungen und zu optimistische Prognosen in Richtung auf einen Trend mit großem Anstiegswinkel enthalten sind.

Gelingt es, den Verlauf von Moden und Trends wenigstens grob vorherzusagen, so können auch Empfehlungen zu Investitionen und Desinvestitionen und damit verbundenen Gewinnchancen und Risiken gegeben werden. So hat die Gartner-Beraterin Jackie Fenn auf der Grundlage des „Gartner Hype Cycle“ (Abschn. 2) 1999 den sogenannten Dotcom-Crash ein halbes Jahr zuvor prognostiziert [OV15m].

## 2. Typen von Entwicklungen über der Zeitachse

Die Entwicklung von Wissenschafts- und Wirtschaftszweigen einschließlich Technologien lässt sich mit unterschiedlichen Mustern beschreiben.

1. Trendentwicklung mit kleinen, außerhalb einer spezialisierten Fachgemeinschaft kaum wahrgenommenen Sprüngen (s. Abb. 2.2/I.). Man kann auch von einer Treppe mit niedrigen Stufen sprechen. Ein wichtiges Beispiel ist die Leistungssteigerung bei Schaltkreisen, oft mit dem Moore'schen Gesetz modelliert.
2. Sprungentwicklung (s. Abb. 2.2/II.). Als Beispiel haben wir die Ablösung von Speichermedien: Lochkarte -> Magnetband -> Magnetplatte -> Hauptspeicher -> Chip auch als Aufbewahrungsort für große Datenbestände.
3. Frühe Überschätzung mit folgender umso größerer Enttäuschung sowie nachfolgender Realisierung auf einem mittleren Niveau. Dieser oft zu beobachtende Verlauf ist auch als „Gartner Hype Cycle“ bekannt (Abb. 2.1). (Hype interpretiert als in den Medien besonders häufig und mit großem Nachdruck gebrachtes Thema.) Hier sind z. B. CIM, das sog. „Offshoring“ oder die Künstliche Intelligenz (KI) einzuordnen [Mert95]. Ende der 90er-Jahre war nach längerem Aufschwung der Begriff KI und mit ihm der der Expertensysteme und auch der Sprachverarbeitung diskreditiert. Der Gründer von Google, Larry Page, sah es in einem Interview so: „Die Forschung zur Künstlichen Intelligenz war lange aus der Mode, das Thema galt als abgehakt und aussichtslos.“ [Schul15, S. 106] Marvin Minsky, der als Pionier der KI galt, musste schon in den 50er-Jahren erleben, dass er und andere KI-Forscher nach anfänglicher Begeisterung und kühnen Prognosen sogar verspottet wurden [Knop16a]. KI-Lehrstühle wurden anderen Verwendungen zugeführt. Jetzt stellt Apple rund 90 Mitarbeiter mit Expertise in KI ein [OV15r], auch Toyota baut eine KI-Abteilung auf [OV15z] und investiert 50 Mio. \$ in eine Zusammenarbeit mit der Stanford University und dem MIT, um die KI b e s c h l e u n i g t zu erforschen [OV15h]. Von einigen Autoren, Gewerkschaftlern und Politikern wird

die KI gegenwärtig sogar als Bedrohung weiter Berufsfelder und ganzer Volkswirtschaften empfunden [BrMS14]. Der Zukunftsforscher Lars Thomsen antwortete in einem Interview: „Für mich ist die Künstliche Intelligenz ein natürlicher Schritt in der Evolution. ... Das zwingt uns ... ganz neu über den Sinn unseres Lebens ... nachzudenken.“ [Nara15] Der Gründer von Tesla, Elon Musk, wird mit der Befürchtung zitiert, KI sei die „vermutlich größte Gefahr für unsere Existenz“ [Ste15]. Stephen Hawking warnt vor dem Ende der Menschheit, wenn KI sich verselbstständigt [Hohe15, S. 48].

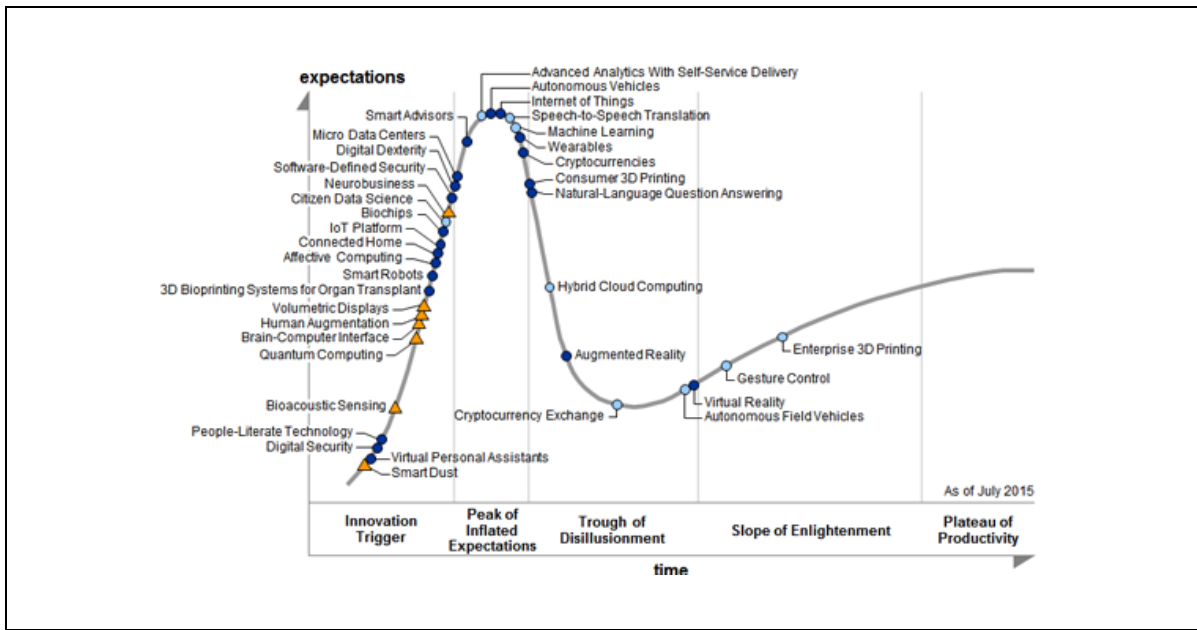


Abb. 2.1: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2015 [Gart15]

4. „Sternschnuppen-Effekt“ (s. Abb. 2.2/III.): Eine technisch mögliche Entwicklung wird vorübergehend als Vorbote einer neuen Generation eingestuft. Trotz erheblicher Investitionen in Human- und Sachkapital „verglüht die Sternschnuppe“.

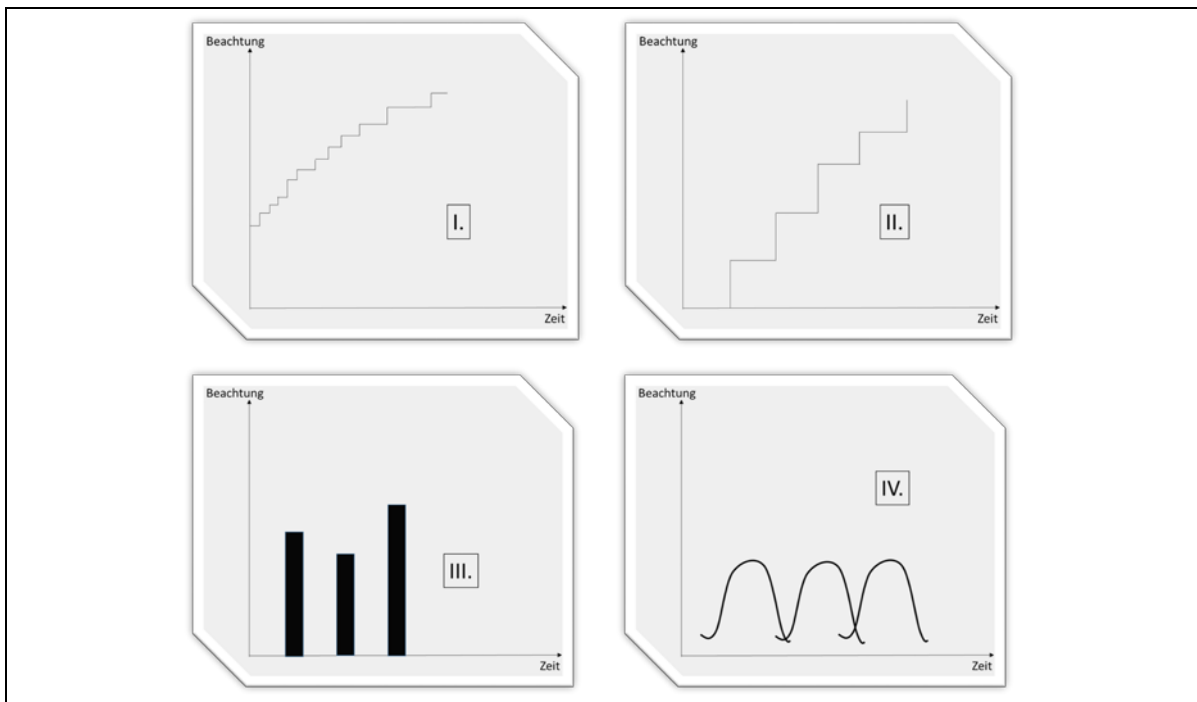


Abb. 2.2: Unterschiedliche Musterverläufe

Prominente Beispiele sind das Überschall-Passagierflugzeug Concorde zusammen mit dem Nachbau in der Sowjetunion („Concordski“), das Geschwindigkeiten von Mach2 erreichte und den Beinamen „Königin der Lüfte“ erhielt, senkrecht startende Flugzeuge, der Kreiskolbenmotor für Kraftfahrzeuge (Wankelmotor), die Magnetschwebbahn oder die hochautomatisierte Hüftgelenkoperation. Wegen der drohenden Ineffizienz ist frühzeitig zu erörtern, ob dieses Muster gegeben ist.

5. „Echte“ Modewellen ohne Fortschritt hinsichtlich des Nutzens (s. Abb. 2.2/IV.). Derartige Erscheinungen findet man eher in der Bekleidungsbranche; dies soll in unserem Zusammenhang nicht betrachtet werden.

### 3. Merkmale von Moden in Wissenschaft und Technik

Vergleicht man rückblickend Modewellen, so schälen sich die folgenden Merkmale heraus:

1. Das Thema erhält für eine bestimmte Zeit Aufmerksamkeit weit über die Fachwelt hinaus.
2. Die Medien und Berufspolitiker stimmen der Bedeutung zu. Z. B. stellte der EU-Kommissionsvorsitzende Juncker 2015 die Digitalisierung auf eine Ebene mit der Außenpolitik und mit der Flüchtlingspolitik [OV15n, S.27].
3. Vorreiter der neuen Mode werden bewundert. Personen und Institutionen, die sich skeptisch zur Nachhaltigkeit der jeweils aktuellen Entwicklungen äußern, stellt man gern als Menschen hin, die „von gestern“ oder „ewige Bedenkenträger“ sind und den Anschluss verpasst haben.
4. Man weckt Ängste, es könnte eine sehr wichtige Entwicklung oder gar Zeitenwende verschlafen werden und die Konkurrenz (andere Unternehmen und Staaten) würden einen Wettbewerbsvorteil erreichen („Alarmismus“). Beispiele: „Amerika und China schlafen nicht“ [Fins15a]; „Wir laufen Gefahr, den Anschluss zu verlieren“ (Ulrich Grillo, Präsident des BDI, in: [OV15q]); „Das Zukunftsfeld der Digitalisierung ist international hart umkämpft“ (Matthias Wissmann, Präsident des VDA) [Mers15]; „Autobauer werden austauschbar“ [Kage15a]. „Die Digitalisierung kommt nicht als laues Lüftchen daher, sondern als Sturm. Sie ist disruptiv“ [Schmi15]; „Die erste Halbzeit der Digitalisierung haben wir in Europa verloren“ (Timotheus Höttges, Vorstandsvorsitzender der Deutschen Telekom AG) [Hoff15]; „... sei es überlebenswichtig, dass sich Europa auf das Thema Industrie 4.0 stürze“ (Georg Giersberg zitiert den Vorstandsvorsitzenden Peter Gassmann von PWC AG) [Gier15a]; Bundeskanzlerin Merkel äußerte 2015: „Wir müssen die Verschmelzung der Welt des Internets mit der Welt der industriellen Produktion schnell bewältigen, weil uns sonst diejenigen, die im digitalen Bereich führend sind, die industrielle Produktion wegnehmen werden.“ [OV15zä]
5. Die Stärken bisheriger Entwicklungen („Stand der Technik“) werden herabgewürdigt oder gar unterschlagen, die der aktuellen Vorschläge überbetont. Im Zusammenhang mit I4.0 ist interessant, wie die „Vorläuferwelle“ CIM gegenwärtig als gescheitert oder gar als Desaster bezeichnet wird. Dabei wird CIM als eine Art Vollautomation der Fertigung interpretiert, während andere Wesensmerkmale wie die Verbindung von technischen und betriebswirtschaftlichen Funktionen und Prozessen (Beispiel: Konstruktion mit der Kalkulation oder mit Zielkostenrechnungen) oft ausgeklammert bleiben [BHVo14, S. 86, 455 und 584], [Mert14]. Als eigentlichen Vorläufer von Industrie 4.0 kann man aber eher die Halle 54 der VW AG in Wolfsburg ansehen. Diese galt vor allem unter Journalisten und anderen Außenstehenden als bewunderte oder gefürchtete „menschenleere Fabrik“.



Andere Fahrzeughersteller starteten ähnliche Experimente. Die Zahl der Bandarbeiter wurde aber letztlich nur um ein Viertel verringert. Dies ist wohl auch ein Grund, weshalb es heute eher vermieden wird, das Adjektiv „mensenleer“ im Zusammenhang mit I4.0 zu benutzen. Die mangelnden Erfolge der Halle 54 werden auch darauf zurückgeführt, dass „Computerspezialisten und Produzenten ... aus völlig verschiedenen Welten (kamen) und ... häufig aneinander vorbeiredeten“ ([Paul14]; vgl. auch Abschn. 8.1)].

6. Schon länger praktizierte herkömmliche Lösungen werden unter den aktuellen Modebegriff subsumiert, z. B. um von der öffentlichen Aufmerksamkeit und von Subventionsprogrammen zu profitieren (Mitnahmeeffekte, „Trittbrettfahren“) oder modern zu erscheinen. Ein Beispiel sind weitgehend automatische Kommissioniersysteme, die Kundenauftragsverwaltung, Lagerbestandsführung, Regaltechnik, Hilfen bei der Artikelentnahme, innerbetriebliche Transportmittel, Verpackung und Information von Spediteuren verknüpfen (vgl. Abschn. 7).
7. Eingeführte Begriffe ersetzt man unkritisch und zuweilen in einer affektierten Sprache durch neue, die oft hinsichtlich Wortinhalt (Semantik), Wortgeschichte (Etymologie) oder Fremdsprachenübersetzung fragwürdig sind (etwa Kollaboration statt Kooperation). Beispiele sind auch: Betriebliche Dokumentation -> Selective Dissemination of Information -> Information Retrieval -> Wissensmanagement -> Business Intelligence -> Big Data. Hinzu treten „aufgeladene“ Wörter, die die Bedeutung herausstreichen sollen oder überhöht wirken und teilweise in Lexika noch gar nicht zu finden sind (z. B. agil, alternativlos, disruptiv, emergent, Fintechisieren, Game Changer, Hybridisierung, Lichtjahre, Neue Generation, Orchestrierungsarchitektur, proaktiv, Quantensprung, resilient). Der Begriff „Disruption“ wurde in Medienstudien 2011 und 2012 5- bzw. 9-mal gezählt, im Jahr 2015 aber 205-mal [MeWe15]. Besonders der Begriff „Optimierung“ wird nachgerade inflationär, wenig trennscharf oder gar unseriös verwendet. Vor allem jüngere Wissenschaftler und Praktiker, die frühere Entwicklungen nicht aus der Nähe erlebt hatten, laufen Gefahr, nur unter den neuen Stichworten zu recherchieren und ältere Forschung und Entwicklung zu übersehen („das Rad einschließlich seiner achteckigen Varianten neu erfinden“).
8. Auf die positiven und negativen Erkenntnisse, die bei früheren Modewellen gewonnen wurden, greift man zu wenig zurück (keine kumulative Forschung und Entwicklung). Daraus resultiert eine Verschwendung von Ressourcen.
9. Die Aufeinanderfolge der Moden beinhaltet die Gefahr, dass bisherige Pionierarbeiten zu früh abgebrochen werden, weil die Energie auf das (evtl. scheinbar) Neue fokussiert wird.
10. Die Befassung mit der Mode wird zur Chefsache ausgerufen [Köni15].

#### **4. Merkmale von Trends in Wissenschaft und Technik**

Im Gegensatz zu Moden werden bei Trends über eine längere Zeitstrecke keine höheren Wellenbewegungen deutlich. Durch meist relativ kleine Sprünge lässt sich mit guter mathematisch-statistischer Annäherung eine Trendgerade legen. Neben dem Moore'schen Gesetz (Abschn. 2) trifft das z. B. auf die Robotik zu. Diese zeigt einen nicht von größeren Rückschlägen getroffenen Trend, der sich gegenwärtig zu verstärken scheint [Marx15b]. Nicht zuletzt in der Agrarwirtschaft zeigen sich erstaunliche Fortschritte, wie etwa Sondermaschinen, die Spargel waschen, wiegen, sortieren, Verschnitt minimieren und verpacken und den (in Deutschland schwer zu deckenden) Personalbedarf auf die Hälfte bis ein Viertel erheblich reduzieren [Delt16].

Über größere Zeitabschnitte hinweg wird aber das „Delta“ registriert, wonach es zu Paradigmenwechseln kommen mag. Ein Beispiel ist die Verlagerung von Daten und Programmen aus Sekundärspeichern in den nun viel mächtigeren Hauptspeicher (etwa bei „In-memory-Analysen“).

Unternehmen, die hinsichtlich Produktentwicklung oder Geschäftsmodell einem Trend nicht Rechnung tragen, drohen zumindest für eine gewisse Zeit Bedeutungsverluste. Beispiele sind die Großrechnerhersteller wie Bull oder die Anbieter von Abteilungsrechnern (Digital Equipment).

Umgekehrt erreichen Unternehmen, die sich von Modeschwankungen innerhalb eines langfristigen Trends nicht irritieren lassen und auf der Trendlinie weiter entwickeln, oft auf Dauer große Vorsprünge (Beispiele: IBM mit dem Superrechner Watson, Amazon und Google bei Empfehlungssystemen und Microsoft (Projekt ADAM) mit Künstlicher Intelligenz).

## 5. Digitalisierung und Industrie 4.0 als Moden

Digitalisierung und I4.0 genießen gegenwärtig eine weit über die einschlägige Fachwelt hinaus stark hervorgehobene Aufmerksamkeit. Wir haben eine Sammlung von Wörtern und Wort-Zusammensetzungen zu „digital“ angelegt. Abb. 5.1 zeigt einen Ausschnitt. Die Langfassung enthielt zum Stichtag 02.02.2016 465 Einträge. Ähnliches gilt für die „Karriere“ der im Zug von I4.0 aufgekommenen Zahl 4.0 (Abb. 5.2). (Gelegentlich wird umgekehrt „2.0“ als Spottwort für etwas Überholtes gewählt.) Die Stichproben sind aus einem Fundus von Memoranden, Arbeitsberichten, Fachaufsätzen, Artikeln in der Wirtschaftspresse, Denkschriften und Äußerungen in Rundfunk- und Fernsehsendungen extrahiert.

1.	Chef-Digitalisierer	25.	Digitale Denkweise
2.	Christlich-digitale Union (CDU)	26.	Digitale Diät (Reduzierte Zahl der täglichen Blicke auf das Mobiltelefon)
3.	Das traditionelle wie das digitale Unternehmen	27.	Digitale Durchdringung (von Volkswirtschaften)
4.	Digital-Atheist	28.	Digitale Emotionalisierung (im Marketing)
5.	Digital Banking Award	29.	Digitale Euphorie
6.	Digital Bavarian Graduate School	30.	Digitale Flüchtlingshilfe
7.	Digital Concert Hall	31.	Digitale Gedanken
8.	Digital Density Index	32.	Digitale Gründerszene
9.	Digital Detox (Gelassenheit als Folge von Abstinenz von E-Mails im Urlaub)	33.	Digitale Industriespionage
10.	Digital Divide (Spaltung der Gesellschaft in Gewinner und Verlierer durch Digitalisierung)	34.	Digitale Kolonialisierung
11.	Digital-Evangelist	35.	Digitale Lehrmittelfreiheit
12.	Digital gegen Schnupfen	36.	Digitale Markenführung (Markenidentität auf unterschiedlichen Medien sichern)
13.	Digital Humanities	37.	Digitale Mitmachgesellschaft
14.	Digital Single Market	38.	Digitale Nachhilfe
15.	Digital souveräne EU	39.	Digitale Nebenwirkungen
16.	Digital veredeln	40.	Digitale Planwirtschaft
17.	Digitalverweigerer	41.	Digitale Selbstverteidigung
18.	Digital Vice President	42.	Digitale Sonderwirtschaftszone
19.	Digitalvisionär	43.	Digitale Stecknadel
20.	Digitale Angst	44.	Digitale Steuerfahnder
21.	Digitale Analphabeten	45.	Digitale Tagelöhner
22.	Digitale Anfänger	46.	Digitale Transformation (des Rechts)
23.	Digitale Aufholjagd	47.	Digitale Urlaubsbräune
24.	Digitale Automatisierung (Projekt eines Anlagenbauers)	48.	Digitale Vordenker

49.	Digitale Vorgesetzte (Roboter, die Arbeitnehmer entlassen dürfen)	68.	Digitales Fabrikle
50.	Digitale Würde („Die digitale Würde des Menschen ist unantastbar“ (der Vorstandsvorsitzende der Deutschen Telekom AG, Höttges))	69.	Digitales Imponiergehabe
51.	Digitale Zasterfahndung (Steuerfahndung)	70.	Digitalisierung der Anwaltschaft
52.	Digitaler Aufsichtsrat	71.	Digitalisierungsblase
53.	Digitaler Beifahrer	72.	Digitalisierungsfreundliche Gestaltung (der sozioökonomischen Rahmenbedingungen)
54.	Digitaler Darwinismus	73.	Digitalisierungsmarathon
55.	Digitaler Fußabdruck	74.	Digitalisierungsoffensive
56.	Digitaler Groschenroman	75.	Digitalisierungsranking
57.	Digitaler Imperativ	76.	Digital-Klausur (des Bundeskabinetts)
58.	Digitaler Klimaatlas	77.	Digitalpanik
59.	Digitaler Maoismus (extremer Pessimismus, dass Digitalisierung zu unbezahlter Arbeit führt)	78.	Digitalrausch (Euphorie betreffend Telemedizin)
60.	Digitaler Panzer	79.	Digital-Rights-Management-Systeme
61.	Digitaler Pudding	80.	Gnadenlose Digitalisierung
62.	Digitaler Stammtisch (Herabwürdigung von Facebook)	81.	Humane Digitalisierung
63.	Digitaler Terrorismus	82.	Megathema Digitalisierung
64.	Digitaler Wahlkampf (von einem Wahlkampfberater der SPD nach dem Vorbild von Obama empfohlen)	83.	Memorandum für ein digitales Wirtschaftswunder
65.	Digitaler Wandel à la française (Abbau von 20% der Filialen der Société Générale)	84.	Neustart in die digitale Welt (Warnung von Industrievertretern, Deutschland könne den Anschluss an Asien und USA verlieren)
66.	Digitales Dösen	85.	Optimale digitale Rahmenbedingungen
67.	Digitales Empowerment	86.	Schlafmützen-Image bei der Digitalisierung
		87.	Zentrum Digitalisierung Bayern
		88.	Zwangsdigitalisierung (Umstellung der Stromzähler)

Abb. 5.1: Die Inflationierung des D-Wortes (Ausschnitt aus 465 Positionen, vgl. [MeBa16])

1. Allianz 4.0
2. Angst 4.0
3. Brandenburg 4.0
4. Farming 4.0
5. Fashion Retail 4.0
6. Fiskus 4.0
7. Führungskraft 4.0
8. Generalmobilmachung 4.0
9. Hochschule 4.0
10. Industrialisierung 4.0
11. Industrie 4.0-Readiness
12. Informatik 4.0
13. Kompetenzstreit 4.0
14. Lebensmittel 4.0
15. Messe 4.0
16. Scheinselbstständigkeit 4.0
17. Schiene 4.0
18. Wehrlos 4.0

Auch etwas ausführlichere Aussagen und Umbenennungen sind symptomatisch:

1. „Industrie 4.0 – Chance oder heiße Luft?“
2. „Industrie 4.0 und IT-sicherheit – ein Widerspruch in sich?“
3. „Deutschland ist die Lokomotive und das Gravitationszentrum der Entwicklung bei Industrie 4.0“ (Hartmut Rauen, Mitglied der Hauptgeschäftsführung des VDMA)

4. „Industrie 4.0: Das Öl des 21. Jahrhunderts“
5. „Industrie 4.0 – eine Jahrhundertchance“ (Dieter Kempf, ehemaliger Bitkom-Präsident)
6. Der damalige Vorstandsvorsitzende der VW AG wird am 12.09.2015 wie folgt zitiert: „Martin Winterkorn ... will sich nach Ende des Machtkampfs in seinem Unternehmen auf die Bewältigung der digitalen Revolution konzentrieren. ... Das ist nicht weniger als die Neuerfindung von Volkswagen.“ [OV15ä]
7. „Die Frage, ob die Vierte industrielle Revolution kommen wird, ist mittlerweile eine rhetorische.“ [BHVo14, S. 33]
8. „Industrie 4.0 ist „alternativlos““ (aus dem Programm des 32. Deutschen Logistik Kongresses 2015, S.10)
9. Die Fachzeitschrift Industrie Management wurde in Industrie 4.0-Management umbenannt.
10. Die Fachzeitschrift IT&Production bezeichnet sich jetzt als „Deutschlands wichtigstes Industrie 4.0 Magazin“.
11. Die Fachzeitschrift Wirtschaftswoche hat eine eigene Rubrik „Innovation&Digitales“ eingerichtet.

Abb. 5.2: Die Inflationierung des I-Wortes und der Zahl 4.0 (Ausschnitt aus 61 Positionen (Stand am 02.02.2016), vgl. [MeBa16])

Das Merkmal „zu wenig kumulative Forschung und Entwicklung“ (Abschn. 3) trifft speziell auch auf Digitalisierung und I4.0 zu. Beispiele sind die früheren Versuche zu automatischen Montagesystemen, die Robotik, die Arbeiten zu integrierten IT-Systemen, die Softwareagenten in Informatik und Wirtschaftsinformatik, das Produkt-Lebenszyklus-Management im Marketing, die Instandhaltungssteuerung in der Industriebetriebslehre und im Operations Research oder das Supply-Chain-Management in Logistik, Operations Research und Wirtschaftsinformatik.

Auch fällt auf, wie selbstbewusst und optimistisch einige Autoren und Verbandsinstitutionen Vorhersagen abgeben, offenbar ohne Zweifel zu haben, ob sie sich ähnlich irren könnten, wie man sich z. B. bei früheren Prognosen vertan hatte. Ein warnendes Beispiel ist die Dotcom-Blase, die durch eine überbordende Aufbruchstimmung im Zuge des Internet entstand und im Jahr 2000 platzte. Dies hatte zur Folge, dass man sogar begann, an der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands zu zweifeln, die Industrie als Auslaufmodell ansah und „die Dienstleistungsgesellschaft ... als neues Ideal gefeiert (wurde)“ ([Wetz14], vgl. auch [BHVo14, S. 609, 625] und Abschn. 11). Gegenwärtig äußert sich Britta Weddeling unter dem Titel „Die fetten Jahre sind vorbei“ skeptisch, ob die dramatischen Börsenwertsteigerungen von sehr rasch gewachsenen Unternehmen aus dem Silicon Valley erheblich überbewertet seien und folglich Abstürze drohen könnten („Phantasiebewertung“) [Wedd16]. Unter den 17 Thesen des Wissenschaftlichen Beirats, der die Plattform Industrie 4.0 berät, finden sich u. a. [Plat15, S. 12]:

- a) „Vielfältige Möglichkeiten für eine humanorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation werden entstehen ... eröffnen sich Chancen für eine alternsgerechte ... Arbeitsgestaltung ...“
- b) „Industrie 4.0-Systeme sind für den Anwender einfach zu verstehen ...“
- c) „Eine neue Sicherheitsarchitektur führt zu vertrauenswürdigen, resilienten ... Industrie 4.0-Systemen“

Bert Rürup bezeichnet I4.0 als „unaufhaltbare vierte Phase der Industrialisierung“ [Rüru16]. Der Vize-Vorsitzende der CDU/CSU-Bundestagsfraktion, Michael Fuchs, stellt die „Digitalisierung und die Wirtschaft 4.0“ nicht etwa als Form der Automation dar, sondern vergleicht mit Gutenbergs Entwicklung des Buchdrucks: „... erleben wir einen Quantensprung ... die Digitalisierung ist eine einzigartige Zäsur ..., die unsere Vorstellung überschreitet.“ [Fuch15b]

Franziska von Lewinski schreibt: „Im digitalen Business leben alle in einem dauernden Höher-Schneller-Weiter.“ [Lewi15] Der Chef von State Street, Jay Hooley, behauptet: „Es gibt nur sehr wenig, was wir nicht digitalisieren können“. [Hool15] Eberhard Heins befand: „Ob nun Revolution oder Evolution – entscheidend ist das enorme Potenzial, das Industrie 4.0 für Unternehmen bringt. Und darin sind sich die meisten Experten einig: Es ist gigantisch.“ [Hein15b] David Plitt suggeriert, dass es keine Alternativen gäbe, wenn er schreibt: „Die digitale Transformation der Arbeitswelt hat längst begonnen, und es gilt das darwinistische Prinzip: „Adapt or die.““ [Plit15] Besonders drastisch äußert sich Yvonne Hofstetter: „Die Digitalisierung verwandelt unser ganzes Leben, unseren Alltag und unsere Geschäfte in einen Riesencomputer. Alles was wir tun und was wir sagen, wird überwacht und vermessen. Die Digitalisierung zieht den Menschen in eine Maschinensphäre hinein.“ [Hofs15]

Wir neigen eher der zurückhaltenden Einschätzung von Dieter Wegener, Leiter Zukunftstechnologien und Standards des Sektors Industrie der Siemens AG, zu, wenn er schreibt: „Siemens teilt die Vision (zu I4.0, die Verf.), die allerdings nicht schon in wenigen Jahren Realität werden kann. Wir gehen heute davon aus, dass es deutlich mehr als ein Jahrzehnt dauern wird. Es bedarf einer längerfristigen Anstrengung, um sich auf einem eher evolutionären Pfad der Vision zu nähern.“ [Wege14, S. 347f.] Auch in dem Bericht [Plat15, S. 9] wird die Evolution vor der Revolution gesehen. Selbst einer der Protagonisten von I4.0, Henning Kagermann, rät zu Vorsicht (vgl. Abschn. 12.1): „Mit Blick auf den Zeithorizont sprechen viele Experten lieber von einer Evolution.“ [BHVo14, S. 603] Michael ten Hompel schreibt im resümierenden Beitrag zu dem von ihm selbst mit herausgegebenen Buch: „Die skizzierte Welt der Industrie 4.0 wird nicht disruptiv, sondern in einem evolutionären Prozess entstehen.“ [BHVo14, S. 632]

Interessant ist eine „Punktprognose“ von Mathias Kammüller, Geschäftsführer der Trumpf GmbH & Co. KG, wonach es die erste volldigitalisierte Fabrik in fünf Jahren geben werde – ein Meilenstein, der von vielen mit Spannung im Auge behalten werden dürfte [Gier15b, S. 18].

Wir schließen summa summarum, dass zumindest aktuell eine modische Überhöhung zu befürchten ist. Vergleicht man einen idealtypischen Trend mit Modezyklen (Abb. 5.3), so besteht die große Gefahr, dass im Modeaufschwung „überinvestiert“ wird, während man im Abschwung Kosten der Desinvestition, z. B. für die Abfindung von Mitarbeitern, verzeichnet.

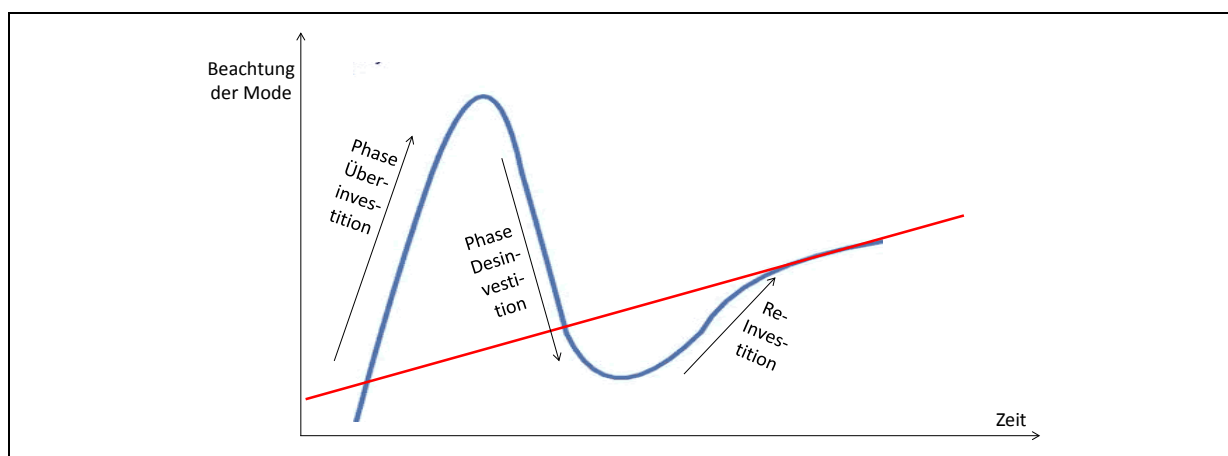


Abb. 5.3: Effizienzverluste durch Moden

## 6. Benutzte Begriffe von Digitalisierung und Industrie 4.0

### 6.1 Digitalisierung

Digitalisierung im informatischen, naturwissenschaftlichen und technischen Sinn bezeichnet in den meisten Lexika, u. a. Wikipedia, die Überführung analoger in diskrete Werte zu dem Zweck, sie elektronisch zu übertragen, zu speichern und zu verarbeiten. Allerdings haben wir in der Informationsverarbeitung auch eine Gegenbewegung („Analogisierung“), die, nimmt man die Dialoge zwischen Mensch und Gerät zum Maßstab, möglicherweise inzwischen zahlenmäßig sogar überwiegt, und zwar die Wischbewegungen auf Bildschirmen vieler Art, die herkömmliche digitale Tastaturen ersetzen. (In einem Wettbewerb zur Übersetzung von „Smartphone“ ins Deutsche siegte „Wischkästla“ (fränkischer Dialekt) [OV15ö]. Dazu kommen generell die Steuerung von Geräten und die allgemeine Mensch-Maschine-Kommunikation (Ein- und Ausgabe) über analoge Blicke, Bilder, Gesten, auch Ganzkörpergesten, Sprache, Tastsinn, Zoomen und weitere Entwicklungen, die zum Teil unter „affective and aesthetic interfaces“ oder auch „physiologische Information“ zusammengefasst werden (z. B. [Saue13]). Auch Geräte mit eingebetteten Systemen beinhalten oft analoge Elemente. Die Flugzeugindustrie arbeitet an extraleichten Strukturen, wobei man sich am Wachstum von Knochen und Knochengerüsten orientiert (Bionik), zugleich aber für die Festigkeitsberechnungen massive Rechenkraft benötigt [OV15w].

Im nicht-wissenschaftlichen Raum und in populären Medien wird der Begriff „Digitalisierung“ recht unspezifisch und inflationär benutzt. Unter Bezug auf die Digitale Agenda der Bundesregierung findet man sogar „Digitalisierung in der Wirtschaft“ und Industrie 4.0 als Synonyme [OV15d]. Der Chefredakteur des isreport, Eberhard Heins, schrieb, dass „ein künftiges Enterprise-Resource-Planning (ERP)-System ... Digitalisierungsvorhaben unterstützen soll.“ [Hein15a] Jana Brendel, Head of Digital Solutions der Deutsche Bank AG, benutzt einen Zirkelschluss: „Digitalisierung bedeutet, die IT-Organisation so aufzustellen, dass sie eine schnellere Entwicklung von Bankanwendungen im Bereich der Digitalisierung ermöglicht.“ [Bren15]

Eine (nicht repräsentative) Umfrage unter 34 Praktikern und Wissenschaftlern im deutschsprachigen Raum, was Digitalisierung von Automation unterscheidet, erbrachte drei schwach ausgeprägte Cluster der Begriffsverständnisse:

1. Digitalisierung ist die Überführung von analogen Werten in digitale (s. oben).
2. Sie ist Automation unter Nutzung von (informations)technischem Fortschritt.
3. Sie ist Automation + Änderung von Geschäftsmodellen. Hess bezeichnet differenziert die „Digitale Transformation“ als einen durch Informationstechnologie hervorgerufenen Wandel auf individueller (z. B. Mediennutzungsverhalten) und organisatorischer Ebene. Zur letzteren rechnet er „den Wandel ganzer Geschäftsmodelle“, etwa in der Musikindustrie [Hess15].

Mit der unscharfen Definition des Begriffs „Digitalisierung“ korrespondiert die des wiederholt in Studien von Beratungsunternehmen benutzten Maßes „Digitalisierungsgrad“ (z. B. [Heid15]). (Er stammt vermutlich von der Messung der Verbreitung des Digitalfernsehens.) Unsere Rückfragen bei Unternehmensberatungen, die diese Größe in Berichten quantifizierten, nach der Definition blieben durchweg unbeantwortet.

Wir werten die unreife Begriffsbildung als vorläufiges Indiz, dass wir es mit einer Modewelle zu tun haben könnten. Andere Disziplinen wie Mathematik, Naturwissenschaften oder Medizin könnten sich solche Begriffsverständnisse von einer gewissen Beliebigkeit nicht leisten.

## 6.2 Industrie 4.0

Der Lenkungskreis der Plattform Industrie 4.0, der von drei Verbänden (Bitkom, VDMA und ZVEI) gebildet wurde, definiert 2015 sehr weit: „Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag, über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produktes an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.“ [Plat15, S. 8] Damit unterschiede sich I4.0 nur wenig von Systemen der integrierten Informationsverarbeitung, wie sie sich z. B. auch in integrierten kommerziellen Softwarepaketen, etwa von Microsoft, Oracle oder SAP, niedergeschlagen haben und schon seit Jahrzehnten Gegenstand der Ausbildung in Informatik und Wirtschaftsinformatik sind.

Noch allgemeiner erklärte der Bayerische Rundfunk seinen Hörern I4.0 als die „Veränderung der Arbeits- und Produktionswelt“ [Baye16].

Charakteristisch ist eine Passage in einem Aufsatz von Herkommer und Schlund: „Viele Technologien, die aktuell unter Industrie 4.0 eingeordnet werden, sind punktuell längst im Einsatz. Es gilt nun, sie optimal zu vernetzen und flächendeckend zu nutzen.“ [HeSc15, hier S. 12]

„Industrie 4.0“ wird aber auch an vielen Stellen schärfer abgegrenzt und dann mit dem aus Informatik und Ingenieurwissenschaften stammenden Begriff „Cyber-physical systems“ eng assoziiert oder auch gleichgesetzt, so 2013 in einem Bericht der Forschungsunion/acatech [Prom13, S. 5]. Es handelt sich hier um Betriebsmittel (Werkzeugmaschinen, Prüfgeräte, Lagerhaltungsautomaten, innerbetriebliche Transportfahrzeuge, LKW), Materialien, aber auch Kunden- und Betriebsaufträge, die mit jeweils einem eigenen Rechner und entsprechender Software ausgestattet und untereinander vernetzt sind. Ganz überwiegend wird davon ausgegangen, dass diese Betriebsmittel Daten austauschen. Jedoch könnte die nächste Ausreifungsstufe so gestaltet sein, dass sie auch untereinander verhandeln, um zu automatisch zu treffenden Dispositionsentscheidungen zu gelangen. Informatik und Wirtschaftsinformatik hatten Softwareagenten bzw. Multi-Agenten-Systeme (MAS) (je ein Agent, der für „seine“ Maschine, „sein“ Transportmittel usw. entscheidet) als Konstrukt der Künstlichen Intelligenz in Dissertationen bereits in den neunziger Jahren bezüglich Verwendung in Produktion und Logistik untersucht und einschlägige Prototypen entwickelt [Falk95], [Weig94]. Eine neuere Arbeit hat Berndt [Bern15] vorgelegt. Agentenbasierte Simulationssysteme erlauben Berechnungen auf sehr detaillierter Ebene. In Kauf zu nehmen sind bisher noch der sehr hohe Datenbedarf und erhebliche Rechenzeiten. Gerade diese beiden Nachteile verlieren aber durch den technischen Fortschritt an Relevanz. Gut geeignet sind die Agenten in Kombination mit System Dynamics und diskreter Ereignissimulation [Djan15].

Eine weitere Gruppe von Definitionen stellt die Kommunikation zwischen Werkstücken, Endprodukten und Betriebsmitteln über das Internet oder internet-ähnliche Strukturen ins Zentrum („Internet der Dinge“, „Internet of Things (IoT)“). Peter Adolphs wiederum bevorzugt ein Begriffsverständnis von I4.0, das vom Internet der Dinge abgrenzt [Gier15b]. Zuweilen wird noch in IoT und IIoT (Industrial Internet of Things) unterschieden. So schreibt Rouse: „IIoT incorporates machine learning and big data technology, harnessing the sensor data, machine-to-machine (M2M) communication and automation technologies that have existed in industrial settings for years.“ [Rous15] Das offizielle Konferenzthema des „Weltwirtschaftsforums Davos

2016“ war die „vierte industrielle Revolution“, „die in Gestalt künstlicher Intelligenz und globaler Vernetzung nicht nur die Welt der Wirtschaft nachhaltig verändern dürfte“ [Brau16a]. Auf dem gleichen Symposium zeigte sich, dass viele Unternehmer offenbar wegen der Definitionsvielfalt bzw. des Reichtums an Schlagwörtern sehr verunsichert sind. Sie spüren zwar einen gewissen Druck, etwas unternehmen zu sollen („Alarmismus“, vgl. Abschn. 3), wissen aber nicht, wie sie die Schlagwörter in ihren Betrieben umsetzen sollen [OV16d].

Robert Fieten glaubt unter Bezug auf den ehemaligen Ersten Vorsitzenden der IG Metall Detlef Wetzel, „dass es momentan mehr blumigen Diskurs zu Industrie 4.0 gibt als eine entsprechende Realität“ [Fiet16].

Georg Giersberg schreibt unter der Überschrift „Smart Services folgen der digitalen Produktion“: „Die Meldungen überschlagen sich und werden immer verwirrender. ... Von einem geordneten Vorgehen ist derzeit wenig zu sehen ... sprechen Vertreter der Großindustrie bereits von der Nach-Industrie-4.0-Phase, in der intelligente Dienstleistungen das Gebot der Stunde seien. ... Für viele Beobachter eine längst fällige Ausweitung des Themas: „Für eine strategische Betrachtung greift die Einschränkung von Industrie 4.0 viel zu kurz ...““ (Giersberg zitiert hier Markus Achtert von der Beratungsgesellschaft Arthur D. Little). Merker und Liesenkötter erstrecken Industrialisierung 4.0 sogar auf Branchen [MeLi15].

Die mit der Zeit immer unschärfer gewordenen Definitionen erschweren sorgfältige Analysen, auch solche, mit denen herausgearbeitet werden soll, wo das wirklich Neue liegt.

## **7. Zu den Innovationen und Chancen in ausgewählten Wirtschaftszweigen und Branchen**

### **7.1 Industrie und Güterlogistik**

#### **7.1.1 Zustandsabhängige vorbeugende Instandhaltung**

Besonders häufig tauchen im Zusammenhang mit der Digitalisierung und/oder Industrie 4.0 Vermutungen und Pilotprojekte auf, die mit der Anlageninstandhaltung zu tun haben.

Die zustandsabhängige vorbeugende Instandhaltung sind in Praxis und Wissenschaft ein sehr altes Thema. So erschien z. B. 1968 eine Sammelveröffentlichung „Datenverarbeitung und Operations Research bei der Instandhaltungsplanung“ [BuMe68] mit Beiträgen aus Industrie und Wissenschaft. Beispielsweise wurden Entscheidungsprobleme analysiert wie die Verbindung von Maßnahmen, die zwingend ergriffen werden müssen, mit solchen, die man bei dieser Gelegenheit hinzufügte („opportunistische Strategie“).

Die neueren Exempel sind zuweilen extrem. So liest man in einem Interview betreffend „Transformation zum digitalen Unternehmen“ mit Günther Meyringer folgende Anwendung: „So könnte ein Headset, das biometrischen Daten erfasst, einen Contact-Center-Supervisor alarmieren, sobald der Blutdruck und Puls eines Service-Mitarbeiters steigt. So können kritische Situationen schneller erfasst und gelöst werden.“ [Somm15]

Der mittlerweile erkennbare Fortschritt liegt weniger bei den Algorithmen als bei den verfügbaren Daten. Musste man sich früher bei Flugzeugtriebwerken auf wenige Messgrößen, wie z. B. den Öldruck, beschränken, so erlaubt es moderne Sensorik,



Muster aus mehreren physikalischen Größen zu ermitteln und den Aktionen zugrunde zu legen. Solche Muster können Kombinationen aus dem Verlauf des Öldrucks über Belastungswerten (Starts, Scherwinden), Geräuschentwicklungen bzw. Körperschall von Lagern, Schwingungswerten oder Treibstoffverbrauch sein („Big Data“). Solide Fortschritte sind auch bei der Fernüberwachung von Maschinen durch deren Hersteller zu registrieren.

Vom Thyssen-Krupp-Konzern verkaufte Aufzüge senden Bewegungsdaten in die Cloud, wo sie mit historischen Angaben über die Abnutzung von Bauteilen verglichen werden. Daraus leitet das System Informationen über erforderliche Reparaturen ab und regt den Austausch von Komponenten an [Bünd16].

### **7.1.2 Parameterregulierung**

Verwandt mit der Fernwartung ist die Parameterregulierung für die laufende Produktion. Solche Parameter sind im Maschinenbau und in der Prozessindustrie unter vielen anderen Regeln zur Ermittlung von günstigen Umrüstfolgen, Prioritäten bei der Maschinenbelegung, Losgrößen, Modalitäten beim Werkzeugwechsel. Diese Einstellungen sind wegen der Vielzahl der Stellgrößen und der komplizierten Wirkungen und Nebenwirkungen sehr anspruchsvolle Prozeduren [DMHH09]. Die Vernetzung der Betriebsmittel der Käufer mit wissensbasierten Systemen der Hersteller verspricht Fortschritte v. a. bei kurzfristigen Änderungen. Eine Pionierlösung gibt es beim Werkzeugmaschinenhersteller Trumpf GmbH & Co. KG: Zu den verkauften Werkzeugmaschinen wird ein „Teleservice“ angeboten. Der Steuerungsrechner in der Maschine ist mit einem Computer bei der Fa. Trumpf GmbH & Co. KG vernetzt. Über eine speziell geschützte Verbindung werden von Trumpf Zustandsbeschreibungen ausgelesen. Auf der Maschinensteuerung sind Schwellwerte von Parametern gespeichert. Diese sollen bald automatisiert hinsichtlich Abweichungen beobachtet werden. Im Fehlerfall kann der Kunde später nicht nur das Erkennen fehlerhafter Parameter, sondern auch deren Regulierung an die Lieferanten delegieren [Baue14a], [Fins15b]. Da es sich um eine sehr anspruchsvolle Aufgabe handelt, scheint die Übertragung auf den Hersteller Trumpf sehr sinnvoll.

### **7.1.3 Werkstattsteuerung**

Die Weiterentwicklung der Werkstattsteuerung im I4.0-Umfeld wird darin gesehen, dass die Materialien und Betriebsmittel in Werkstatt und Lagern eine große Zahl von für die Ablaufplanung der Produktion und Lagerung benötigten Daten (u. a. Kapazitäten, Materialeigenschaften, Fertigungsvorschriften, Verwendung für Kundenaufträge, Terminbedingungen) gespeichert haben und diese nutzen, um zu disponieren und umzudisponieren. Die Methode der Wahl sind Multi-Agenten-Systeme (MAS), wobei jeder Agent für „sein“ Einzelteil, Fahrzeug, seinen Lagerplatz usw. handelt. Die in Abschn. 6.2 erwähnten Dissertationen bringen differenzierte Ergebnisse bei unterschiedlichen Konstellationen (z. B. großzügige Ausstattung mit Kapazität, Mangellagen, gravierende Engpässe, Terminnot). Weigelts Quintessenz ist, dass bei gravierenden Engpässen eine zentrale Steuerung vorzuziehen ist, zu der sich Optimierungsrechnungen aus dem Operations Research anbieten, m. a. W. Cyber-physical systems werden nicht benötigt. Hingegen sorgen MAS für kürzere Durchlaufzeiten, sobald die Kapazitätsquerschnitte ausreichend sind. Berndt zeigt, dass sich MAS schnell an veränderte Bedingungen anzupassen vermögen. Diese können im Fertigungsunternehmen z. B. hinzukommende Eilaufträge, Stornierungen oder Störungen

an den Maschinen sein. Diese Reaktionen mögen ihrerseits wieder die durchschnittliche Kapazitätsauslastung verbessern und damit Kapital sparen [BeHe11]. In Folgearbeiten müssen diese vorläufigen Resultate weiter überprüft werden, da davon abhängt, inwieweit sich MAS und damit bedingt auch Cyber-physical systems durchsetzen werden.

#### 7.1.4 Management von Liefernetzen

In Güternetzen oder -ketten („Supply Chains“) spielen sich besonders komplizierte und umfangreiche Informations- und Verhandlungsprozesse ab. Ein großer Teil dient der Zuteilung von knappen Ressourcen (z. B. Rohmaterialien, Zwischenprodukten, Fertigungsstätten, Transportmitteln). Hierzu wurden spezielle Algorithmen und Methodenpakete entwickelt, so CTM (Capable To Match) und ATP (Available To Promise), die oft ohne vereinfachende Prämissen und wenig differenzierte Durchschnittswerte nicht auskommen. Möglicherweise erlauben zukünftig mehr vereinzelte und in Echtzeit verfügbare Daten genauere Optimierungsrechnungen. Wichtige Ansätze auf Basis von MAS erkennt man in einer Arbeit von Gath [Gath15]. Ob durch Sensitivitätsanalysen nachgewiesen werden könnte, dass dem dafür zu betreibenden Aufwand entsprechende Nutzeffekte gegenüberstehen, ist schwer vorherzusagen.

Die zwischenbetriebliche Vernetzung mag es ermöglichen, dass schon in der Phase der Konfiguration eines kundenspezifischen Erzeugnisses, z. B. eines Nutzfahrzeugs, geprüft wird, ob ein Komponentenhersteller das ausgewählte Bauteil kurzfristig liefern kann [HeRS15b].

#### 7.2 Finanzwirtschaft

Im Bankensektor wird Digitalisierung vor allem als weitere Automation an der Kundenschnittstelle begriffen. Im Blickfeld stehen Informationen des Kunden durch das Kreditinstitut, z. B. der Ersatz von postalisch zugestellten Kontoauszügen, Fälligkeitsanzeigen, Wertpapierabrechnungen u. ä. durch Übermittlung auf ein Kundenportal, aber auch Werbebotschaften oder personalisierte Angebote, etwa von neuen Fonds.

Häufig verbirgt sich unter den eher positiv besetzten Wörtern wie „Digitalisierung“, „digitale Revolution“ oder „Digitalisierungsstrategie“ die Ausdünnung des Filialnetzes. So liest man: „Vor 15 Jahren hatte die Deutsche Bank hierzulande 1.200 Filialen. Aktuell sind es noch 700. Christian Ricken, Chief Operating Officer Private & Business Clients des Hauses, erklärte bei der Handelsblatt-Veranstaltung „Privatkundengeschäft“, dass dieser Rückgang eine Anpassung an die Kundenbedürfnisse sei.“ [Baul15] Bei der Deutschen Bank stehe die Digitalisierung im Zentrum der Strategie. Dabei sollen die digitalen Kanäle die stationären ergänzen und nicht ersetzen. (Was gilt nun: der Rückgang oder die Ergänzung?, die Verf.) An anderer Stelle: „In jedem Fall wird die Deutsche Bank eine Digitalisierungsstrategie vorlegen. ... Ein Kernelement dürfte der Abbau von Deutsche-Bank-Filialen sein.“ [OV15b]

Viele Banken (auch Versicherungen und Behörden) sparen sich das Sortieren von Dokumenten und stellen stattdessen dem Kunden die gleichen Papiere mehrfach per Post zu, verpackt in Kuverts (wir haben in kurzer Zeit ca. 50 von unterschiedlichen Absendern gesammelt), auf denen Texte wie dieser stehen:

„Elektronische Datenverarbeitung und automatische Kuvertierung haben zur Folge, dass Sie am selben Tag mehrere Briefe von uns erhalten können. Haben Sie bitte Verständnis dafür. Das Sortieren der Sendungen nach Empfängern ist teurer als das zusätzliche Porto.“

Die minimale Anpassung eines Versicherungsvertrages führte zu mehreren Postsendungen mit teils gleichem Inhalt im Gesamtgewicht von 750g (persönliche Erfahrung des Mitverf. Mertens).

Es fällt dem Wirtschaftsinformatiker nicht leicht, dies den Studierenden in der Vorlesung über Dokumentenmanagement („Output Management“ oder „Managed Print Services“) leidenschaftslos zu erklären.

Kreditinstitute und auch Institutionen außerhalb der Finanzwirtschaft, z. B. der Verkehrswirtschaft, fordern ihre Kunden auf, Beschwerden möglichst per Internetformular einzureichen, und versprechen sich davon nicht nur Rationalisierungseffekte, sondern auch, dass ein Teil der Kundschaft dann mangels Zugang oder Kenntnissen von einer Reklamation Abstand nimmt.

Die Kostenersparnis bzw. Steigerung der Personalproduktivität (Administration und Beratung) und als Folge die Schließung der aufwändigen Filialen bedeutet aus Sicht des Bankbetriebs streckenweise „Rationalisierung auf Kosten anderer“. In einer aggregierten Produktivitätsrechnung könnte der Saldo zwischen Produktivitätssteigerung beim Unternehmen und erhöhtem Arbeitsaufwand beim Kunden nahe Null sein.

### 7.3 Änderung von Geschäftsmodellen

Die Änderung von Geschäftsmodellen durch Digitalisierung und I4.0 wird von einigen Autoren neben der Vernetzung als die Neuerung gesehen, die eine völlig andere Betrachtung der Automation erzwingt (vgl. Abschn. 6.1). In Tabelle 7.3.1 sind einige Beispiele zusammengestellt. Allerdings begann die Änderung von Geschäftsmodellen durch Nutzung des Internet schon vor längerer Zeit. Man denke an die Verlagerung von großen Software-Entwicklungsvorhaben oder ganzen Dienstleistungseinheiten in Schwellenländer („Offshoring“) oder an Ergänzung und Ersatz des herkömmlichen Versandhandels durch Internet-Versender.

Tab. 7.3.1: Beispiele für durch IT bedingte oder erleichterte Änderungen der Geschäftsmodelle

1. Die Marktforschung auf der Grundlage von mündlichen, fernmündlichen und schriftlichen Befragungen, wobei die Befragten mit Hilfe der Stichprobentheorie ausgewählt sind, wird um Erhebungen im Internet einschließlich Analysen in Sozialen Netzwerken mit sehr viel größeren Reichweiten als bisher ergänzt und teilweise verdrängt. Hinzu kommen neue Absatzkanäle („Crossmedia“). Das machen sich neu gegründete Unternehmen zunutze, die Informationen wesentlich kostengünstiger gewinnen als die etablierten, mit Interviewern operierenden großen Marktforschungskonzerne wie GfK oder Nielsen [OV15t].
2. Der Vorstandsvorsitzende der Voith AG, Hubert Lienhard, stellt zur Diskussion, ob ein Dienstleister der Eisenbahngesellschaften anbieten könnte, alle Daten der Züge zu übernehmen und für die Bahngesellschaften aufzubereiten. „Der Dienstleister hat dann die Hoheit über die Daten“. Er rät den Bahnbetreibern, wo und wann jeder Zug gewartet werden muss, und dem Hersteller der Züge, was verbessert werden kann [Buch15, S. 20].
3. Versicherer verfeinern den Unfallfrei-Rabatt dahin, dass die Fahrweise (z. B. Kurvengeschwindigkeit und Bremsverhalten) in das Rabattmodell einfließen. Aus gesellschaftlicher Sicht könnte sich dies günstig auswirken, weil der Verkehrsfluss disziplinierter, damit gleichmäßiger und mit weniger Unfällen verlief. Ob die finanziellen Auswirkungen bei den Versicherern und Versicherten so stark wirken, dass die Vorbehalte gegenüber dem „gläsernen Autofahrer“ mindestens kompensiert werden, ist noch nicht vorherzusagen [OV15y], [HeMa16].

4. Google befasst sich mit dem „Hotelpreis-Tracking“. Den Gästen soll über eine App in der Zeit zwischen Buchung und Ankunft im Hotel Gelegenheit verschafft werden, sich an evtl. gesunkene Preise („Last-minute-Angebote“) anzupassen [Schla15].
5. Durch die Markteinführung des iPods in Kombination mit der Software iTunes und dem darin integrierten iTunes Store hat eine Repositionierung von Apple in zweifacher Hinsicht stattgefunden. Zum einen wurde Apple vom Hardware-Anbieter auch zum Inhalte-Verkäufer. Heute ist nicht nur das Abspielgerät iPod ein Verkaufsschlager. Apple ist vielmehr auch der erfolgreichste Distributor von digitaler Musik weltweit. Als Nebeneffekt hat das Unternehmen durch diese Innovation auch eine Vielzahl von neuen Käufern für seine Computer gewinnen können [Mert12b, S. 170].

## **8. Gefahr der Retardierung auf ausgewählten Innovationsfeldern**

In diesem Abschnitt werden skizzenhaft Problemfelder behandelt, die die Entwicklung der Digitalisierung und von I4.0 hemmen können.

### **8.1 Informatik und Ingenieurwesen – Inkompatible Kulturen?**

Elmar Frickenstein, Bereichsleiter „Elektrik/Elektronik“ bei der BMW AG, wird wie folgt zitiert: „Die Funktionalität (auf dem Weg zum automatischen Fahren, die Verf.) ändert sich während der Lebenszeit, da wir große Datenmengen austauschen können. Damit kommt die Updatefähigkeit der IT-Industrie ins Fahrzeug, das ist der Schlüssel zur Zukunft der Automobilindustrie.“ [Beck15]

Andere Sachkenner erwähnen aber die Gefahr, dass bei I4.0 wenig harmonisierende Kulturen der Mechanik und der IT aufeinanderstoßen. Peter Leibinger, Geschäftsführer der Trumpf GmbH & Co. KG, äußerte: „Unsere Innovationszyklen sind völlig anders, sind auf fünf bis sieben Jahre ausgelegt. Die Schlagzahl der Softwareindustrie ist uns fremd.“ [OV15e] Zu den sog. FinTechs meint Stephan Müller, Bereichsvorstand Group Information Technology der Commerzbank: „Sie leben eine Fehler- und Lernkultur, indem sie unausgelegene Lösungen auf den Markt bringen, um diese dann schrittweise an die Kundenbedürfnisse anzupassen.“ [Müll15] Recht bedenklich erscheint eine Aussage des Vorstandsvorsitzenden der Daimler-Benz AG, Zetsche: „Wir müssen lernen, neben unseren eigenen Zyklen das Tempo der Konsumgüterindustrie aufzunehmen. Die Vollentwicklung eines Autos dauert sieben Jahre, die eines Handys oder einer App nur wenige Monate. Während wir im Autobau unverändert nach 100 Prozent Perfektion streben, werden wir künftig auf der anderen Seite – etwa bei Apps – auch mal mit einem Perfektionsgrad von 90 Prozent leben müssen. Die Geschwindigkeit ist hierbei entscheidend. Dazu braucht es einen Kulturwandel im ganzen Konzern.“ (Über die Schwierigkeiten, vor allem am Serienbeginn („Kinderkrankheiten“), hinaus?, die Verf.) [Zets15]

Man vergegenwärtige sich das Beispiel eines Roboterherstellers: Seine Maschinenbauer müssen den Roboterarm so gründlich austesten, dass ein Rückruf von tausend Geräten aus den weltweiten Exportländern nahezu ausgeschlossen ist, denn er könnte das Unternehmen in den Ruin treiben. Die Softwareabteilung würde einen evtl. Mangel durch Überspielen einer neuen Version per Internet beheben und mag daher eher zu Leichtsinn beim Testen neigen.

Sicherheitsforscher haben herausgefunden, dass bei Fahrzeugen von BMW und Daimler das SSL-Zertifikat für die verschlüsselte Kommunikation zwischen dem Mobiltelefon und dem Fahrzeug nicht ausreichend geprüft wird. So kann ein Datendieb möglicherweise einen PKW mit seinem Mobiltelefon öffnen und starten [Dörn15].

Weniger dramatisch, aber auch charakteristisch bzw. bedenklich ist das folgende Beispiel:

Das Navigationssystem eines älteren Pkw funktioniert nur bei sommerlichen Temperaturen gut, im Winter unregelmäßig. Es erscheint dann eine Meldung, man möge die CD austauschen. Der Kundendienst aber warnt vor der Auswechslung, denn beim Aufspielen könnte das Navigationssystem sich durch Umparametrieren auf die Software der neuen CD einstellen wollen. Wenn das misslingt, funktionieren weder die alte noch die neue CD, sodass auch der Navigationsrechner erneuert werden müsste, was insgesamt etwa 800 € kosten würde (persönliche Erfahrung des Mitverf. Mertens).

Für die Kulturunterschiede zwischen Informatik und Ingenieurwesen symptomatisch ist auch, dass relevante Arbeiten in den Publikationsorganen der jeweils anderen Disziplin oft nicht beachtet werden.

## **8.2 Zögern von kleinen und mittleren Unternehmen und Familiengesellschaften**

Wiederholt wird beklagt, dass im Gegensatz zu Großunternehmen und Konzernen mittelständische Unternehmen die Entwicklung zwar beobachten, jedoch mit Projekten zur Realisierung trotz der guten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (u. a. Niedrigstzinsen, vorteilhafte Exportchancen durch den tiefen Eurokurs) zögern [OV15zä]. Vor allem Mitglieder der Bundesregierung, so die Forschungsministerin Wanka und der Wirtschaftsminister Gabriel, aber auch Verbandsvertreter des VDI, monieren, dass kleine und mittlere Unternehmen, besonders solche in Familienbesitz, sich mit Investitionen in I4.0 eher zurückhalten, und verbinden dies mit Warnungen. Wirtschaftsminister Gabriel äußerte auf der CeBIT 2015, „dass ein Zögern bei der digitalen Revolution fatal wäre“ [DeSt15] oder „Mit der Verschiebung und Ergänzung klassischer Produkte hin zur datengetriebenen IT-Welt (gibt es auch eine IT-Welt, die nicht datengetrieben ist?, die Verf.) stehe und falle der Wohlstand.“ [OV15j]

Die Folgen, die entstehen, falls sich bei der Automation zwischen großen und kleinen Unternehmen eine Schere auftut, die die zwischenbetriebliche Integration behindert, mögen vielfältig sein. Vielleicht üben mächtige Konzerne Druck auf die Klein- und Mittelbetriebe aus, kaufen sie auf oder knüpfen neue Kontakte im Ausland.

## **8.3 Spezielle Interessenlagen**

Christof Kerkmann schrieb: „Die Digitalisierung ist ein vorzügliches Verkaufsinstrument. IT-Anbieter und Unternehmensberater warnen die potentielle Kundschaft erst, dass die radikale Entwicklung der Technik die Wirtschaft schon bald revolutionieren werde, und dienen dann ihre Produkte an. Auch die CeBIT hat diese Chance erkannt: Die Messe „soll sich von den Themen Computer und IT lösen und das wichtigste globale Event fürs digitale Geschäft werden ...“. Das spiegele das neue Motto wider [Kerk15]. Der Geschäftsklimaindex des Bundesverbands Deutscher Unternehmensberater erreicht gegenwärtig einen Spitzenwert. Der entscheidende Treiber sei nach Meinung des BDU-Präsidenten „der Druck auf viele Unternehmen im Zuge der digitalen Transformation“ [Heck15].

Die Interessenlage von Unternehmensberatern, Anbietern von Hardware und Software, Hochschulen, Forschungsinstituten, Autoren und Verlagen mag bedingen, dass die zugehörigen Anstrengungen im Rahmen des Lobbyismus im weiteren Sinn Modewellen erhöhen. Als Folge könnte der Abstieg vom Gipfel im Sinn des „Hype Cycle“ (Abschn. 2) umso stärker werden, was wiederum die in Abschn. 1 erwähnte Ressourcenvergeudung verstärken würde.

## 8.4 Individualisierung und Losgröße 1

Die starke Anpassung der Produkte an Kundenbedingungen und -wünsche ist jetzt oft durch die mit I4.0 zunehmenden Möglichkeiten der automatischen Umrüstung in Richtung auf Losgröße 1 ohne bedeutende Mehrkosten in der Fertigung erreichbar (s.u.). Dieses Moment wird von vielen Befürwortern einer energischen Entwicklung von I4.0 hervorgehoben, z. B. im Bericht von Forschungsunion/acatech [Prom13, S. 19]. Ein überzeugendes Beispiel aus dem Siemens-Elektronikwerk Amberg findet man bei Büttner und Brück [BüBr14, S. 132]. Zuweilen wertet man die Individualisierung in öffentlichen Äußerungen undifferenziert als großen Fortschritt. So wird der Präsident des BDI, Ulrich Grillo, wie folgt zitiert: „Er verweist auf neue Chancen für Produkte, die individuell auf Verbraucher zugeschnitten sind.“ [OV14a] Auch in dem Sammelwerk [BHVo14] wird mehrmals erwähnt, dass I4.0 die Erzeugung von individualisierten Produkten ohne nennenswerten Mehraufwand im Vergleich zur Serien- und Massenfertigung erlaube (was plausibel ist), ja z. T. als „Megatrend“ bezeichnet, ohne dass man den gesamten Lebenszyklus im Auge behält (S. 77, S. 132, S. 607, S. 625, S. 633). Matthesius schreibt: „Will man nun die Flexibilität messen, so ist die ... Losgröße 1 ... das ultimative Maß.“ [Matt15]

Unbeachtet bleibt aber meist, dass man außer den Fertigungskosten auch die Folgekosten für die Aufrechterhaltung der Lieferbereitschaft über die Lebensdauer des Erzeugnisses (Ersatzteile, Wissen der Kundenbetreuer) ins Kalkül zu ziehen hat (vgl. das Beispiel in Abschn. 8.1). Diese sind stark von der Menge der identischen Produkte zwischen zwei Versionsänderungen abhängig [Mert15b]. Das Problem könnte sich allerdings langfristig durch die additive Fertigung von Ersatzteilen etwas entschärfen [Schee15, S. 8]. Die verstärkte Individualisierung verträgt sich im Übrigen schlecht mit Modul- und Baukastenstrategien.

So mehren sich jetzt auch Stimmen, wonach zu viele Varianten oder auch zu breite und zu tiefe Sortimente Kosten bzw. die Rentabilität ungünstig beeinflussen, z. B. in Zusammenhang mit den notwendig gewordenen radikalen Sparmaßnahmen im VW-, im Deutsche-Bank- oder im Karstadt-Konzern.

Es gibt auf der anderen Seite Fälle, wo die Individualisierung beträchtlichen Nutzen stiften kann, so wenn Medikamente oder Schuhwerk passgenauer werden.

Ähnliche Überlegungen wie zur Losgröße 1 in Beschaffung und Fertigung gelten für sehr zerstückelte Auslieferungen an Kunden („Same Day Delivery“), im Grenzfall mit Drohnen.

## 8.5 Echtzeitentscheidungen

Wiederholt wird argumentiert, dass die Digitalisierung es jetzt erlaube, Dispositionen und Umdispositionen mit Entscheidungs-Unterstützungs-Systemen (EUS) sehr zeitnah zu fundieren und auch rasch umzusetzen. Das folgende Beispiel steht für diese Argumentation: „In der Autoindustrie ... kann schon bald ein Ingenieur per Funk Fehlermeldungen seiner Fahrzeuge erhalten. Am Rechner analysiert er dann die Fehler und gibt die nötigen Änderungen beim Design direkt an die Maschinen der Werkshalle durch.“ [GrHW12, S. 32] Hier wird verkannt, welche Funktionen und Prozesse eine Konstruktionsänderung u. a. in Rechnungswesen/Preispolitik, Produktion, Vertrieb (Schulung von Verkäufern und Wartungstechnikern!), Einkauf nach sich zieht. Aus guten Gründen sammeln bisher Kfz-Hersteller die Verbesserungsvorschläge, bewerten sie, vergeben Prioritäten und realisieren die ausgewählten zusammengefasst in speziellen Zeitabschnitten, oft in den Werksferien.

Abfragen nach dem aktuellen Rechenwerk, z. B. GuV-Rechnung und Bilanz am 25. eines Monats, werden durch Software-Werkzeuge wie SAP-HANA zwar immer leichter, machen aber wenig Sinn, wenn die Periodenabgrenzungsentscheidungen nur am Monatsende getroffen und die zugehörigen Buchungen dann erst vorgenommen werden.

Wohl aber mag die Simulation alternativer Szenarien noch während einer Gremiensitzung sinnvoll sein, vorausgesetzt, die Modellvarianten können unverzüglich rechnergestützt aus einem Grundmodell abgeleitet und die Simulationsergebnisse direkt nach ihrer Erzeugung, also während der Sitzung des Gremiums, interpretiert, zusammengefasst und personalisiert dargeboten (visualisiert) werden [MeBa14, Abschn. 3.1.2.2.6].

## 8.6 Die VR China als Konkurrent

Die chinesische Wirtschaftspolitik ist durch Schwerpunktsetzungen gekennzeichnet: Auf abgegrenzten Feldern will man möglichst rasch den Vorsprung internationaler Konkurrenten einholen bzw. eine führende Stellung („Global Champion“) erreichen. Symptomatisch ist das der Militärstrategie entlehnte Wort „Targeting“ (generalstabsmäßig ausspähen, angreifen, ausschalten) [Berk10], [Pana95]. Diese Strategie betrifft 30 bis 50 Produktbereiche bzw. Marktsegmente vorwiegend der Hochtechnologie, z. B. die Solarindustrie. Verwandt damit ist der „Masterplan“ „Made in China 2025“. Bis dahin möchten die Chinesen im Wettbewerb mit Deutschland auch anspruchsvolle Ziele auf dem Weg zur digitalen Fabrik erreichen [DeJZ15], [OV16b].

Diese Strategie korrespondiert mit der von K. A. Samuelson entwickelten volkswirtschaftlichen Theorie, wonach das Ricardo-Theorem von den gegenseitigen Vorteilen („Win-win-Situation“) zweier Waren und Dienstleistungen austauschender Volkswirtschaften nicht gilt, wenn ein Land den technischen Vorsprung eines anderen besonders schnell aufholt [Samu04].

Vergegenwärtigt man sich die chinesische Technologie- und Wirtschaftspolitik, so ist nicht auszuschließen, dass die durch Vernetzung zusätzlich möglichen Formen der Wissensabschöpfung auch genutzt werden.

Auch wenn wir hier die VR China als prominentes Beispiel herausgegriffen haben, ist das Problem nicht auf dieses Land begrenzt, sondern betrifft den Schutz des ökonomisch relevanten Wissens von Nationen (und Unternehmen) und den vor Plagierung generell (vgl. dazu die Äußerungen des Präsidenten des Landeskriminalamts Baden-Württemberg, Dieter Schneider). Dieser befürchtet: „... könnte man kritisch betrachtet sagen, dass der unternehmerische Wertschöpfungsprozess zu einem Hochsicherheitstrakt werden sollte.“ [HeRS15a], [HeRS15b]

## 8.7 Die Subsumtion von Vorhandenem

Aus bestimmten Gründen wird oft etwas bereits Vorhandenes in die neue Mode übernommen. Dafür stehen die Beispiele in Abb. 8.7.1.

1. Schon vor Jahren entwickelte neue Hardware, wie z. B. 3D-Scanner oder RFID-Techniken, und Anwendungssysteme, wie z. B. MES, werden jetzt in engem Bezug zu I4.0 gestellt [Schee15, Abschn. 3].
2. In einer Broschüre des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie „Zukunftschance Digitalisierung“ werden als Vorteile bzw. Innovationen u.a. aufgeführt: Elektronische Rechnungen, Online-Shops, Newsletter, Online-Konferenzen, transparente Abläufe in der Industrie, vereinfachte Anlagenwartung [Bund15b].

3. „So kann ein Vertriebsverantwortlicher für das Segment Autoreparatur nach den Erfahrungen des Predictive-Analytics-Spezialisten Teradata nicht aus dem bisherigen Bedarf eines Geschäftskunden, z. B. einer Lackierwerkstatt, einfach auf den zukünftigen Verbrauch schließen, denn dieser wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. War beispielsweise der vergangene Winter besonders hart. ...“ [Knop15a] Es handelt sich hier um ein Modul (z. B. aus der Klasse der Regressionsrechnungen), wie es für industrielle Informationsverarbeitung zu den geschichtlich ersten Bestandteilen (Lagerdisposition) gehörte.
4. „Die Drogeriemarktkette dm optimiert die Einsatzplanung ihrer Zehntausenden Mitarbeiter ... mit Hilfe einer gezielten Analyse großer Datenmengen („Big Data“). Die Software kalkuliert Ferientermine ... mit ein.“ [Bund15b]
5. Auch Produktkonfiguratoren werden jetzt als Bestandteil von I4.0 angesehen [OV15o].
6. „Der Einkauf sieht in Realtime Bestände und wo sich Zulieferteile in einem bestimmten Zeitpunkt befinden.“ [Plat15, S. 46] Derartige ist heute im Versandhandel gängige Praxis, wo sich die Käuferin z. B. auf den Plattformen von DHL oder Hermes über die Stationen und Prozesse bei der Anlieferung der Ware problemlos und detailliert informieren kann. In den großen Binnen- und Außenlagern sorgt die RFID-Technik schon seit Längerem für beachtliche Fortschritte.
7. In der Neuen Zürcher Zeitung wird I4.0, dies sogar in der Rubrik „Neue Geschäftsmodelle“ als die gesamte herkömmliche Integrierte Informationsverarbeitung einschließlich SCM definiert: „Industrie 4.0 beruht auf einer breiten Zusammenfassung der Prozesse inner- und ausserhalb von industriellen Produktionsstätten. Während heute die Forschung und Entwicklung, die Fertigung, das Lager, der Kundendienst oder die Buchhaltung oft noch getrennte Systeme verwenden, sollen künftig sämtliche Einheiten einer Firma eng miteinander vernetzt kooperieren.“ [Feld16]
8. Im Fall des Technologiekonzerns Heraeus wird auch die Verschmelzung „der bisherigen 27 EDV-Systeme in der Verwaltung ... auf ein einziges ERP-System“ als Vorbereitung „auf die vernetzte Produktion“ eingestuft [GiPe15].
9. Der Vorstandsvorsitzende der Adidas AG, Kasper Rorstedt, benennt als Elemente der Digitalstrategie u.a. die Standardisierung von Produktions- und Verwaltungsprozessen, die intelligente Datenanalyse, die Zusammenarbeit innerhalb der Organisation, die veränderte Interaktion mit Kunden und den E-Commerce [Knop16b].

Abb. 8.7.1.: Beispiele für Subsumtion

Vergegenwärtigt man sich derartige Beispiele aus der Fachliteratur, so sind viel benutzte Begriffe wie „disruptiv“ oder „Digitale Revolution“ nicht angebracht [Hoff15]. Von daher wirkt die oft zu lesende Metapher von der „Digitalen Revolution“ (z. B. [Gneu16]) unpassend. Der Begriff „Evolution“ wäre vorzuziehen.

## 8.8 Normung und Rechtsrahmen

Eine Umfrage unter den Verbandsmitgliedern der Plattform Industrie 4.0 kam zu dem Ergebnis, dass die Standardisierung die größte Herausforderung darstellt [BHVo14, S. 325-341].

Die Internationale Organisation für Normung (ISO) hat auf Anregung des DIN eine eigene „Industrie 4.0/Smart Manufacturing Strategic Advisory Group“ initiiert. Sie soll u. a. fehlende Normen und Standards identifizieren und die einschlägigen Aktivitäten auf internationaler Ebene koordinieren. Bei I4.0 i. e. S. betrifft die Normung in erster Linie den Datenaustausch zwischen Betriebsmitteln. Hier hat man im deutschen Maschinenbau im Lauf der letzten Jahrzehnte viel erreicht. Dies gilt es unter Berücksichtigung wachsender Ansprüche an Geschwindigkeit und Sicherheit fortzuentwickeln. Das größte Problem wird möglicherweise nicht die Technik sein, sondern die internationale Abstimmung. Schon lange galt: „Wer die Norm setzt, beherrscht die Märkte.“ Der Fraktionsvorsitzende der CDU/ CSU im Bundestag, Kauder, verlieh einmal seiner Befürchtung Ausdruck, es könne zwischen den USA und der EU zu einem „Normenkrieg“ kommen. Die Alternative wären flexible, menschenähnliche Dialoge zwischen den Betriebsmitteln [OV14b].



In den Medien offenbaren deutsche Unternehmer, Verbandsvertreter und Politiker häufig einen gewissen Pessimismus, was die Dynamik des US-dominierten Industrial Internet Consortium (IIC) im Vergleich zu Initiativen in der EU angeht [Woch15], [Höpn15].

Im zwischenbetrieblichen Geschäftsverkehr, namentlich dem grenzüberschreitenden, liegt die große Herausforderung über die Datenkommunikation hinaus bei (teil)automatischen Verhandlungsprozessen. Ein wichtiges Beispiel sind Dispositionen und Umdispositionen in Liefernetzen [Falk95], [Gath15].

Vergegenwärtigt man sich die v. a. in dem einflussreichen Gremium Plattform Industrie 4.0 [Plat15] benutzte und auch an anderen Stellen zu registrierende wenig präzise Terminologie (z. B. „Kunden, Lieferanten und Partner“ (S. 22), Zweiteilung in Shop Floor und Office Floor, die angeblich „in Unternehmen gewöhnlich vorgenommen wird“ (S. 50), Darstellung der Funktionen PLM und ERP als Unternehmensprozesse (S. 22), „Kaufmännische und historische Daten“ (S. 62)), so sind Zweifel angebracht, ob man mit solchermaßen unsorgfältiger Terminologie als Basis zu den äußerst feinnervigen und durchdachten Standards gelangt, die für eine automatische Kommunikation von Betriebsmitteln untereinander Voraussetzung sind. (Man stelle sich vor, in einer medizinischen Studie sei von „Adern und Arterien“, in einer physikalischen von „Elementarteilchen und Elektronen“ oder in einer juristischen von „Frauen, Männern und Menschen“ die Rede!)

Es wird aber auch darauf verwiesen, dass I4.0 weitere rechtliche Fragenkomplexe berührt, so den Schutz geistigen Eigentums, die Ausgestaltung des Lizenzrechts, z. B. beim 3D-Druck, das Außenwirtschaftsrecht, soweit es den internationalen Datenverkehr tangiert [Fuch15a], oder das Kartellrecht [Hauc15].

Eine besonders große, aber auch reizvolle Herausforderung stellt der Vorschlag dar, das Vertragsrecht dahin zu entwickeln, dass dynamisch Verträge in automatischen Wertschöpfungsketten zustande kommen. Gemeint ist wohl, dass maschinelle Agenten mehrerer Unternehmen unverzüglich rechtsgültige Verträge schließen könnten, etwa wenn im Rahmen eines Lieferabkommens umdisponiert wird [Plat15, S. 16].

## **8.9 Erleichterter Betrug**

Die Verletzlichkeit von Produkten, die stark „digitalisiert“ sind, erkennt man indirekt am sogenannten VW-Skandal. Manipulationen an Messeinrichtungen, wie sie per Software möglich sind, wären wohl viel früher aufgefallen bzw. nicht lange zu verbergen gewesen, hätte man die Täuschung über den Einbau zusätzlicher Geräte („Hardware“) erreichen wollen, plädiert der TÜV in Ansehung des VW-Skandals für die Rückkehr zur Endrohrmessung, während der ADAC für strikte Prüfung über Software eintritt. (Es ist dies zugleich ein Beispiel für den Einbau zusätzlicher analoger Komponenten.) Auch der Deutschen Bank wird „Schummelsoftware“ vorgeworfen; diese soll angeblich die Ausführung von Kundenaufträgen verzögern, wenn sich so die Bank zulasten ihrer Kunden bereichern kann [OV16a].

## **9. Defizite beim Ist-Zustand der Automation**

### **9.1 Öffentliche Verwaltung und Verkehr**

Auf einem Parteijubiläum der CDU wurde das Ziel verkündet: „Die öffentliche Hand soll digitaler Dienstleister werden.“ [OV15f] Jedoch zeigt – zumindest gemessen an Staaten, die in dieser Hinsicht als führend gelten können, wie z. B. baltische und skandinavische Länder, Israel, Singapur oder Südkorea – die Bundesrepublik schon

bei konventionellen Systemen des sog. E-Government empfindliche Schwächen. Es sind zahlreiche sehr kostspielige Fehlschläge zu verzeichnen [Mert09], [Mert12c]:

- a) Das Vorhaben „elektronische Gesundheitskarte“ (eGK) liegt ca. zehn Jahre hinter Plan, und noch immer ist die flächendeckende Einführung mit allen Funktionalitäten unsicher. So wird ein Rezept nicht digital kommuniziert, sodass der Apotheker beim Verkauf eines neuen Medikamentes nicht auf Unverträglichkeiten mit anderen Arzneien prüfen kann, die der Kunde früher anderswo erworben hat. Stattdessen werden Medikationspläne auf Papier geschrieben und vorgelegt. Da es um das Zusammenspiel von mehreren Anspruchsberechtigten geht, mag man die eGK als Prüfstein sehen, ob eine noch weitergehende Vernetzung von Institutionen mit heterogenen Interessen gelingen kann. Jedoch werden die Schuldzuweisungen zwischen Gesetzgeber (E-Health-Gesetz), Regierung, Ärztenverbänden, Kassen, Herstellern der Geräte und der Telematik-Infrastruktur sowie des Bundesamtes für die Sicherheit in der Informationstechnik so hin und her geschoben, dass inzwischen Schlagzeilen wie „Deutschland macht sich lächerlich“ erscheinen [OV15c].
- b) Der Prozess zur Einführung der LKW-Maut ist immer noch nicht abgeschlossen. Das Ende des Schiedsgerichtsverfahrens zum schon 2005 mit 16 Monaten Verspätung in Betrieb gegangenen LKW-Mautsystem wird nun erst 2017 erwartet. Ein Grund ist, dass ein Gutachter sämtliche Abrechnungen des Konsortiums (3,3 Millionen Datensätze) prüfen soll und hierfür voraussichtlich anderthalb Jahre brauchen wird (Big Data?) [OV15v].
- c) Projekte wie z. B. FISCUS (Föderales Integriertes Standardisiertes Computer-Unterstütztes Steuersystem; es wurde endgültig abgebrochen) zur Vereinheitlichung der Software der Finanzverwaltungen und Finanzämter in und zwischen den Bundesländern sind sehr wichtig, weil die für das deutsche Steuersystem charakteristischen häufigen und komplizierten Änderungen des Steuerrechts hohe Anforderungen an die Pflege der Systeme stellen [Mert09]. Eine zentrale Weiterentwicklung verspräche erhebliche Synergieeffekte, jedoch sind wirkliche Durchbrüche bisher ausgeblieben.
- d) Die Bundessteuerberaterkammer beklagt, dass die Kapitalgesellschaften zwar seit dem 01.06.2015 die Steuererklärungen elektronisch verfassen und versenden müssen, den Finanzämtern aber die für diesen Prozess erforderliche Software fehlt [OV15p]. Das Vermeiden von Papier und Post bei den Steuererklärungen und -bescheiden stockt, u. a. auch weil das Steuerverfahrensrecht, das zum Teil noch auf Regelungen aus dem Jahr 1977 beruht, mit der Digitalisierung nicht in Übereinstimmung gebracht wurde [Steh15].
- e) Das E-Postfach als Voraussetzung, dass die deutschen Anwälte mit der Justiz nur noch elektronisch kommunizieren, ist wegen technischer Schwierigkeiten auf unbestimmte Zeit verschoben worden [OV15a].
- f) Das Vorhaben ELENA zur zentralen Speicherung der Sozialdaten in einer großen Organisation in Würzburg ist gescheitert. Die methodisch höchst interessante Ersatzlösung mit P23R (Prozess-Daten-Beschleuniger) [Mert12c], die gleichzeitig einen Meilenstein der automationsgerechten Gesetzgebung bedeutet hätte, kommt nicht voran.
- g) Der Rundfunkbeitrag, der auch in voller Höhe erhoben wird, wenn ein Privathaushalt gar kein Radio oder keinen Fernseher besitzt, ist das Gegenteil von dem, was man mit der Digitalisierung verspricht, nämlich individuelle Angebote mit differenzierten Preisen (vgl. Abschn. 4).
- h) Die De-Mail und der Elektronische Personalausweis haben sich, u. a. wegen mangelnder Benutzungsfreundlichkeit, bisher nicht in der Breite durchgesetzt

[Dörn15]. So beantworteten in einer Umfrage 66% der Bürger, dass sie die Online-Funktion des Ausweises überhaupt nicht nutzen [Frün15].

- i) Die Deutsche Post AG hat durch das in Verzug geratene Logistik-Großprojekt NFE (New Forwarding Environment) einen Abschreibungsbedarf von hunderten von Millionen [Bünd15].
- j) Elementare Staatsaufgaben wie die Erfassung von Zuwanderern und die Weitergabe der so entstehenden Personalstammsätze in die IT-Systeme von Bund, Ländern und Gemeinden gelingen bisher nicht, was zu sehr großen Schwierigkeiten bei der Bewältigung der Flüchtlingsströme führt. So wird moniert, dass bei Registrierungsprozessen in NRW Daten noch personell von einer Excel-Tabelle in eine andere übertragen werden müssen [Knop15b]. Auch dass die Bundesregierung sogar einräumen musste, den Überblick über die Erstaufnahmeeinrichtungen verloren zu haben. Der Innenminister von NRW, Jäger, spricht in diesem Zusammenhang von einer Verwaltung von „vorgestern“ [Fisc15]. Die Flüchtlingsströme nach Deutschland haben das Problem der mangelnden Integration innerhalb der Öffentlichen Verwaltung auch Politikern bewusst gemacht, die sich bisher wenig in die IT eingearbeitet hatten [Knop15c].

Delikat ist, dass ein entschiedener Verfechter der Digitalisierung, Wirtschaftsminister Gabriel, auf einem Parteitag „digital“ als SPD-Vorsitzender wiedergewählt werden sollte. Da das Abstimmungsverfahren nicht funktionierte, musste auf Stimmzettel übergegangen werden [OV15x].

Abgesehen von mehr administrativen, wenn auch nicht trivialen Vorhaben, mangelt es ebenso an wirklich innovativen Lösungen, die man mit einschneidenden Änderungen von Geschäftsmodellen in der Privatwirtschaft vergleichen könnte. So würde die technisch mögliche Integration von Leistungen der Bürger an die Solidarkassen und umgekehrt in Gestalt integrierter Bürgerkonten, beispielsweise zu interpretieren als Weiterentwicklung von integrierten Gesundheitskonten, helfen, Auswüchse des deutschen Wohlfahrtsstaates zu beherrschen und „demographiefest“ zu machen [Mert07], [Mert12a].

Die Internet-Botschafterin der Bundesregierung, Gesche Joost, äußerte 2014: „Für das E-Government fehlen schlicht die Ressourcen. Wir sprechen davon ja schon seit vielen Jahren.“ [Heuz14] Von daher wirkt die Mahnung der Bundeskanzlerin Merkel, die Wirtschaft und die Politik dürften bei der Digitalisierung des Landes nicht den Anschluss verlieren und es müsse allen klar sein, dass Deutschland seinen Wohlstand nur halten könne, wenn es bei der Digitalisierung mit dem Ausland Schritt halte, hinsichtlich der Verwaltung sehr berechtigt [OV15u].

## 9.2 Finanzwirtschaft

In diesem Wirtschaftszweig und seinen Branchen Banken und Versicherungen fällt vor allem die Divergenz zwischen dem Stand der Technik beim Dokumentenmanagement und der Mensch-Maschine-Kommunikation an der Kundenschnittstelle auf (Abschn. 7.2). Aus der Sicht der Kundschaft sind heute Prozesse oft aufwändiger als früher. Ein besonders deutliches Beispiel ist der Rückschritt, der für den „Normalbürger“ durch die 22-stellige Kontonummer IBAN auch im Inlands-Zahlungsverkehr eintritt, verbunden mit der teilweisen Abschaffung bzw. Verteuerung der Überweisung mit Hilfe der traditionellen Formulare. Hier trifft die Wendung „Mensch hilft Computer“ besser als die umgekehrte zu [Mert15a], [Mert15c].

### 9.3 Industrie

Obwohl wir unsere Einschätzung nicht mit belastbaren Statistiken fundieren können, scheint uns die Zahl von „Kinderkrankheiten“ bei neuen Erzeugnissen, die in wachsender Komplexität und/oder Einsparungen beim Testen begründet sind, zuzunehmen. Der Käufer wird in die Rolle des „Beta-Testers“ gedrängt [Zies14]. Ein Indiz sind die vielen Aufsehen erregenden und umfangreichen Rückrufaktionen in der Automobilbranche, z. B. weil sich Zündschlösser „verselbstständigen“. In diesem Zusammenhang kann man auch wichtige Beispiele zitieren, wo sich die Evolution gegenüber der Revolution als Vorteil erwiesen hat und zudem Warnungen vor Überkomplexität, wie sie jetzt auch bezüglich I4.0 ausgesprochen werden, richtig waren:

1. Die robusten Shinkansen-Eisenbahnen in Japan konnten durch den Transrapid nicht „ausgestochen“ werden.
2. Airbus verdankt seine gegenwärtig hervorragende Auftragslage nicht den völlig neuen Konstruktionen, sondern der Weiterentwicklung der „Cash cow“ Airbus 320.

### 9.4 Verlage

Das folgende Beispiel eines Wissenschaftsverlags steht für Probleme, die resultieren, wenn bei hohem Automationsgrad und Vernetzung Sondersituationen nicht beherrscht werden, weil die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine nicht gut konzipiert ist:

Der Prozess zur Veröffentlichung eines Aufsatzes in einer Zeitschrift wurde vom Verlag stark automatisiert. Beteiligt sind Redaktion, Autor, Herausgeber, Fremdsprachenübersetzer und die Vorbereitung des Drucks, letztere oft in Indien angesiedelt.

Ein Autor hatte zu einem Sonderheft einen sogenannten Zwischenruf von einer Seite beigesteuert. Während eines Auslandsaufenthalts erhielt er laufend automatische E-Mails. Im Wesentlichen betrafen diese die Übertragung von Urheberrechten in Formularform. Wegen der noch nicht ausgereiften Infrastruktur in dem Land, in dem sich der Autor kurze Zeit aufhielt, bereitete die Öffnung von Anhängen mit den Folgemaßnahmen technische Schwierigkeiten. Er bat daher bis zu seiner baldigen Rückkehr die Mails nicht laufend zu wiederholen. Die Bitte ließ sich nicht an den Absender adressieren („do not reply“). Daher schrieb er ihm bekannte Angestellte des Verlages in Deutschland an, sie möchten bitte die elektronische Post stoppen. Diese sahen sich aber nicht imstande, in den automatischen Prozess einzugreifen. Am Ende waren rund 20 zum großen Teil redundante und vergebliche Schriftwechsel entstanden (persönliche Erfahrung des Mitverf. Mertens).

## 10. Nutzenbetrachtungen

Die Nutzenschätzungen fallen oft überraschend hoch aus. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass sie zum Teil interessengeleitet sind.

1. Das Bundeswirtschaftsministerium veranschlagte 2013, dass die deutsche Industrie durch I4.0 ihre Produktivität um 20% steigern könnte. Klaus Mittelbach, Hauptgeschäftsführer des ZVEI, ging im gleichen Jahr von 30% aus [Woch13]. Die Boston Consulting Group veröffentlichte eine Studie, derzufolge durch das Thema „Industrie 4.0“ in den kommenden zehn Jahren per Saldo rund 390.000 neue Arbeitsplätze geschaffen würden. Die vernetzte Produktion könnte sich „in den nächsten Jahren als kleines Konjunkturprogramm erweisen.“ [OV15i] Eine andere Studie gelangte zu dem Resultat, dass I4.0 bis zum Jahr 2025 zum Verlust von 610.000 Arbeitsplätzen, zugleich aber zu einer Million neuer führen würde. Damit einher gehen Verschiebungen der Kenntnis-Profile in Richtung auf IT-Wissen [OV15g]. Auf dem Weltwirtschaftsforum in Davos 2016 wurde eine Untersuchung

bekannt, wonach in Industrieländern in den nächsten fünf Jahren mehr als sieben Millionen Arbeitsplätze überflüssig werden, denen nur zwei Millionen neuer für „Computer- und Technikspezialisten“ gegenüberstehen [OV16c]. Bitkom erwartet durch I4.0-Technologien für die sechs Branchen Maschinen- und Anlagenbau, Elektrotechnik, Automobilbau, Chemische Industrie, Landwirtschaft und Informations- und Kommunikationstechnologie bis 2025 ein zusätzliches Wertschöpfungspotential von 78 Mrd. Euro [Ungr15, S. 61]. Die Fraunhofer-Gesellschaft beziffert für die nächsten zehn Jahre die Steigerung der Produktivität auf rund 80 Mrd. Euro [Marx15a].

In den uns bekannten Aussagen wird nicht unterschieden, inwieweit die Langfristeffekte durch evolutionäre Weiterentwicklung auf der Trendlinie zu mehr Automation oder durch I4.0 und Digitalisierung im engen Sinn („Disruption“) zustande kommen.

2. Gegenwärtige Vermutungen, die in künftigen Studien verifiziert oder falsifiziert werden müssten, weisen auf die bessere Ausnutzung von Ressourcen einschließlich Personaleinsparungen durch mehr Automation hin. Ein leicht verständliches Beispiel sind Systeme, die über Sensoren in der Straßenoberfläche in Nahe-Echtzeit messen, welche innerstädtischen Parkplätze gerade besetzt oder verlassen werden, sodass man suchende Fahrer dorthin leiten kann, im Idealfall sogar unter Verwendung von Softwareagenten, anderer Heuristiken oder exakter Optimierungsverfahren [OV15k], [Peit15]. Auch Maschinen in Betrieben und Haushalten, die sich genau dann einschalten, wenn Energiepreise niedrig sind, Buchungsplattformen oder Ad-hoc-Auktionen zeigen in diese Richtung (Vermeiden von ungenutzten Kapazitäten oder von Verderb). Eindrucksvolle Einsparungen von Ressourcen (Böden, Dünger, Wasser) werden in der Agrarwirtschaft durch „smart farming“ erwartet [OV15s]. Wenn es gelingt, die vernetzten Assistenzsysteme so zu gestalten, dass die Hilfen für weniger Befähigte die diesem Personenkreis entstehenden Schwierigkeiten mehr als kompensieren, kann auch der Beitrag für die Gesellschaft hoch sein [MeBa15, S. 394 und 401]. Ein überzeugendes Beispiel dafür, wie unterschiedlich qualifizierte Maschinenbediener unterschiedlich informiert werden, findet sich in einer Linie eines Werkes des Bosch-Rexroth-Konzerns, auf der 200 verschiedene Hydraulikventile zusammengebaut werden [OV0J].
3. Bauernhansl schätzt die prozentual höchsten Einsparungen durch I4.0 bei den Komplexitätskosten („Erweiterung Leitungsspannen“, „Reduktion trouble shooting“) [Baue14b, S. 31].

Allerdings gaben in einer Studie von strategy& und pwc 46% der Befragten an, dass der unklare wirtschaftliche Nutzen und die zu hohen Investitionen zu den zwei wichtigsten Herausforderungen bei I4.0 zählen [Stpw14, S. 36-37].

Auf gesamtstaatlicher Ebene mag die Rechnung mit größeren Unsicherheiten behaftet sein als dann, wenn man die Effekte im betriebswirtschaftlichen Bereich summiert. Personal sparende Maßnahmen in Unternehmen können dazu führen, dass sehr viele wenig Qualifizierte arbeitslos werden und mit öffentlichen Mitteln unterstützt werden müssen (z. B. [Brau16b]). Ob das eintritt, ist generell nicht gesichert [LoPi15]. In Deutschland könnte dieses Problem aber wegen der besonders ungünstigen Altersstruktur und wegen des Flüchtlingsstromes besonders virulent werden. Eine Gesellschaft, in der eine Minderheit Hochqualifizierter besonders intensiv eingesetzt oder gar ausgebeutet wird, aber einen sehr großen Anteil des Einkommens an eine Mehrheit Minderqualifizierter transferiert, ist schwer vorstellbar.

Betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher bzw. gesellschaftlicher Nutzen müssen nicht korrelieren. Es ist möglich, durch einen ortsgebundenen automatischen Anruf einen Konsumenten, der während eines Bummels in der Fußgängerzone auf ein Schnellrestaurant zusteuert, darauf aufmerksam zu machen, dass ein hundert Meter entferntes anderes Restaurant ähnliche Speisen mit einem Tagesrabatt anbietet („Geofencing“). Aber was ist der volkswirtschaftliche Gewinn?

Eine ähnliche Divergenz gilt für einen Teil der individualisierten Produkte (vgl. Abschn. 8.4).

Oft wird im Zusammenhang mit neuer Technik der Nutzen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene im Produktivitätswachstum quantifiziert. In der frühen Zeit der IT führten volkswirtschaftliche Studien, z. B. von Brynjolfsson und Saunders [BrSa10], zu ernüchternden Ergebnissen. Nobelpreisträger Solow soll gesagt haben: „Wir sehen das Computerzeitalter überall, nur nicht in der Produktivitätsstatistik.“ Man sprach auch vom „Produktivitätsparadoxon“ oder „Produktivitätsrätsel“. Einige Autoren, so Robert Gordon oder Larry Summers, zogen daraus den Schluss, dass die IT in ihrer Reichweite hinter früheren technischen Revolutionen zurückbleibe [Mari15]. Der Historiker Paul David schätzte, dass es 30 Jahre dauerte, bis sich die Erfindung der Dampfmaschine und der Elektrizität in einer beschleunigten Produktivität niederschlug. Es ist denkbar, dass man mit dem neuen Verständnis von Digitalisierung und I4.0 ein ähnliches Muster der Produktivitätsfunktion über der Zeitachse erleben wird. Das könnte auch bedeuten, dass eine erste Welle zu großen Enttäuschungen führt und erst in einer zweiten Welle die Potenziale gehoben werden.

Den weitesten Rahmen zum gesellschaftlichen Nutzen stecken der in Abschn. 5 erwähnte Wissenschaftliche Beirat und Henning Kagermann ab [Kage14]. Beispielsweise ist er optimistisch in Bezug auf solche Sujets wie „eine bessere Work-Life-Balance“, „bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie“, „kürzere Einweisungs- und Lernzeiten“ der Arbeitnehmer oder „zusätzliche Beschäftigungspotenziale“. Kagermann verkennt allerdings auch die Herausforderungen bzw. Risiken nicht und erörtert kurz die Sicherheit der Privatsphäre und den drohenden Fachkräftemangel [Kage14, S. 610-612].

## 11. Risiken

Neben den in Abschn. 8 skizzierten retardierenden Faktoren, die den Anstiegswinkel eines Trends verkleinern können, sind auch Risiken ins Auge zu fassen, die eine Entwicklung wie I4.0 im engeren Sinne für lange Zeit unterbrechen würden:

### 1. Datensicherheit und Übertragungsgeschwindigkeit

Die Datensicherheit ist für die Entwicklung der vernetzten Betriebsmittel und Institutionen von enormer Bedeutung. Die Bundesministerin für Bildung und Forschung gibt in Anlehnung an Bitkom einen jährlichen Schaden für die deutsche Wirtschaft von rd. 50 Mrd. Euro an [Wank15]. Das Bundesamt für die Sicherheit in der Informationstechnik lässt in seinem Lagebericht 2015 erkennen, dass die Technik nur schwer mit den Sicherheitsanforderungen mithält [Bund15a]. Das auf Sicherheit in der IT spezialisierte Kasperski Lab warnt vor allem vor Sicherheitslücken, die großen Unternehmen dann drohen, wenn kleinere Partner in Liefernetzen unvorsichtig sind [OV15ü]. Henning Kagermann weist auf die Gefahr hin, dass gerade in der frühen Phase der Entwicklung ein besonderes Risiko existiert: „Wenn die ersten Vorfälle auftreten, weil die Sicherheitstechnologien noch nicht ausgereift sind, oder Fälle, in denen die internen Kontrollsysteme versagen, wird

das Thema Industrie 4.0 weit zurückgeworfen werden.“ [Spat13, S. 105] Die Geschäftsführerin der IBM Deutschland GmbH, Martina Koederitz, äußerte: „Wenn wir bessere Lösungen für die Datensicherheit finden und die von der Bevölkerung akzeptiert werden, dann werden wir auch zur Überzeugung gelangen, dass Digitalisierung ein Segen ist.“ [Fock15] Patrick Helmig und Khan Tuong, Gründer eines mit dem Preis des Vierten Innovationsforums (Universität Frankfurt und Handelsblatt) ausgezeichneten Unternehmens, das Lösungen zur Überwachung von Webauftritten anbietet, schätzen die Lage so ein: „Es ist ein Wettrennen zwischen Webseitenbetreibern und Hackern. Und derzeit gewinnen die Hacker.“ [FoTe15] Kagermann merkt an, dass die mit I4.0 angestrebten Lösungen, soweit sie Echtzeitverarbeitung voraussetzen, nur funktionieren, wenn die Daten verzögerungsfrei übertragen werden, und dass „Schwankungen in der Datenübertragung in den Wertschöpfungsnetzwerken 4.0 so teuer werden (können) wie Schwankungen bei der Stromversorgung für energieintensive Unternehmen“ [Kage15b]. Würde aus politischen Erwägungen strikte Netzneutralität durchgesetzt, so könnten Teile von I4.0 daran scheitern, oder Betriebe in Regionen mit schwächerer Infrastruktur bekämen erhebliche Probleme, sollten sie Knoten in Wertschöpfungsnetzen bleiben oder werden wollen.

## 2. Fachkräftemangel

Prognosen hierzu sind von vornherein besonders unsicher. Welcher Prozentsatz der Flüchtlinge und anderer Zuwanderer, z. B. der Handwerker und Akademiker aus Spanien, dauerhaft das Fachkräfteangebot erhöhen wird, ist ebenfalls strittig, denn er hängt auch von der Neigung zur Rückkehr in die Heimat ab.

## 3. Risiken aus der Interdisziplinarität

Ein generelles Risiko ist das komplizierte Zusammenspiel von Technik, Betriebswirtschaft, Recht (z. B. Datenschutz, Haftung für Fehler und Unfälle, Exportverbote), Föderalismus, Bürokratie des Wohlfahrtsstaates und der EU.

## Literatur

- [Baue14a] Bauer, K., Industrie 4.0: Potenziale intelligenter Vernetzung, in: E. Plödereder, L. Grunke, E. Schneider, D. Ull (Hrsg.), Big Data – Komplexität meistern, 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Informatik 2014, Stuttgart 2014, S. 67.
- [Baue14b] Bauernhansl, T., Die vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, in: Bauernhansl, T., ten Hompel, M. und Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden 2014, S. 5-35.
- [BHVo14] Bauernhansl, T., ten Hompel, M. und Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden 2014.
- [Baul15] Baulig, B., Bankstrategie – Digitalisierung steht im Mittelpunkt, 26.03.2015; <http://www.springerprofessional.de/digitalisierung-steht-im-mittelpunkt/5652344.html>, Abruf am 08.12.2015.
- [Baye16] Bayern 5: Hörfunk-Sendung, 20.01.2016, 9:00 Uhr.
- [Beck15] Becker, J., Software tanken, Süddeutsche Zeitung vom 18.07.2015, S. 68.
- [Berk10] Berke, J. u.a., Im Rachen des Drachen, WIRTSCHAFTSWOCHE Nr.12/2010, S. 40-47.
- [Bern15] Berndt, J. O., Self-Organizing Multiagent Negotiations, Dissertation Bremen 2015.
- [BeHe11] Berndt, J. O. und Herzog, O., Efficient multiagent coordination in dynamic environments, Web Intelligence and Agent Technology, 2011 IEEE/WIC/ACM International Conference, Vol. 2, S. 188-195.
- [Brau16a] Braunberger, G., Festung Davos, FAZ vom 23.01.2016, S. 21.
- [Brau16b] Braunberger, G., Roboter und Flüchtlinge, FAZ vom 19.01.2016, S. 18-19.
- [Bren15] Brendel, J., Die FinTech-Revolution: Vom Hype zur Realität, Handelsblatt (HB) Journal, Sonderveröffentlichung, November 2015, S. 4.
- [BrMS14] Brynjolfsson, E., McAfee, A. und Spence, M., New World Order – Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy, Foreign Affairs July/August 2014; <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2014-06-04/new-world-order>, Abruf am 05.10.2015.
- [BrSa10] Brynjolfsson, E. und Saunders, A., Wired for Innovation, Cambridge 2010.
- [Buch15] Buchenau, M.-W., Jeder muss mitmachen, HB vom 10.04.2015, S. 20-21.
- [Bund15a] Bundesamt für die Sicherheit in der Informationstechnik, Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2015, Bonn 2015.
- [Bund15b] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.), Zukunftschance Mittelstand, Berlin 2015.
- [Bünd15] Bündler, H., Computerpanne wirft Deutsche Post zurück, FAZ.NET vom 17.11.2015.
- [Bünd16] Bündler, H., Thyssen-Krupp bringt Industrie 4.0 ins Stahlwerk, FAZ vom 15.01.2016, S. 23.
- [BüBr14] Büttner, K.-H. und Brück, U., Use Case Industrie 4.0-Fertigung im Siemens Elektronikwerk Amberg, in: Bauernhansl, T., ten Hompel, M. und Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden 2014, S. 121-144.
- [BuMe68] Bussmann, K. F. und Mertens, P. (Hrsg.), Operations Research und Datenverarbeitung bei der Instandhaltungsplanung, Stuttgart 1968.
- [DeJZ15] Deckstein, D., Jung, A. und Zand, B., Großer Sprung, SPIEGEL Nr. 57/2015, S. 68-70.
- [DeSt15] Delhaes, D., und Stratmann, K., Eine Plattform für den Fortschritt, HB vom 17.03.2015, S. 21.
- [Delt16] Deltchev, L., Maschinen halten den Spargel bei der Stange, FAZ vom 07.01.2016, S. 18.
- [DMHH09] Dittrich, J., Mertens, P., Hau, M. und Hufgard, A., Dispositionsparameter in der Produktionsplanung mit SAP, Einstellhinweise, Wirkungen, Nebenwirkungen, 5. Aufl., Wiesbaden 2009.
- [Djan15] Djanatljev, A., Hybrid Simulation for Prospective Health Care Decision Support, Dissertation Erlangen-Nürnberg 2015, Abschnitt 4.1.
- [Dörn15] Dörner, S., Großbaustelle Digitalisierung, DIE WELT vom 28.08.2015, S. 12.
- [Falk95] Falk, J., Ein Multi-Agentensystem zur Transportplanung und -steuerung bei Speditionen im Trampverkehr – Entwicklung und Vergleich mit zentralisierten Methoden und menschlichen Dispositionen, Nürnberg 1995.



- [Feld16] Feldges, D., Industrie 4.0 sorgt für frischen Wind, NZZ Online vom 19.01.2016; <http://www.nzz.ch/wirtschaft/industrie-40-sorgt-fuer-frischen-wind-1.18679393>, Abruf am 23.01.2016.
- [Fiet16] Fieten, R., Arbeit 4.0 Wirtschaftsbücher, FAZ vom 18.01.2016, S. 16.
- [Fins15a] Finsterbusch, S., Die CeBIT im Zeichen einer Zeitenwende, Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) vom 17.03.2015, S. 19.
- [Fins15b] Finsterbusch, S., Die Datenwolke bringt SAP kräftigen Rückenwind, FAZ vom 22.04.2015, S. 22.
- [Fisc15] Fischer, K., „Die Verwaltung ist von vorgestern“, Wirtschaftswoche Nr. 47/2015, S. 29.
- [Fock15] Fockenbrock, D., Schneller laufen als wir können, HB vom 15.09.2015, S. 23.
- [FoTe15] Fockenbrock, D. und Telgheder, M., Arroganz ist der Innovationskiller, HB vom 15.09.2015, S. 22.
- [Frün15] Fründt, S., Digitales Dösen, Welt am Sonntag vom 07.06.2015, S. 27-28.
- [Fuch15a] Fuchs, T., In fünf Schritten zur rechtlichen Sicherheit, FAZ-Verlagsspezial Industrie 4.0 vom 09.04.2015, S. V6.
- [Fuch15b] Fuchs, M., Wer, wenn nicht wir?, HB vom 03.11.2015, S. 15.
- [Gart15] Gartner, New Gartner Hype Cycle on Emerging Technologies, August 2015; <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>, Abruf am 05.10.2015.
- [Gath15] Gath, M., Optimizing Transport Logistics Processes with Multiagent-based Planning and Control, Dissertation Bremen 2015.
- [Gier15a] Giersberg, G., Deutschland fehlt der Gründerschwingung, FAZ vom 27.10.2015, S. 22.
- [Gier15b] Giersberg, G., Die erste volldigitalisierte Fabrik gibt es in fünf Jahren, FAZ vom 09.11.2015, S. 18.
- [GiPe15] Giersberg, G. und Pennekamp, J., Das Investitionsmysterium. In der Industrie startet eine Revolution – doch die Investitionen sollen stocken, FAZ vom 12.05.2015, S. 22.
- [Gneu16] Gneuss, M., Fünf Fehler bei der Digitalisierung, Die Welt vom 14.01.2016, S. 12.
- [GrHW12] Greive, M., Hartmann, J. und Wüpper, G., Die Fabrik der Zukunft entsteht im Computer, Welt am Sonntag vom 05.08.2012, S. 32-33.
- [Hauc15] Haucap, J., Kartellrechtsanwendung auf Online-Märkten, in: Düsseldorfer Institut für Wettbewerbsökonomie (Hrsg.), DICE Policy Brief, Ausgabe 6/2015, S. 8-9.
- [Heck15] Heckel, M., Trendsetter der digitalen Revolution, HB vom 27.11.2015, S. 48.
- [Heid15] Heide, D., Dämpfende Digitalwirtschaft, Handelsblatt vom 06.11.2015, S. 11.
- [Hein15a] Heins, E., Mehrwert, isreport Nr. 7/2015, S. 3.
- [Hein15b] Heins, E., (R)evolution, isreport Nr. 4/2015, S. 1.
- [HeRS15a] Herda, N., Ruf, S. und Stocker, J., Mit Industrie 4.0 wird es zu anderen Risiken kommen, WIRTSCHAFTSINFORMATIK & MANAGEMENT 4 (2015) 4, S. 56-60.
- [HeRS15b] Herda, N., Ruf, S. und Stocker, J., Industrie 4.0 ist eine doch sehr deutsche Begrifflichkeit, WIRTSCHAFTSINFORMATIK & MANAGEMENT 6 (2015) 2, S. 44-48.
- [HeSc15] Herkommer, O. und Schlund, S., Industrie 4.0 - Digitale Prozessketten vernetzen die Produktion, isreport Nr. 4/2015, S. 10-15.
- [Hess15] Hess, T., Digitalisierung, 2015, eingereichter Artikel zu: Kurbel, K. u.a. (Hrsg.), Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik.
- [HeMa16] Hesse, M., und Mahler, A., Wir brauchen Waffengleichheit (Interview des Vorstandsvorsitzenden Oliver Bäte, Allianz AG), Spiegel Nr. 3/2016, S. 74-76.
- [Heuz14] Heuzeroth, T., Die Agenda ist zu wenig visionär, Welt am Sonntag vom 19.10.2014, S. 36.
- [Hoff15] Hoffmann, H., IKT 2015, FAZ Verlagsspezial vom 12.03.2015, S. V1.
- [Hofs15] Hofstetter, Y., Der Mensch ist ein Risiko, HB vom 08.09.2015, S. 20.
- [Hohe15] Hohensee, M., Die Jagd nach dem digitalen Meister, Wirtschaftswoche Nr. 47/2015, S. 47-48.
- [Hool15] Hooley, J., Wir können fast alles digitalisieren, HB vom 30.09.2015, S. 22.
- [Höpn15] Höpner, A., Der Rest der Welt verbündet sich, HB vom 17.02.2015, S. 5.
- [Kage14] Kagermann, H., Chancen von Industrie 4.0 nutzen, in: Bauernhansl, T., ten Hompel, M., und Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden 2014, S. 603-614.
- [Kage15a] Kagermann, H., Autobauer werden austauschbar, Wirtschaftswoche Nr. 38/2015, S. 92.

- [Kage15b] Kagermann, H., Eine Mindestgeschwindigkeit im Netz verankern, FAZ vom 12.11.2015, S. 23.
- [Kerk15] Kerkmann, C., Digitaler Jungbrunnen, HB vom 01.10.2015, S. 20.
- [Knop15a] Knop, C., Algorithmus im Irrenhaus, FAZ vom 18.08.2015, S. 18.
- [Knop15b] Knop, C., Flüchtlinge überfordern die Computer des Staates, FAZ vom 07.11.2015, S. 28.
- [Knop15c] Knop, C., IT für die Flüchtlinge, FAZ vom 07.11.2015, S. 19.
- [Knop16a] Knop, C., Ein Pionier der künstlichen Intelligenz, FAZ vom 27.01.2016, S. 20.
- [Knop16b] Knop, C., Im Einkauf werden Algorithmen immer wichtiger, FAZ vom 19.01.2016, S. 18-19.
- [Köni15] Königes, H., Informatiker in den Vorstand!, Computerwoche vom 17.12.2015; <http://www.computerwoche.de/a/informatiker-in-den-vorstand,3220588>, Abruf am 21.01.2016.
- [Lewi15] von Lewinski, F., Dauerhafte digitale Spekulationen, HB vom 21.09.2015, S. 18.
- [LoPi15] Loebbecke, C. und Picot, A., Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: A research agenda, *Journal of Strategic Information Systems* 24 (2015), S. 149-157.
- [Mari15] Marin, D., Das Produktivitätsrätsel, FAZ vom 06.07.2015, S.18.
- [Marx15a] Marx, U., Bewegung im Gravitationszentrum, FAZ vom 01.07.2015, S. H7.
- [Marx15b] Marx, U., Die Roboter erobern neue Welten, FAZ vom 02.10.2015, S. 26-28.
- [Matt15] Matthesius, M., Flexible Softwaremodelle für „Losgröße 1“, FAZ vom 19.11.2015, S. V3.
- [MeWe15] Meck, G. und Weiguny, B., Disruption, Baby, Disruption!, FAZ vom 27.12.2015; <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftswissen/das-wirtschaftswort-des-jahres-disruption-baby-disruption-13985491.html>, Abruf am 29.01.2016.
- [Mers15] Mersch, T., Schaufenster für Mobilität 4.0, HB vom 19.10.2015, S. 50.
- [MeLi15] Merker, L. und Liesenkötter, B., Industrialisierung 4.0 in Banken, *Zeitschrift für Organisation* 84 (2015) 3, S. 164-169.
- [Mert95] Mertens, P., Wirtschaftsinformatik - Von den Moden zum Trend, in: König, W. (Hrsg.), *Wirtschaftsinformatik '95, Wettbewerbsfähigkeit - Innovation - Wirtschaftlichkeit*, Heidelberg 1995, S. 25-64.
- [Mert07] Mertens, P., Bürgerkonten, *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 49 (2007) 3, S. 217-220.
- [Mert09] Mertens, P., Schwierigkeiten mit IT-Projekten der öffentlichen Verwaltung, *Informatik Spektrum* 32 (2009) 1, S. 42-49.
- [Mert12a] Mertens, P., Bürgerkonten, in: Kurbel, K. u.a. (Hrsg.), *Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, Online-Lexikon, 5. Aufl., 2012*; <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Offentliche-Verwaltungen--Anwendungssysteme-fur/buergerkonten/buergerkonten/?searchterm=b%C3%BCrgerkonten>, Abruf am 04.12.2015.
- [Mert12b] Mertens P. u.a., *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik, 11. Aufl., Berlin, Heidelberg 2012.*
- [Mert12c] Mertens, P., Schwierigkeiten mit IT-Projekten der Öffentlichen Verwaltung – Neuere Entwicklungen, *Informatik Spektrum* 35 (2012) 6, S. 433-446.
- [Mert14] Mertens, P., Industrie 4.0 = CIM 2.0? *Industrie Management* 5 (2014) 1, S. 27-30.
- [Mert15a] Mertens, P., Die IBAN – eine kritische Sicht, *Wirtschaftsinformatik & Management* 6 (2015) 3, S. 52-60.
- [Mert15b] Mertens, P., Industrie 4.0 – Herausforderungen auch an Rechnungswesen und Controlling im Überblick, *CONTROLLING* 27 (2015) 8/9, S. 452-454.
- [Mert15c] Mertens, P., Zahlungsverkehr: Die IBAN kritisch gesehen, *BANKMAGAZIN* 9/2015, S. 48-49.
- [MeBa14] Mertens, P. und Barbian, D., Forschung über „Grand Challenges“ – Eine „Grand Challenge“, *Arbeitsbericht Nr. 1/2014, 2. Aufl., Nürnberg 2014.*
- [MeBa15] Mertens, P. und Barbian, D., Researching „Grand Challenges“ – A „Grand Challenge“, *Business & Information Systems Engineering (BISE)* 57 (2015) 6, S. 391-403.
- [MeBa16] Mertens, P. und Barbian, D., Digitalisierung und Industrie 4.0 – Moden, modische Überhöhung oder Trend?, *Arbeitsbericht Nr. 2/2016 (Langfassung), Nürnberg 2016.*

- [Müll15] Müller, S., IT-Struktur für eine digitale Arbeitswelt, Handelsblatt Journal, Sonderveröffentlichung, November 2015, S. 8.
- [Nara15] Narat, I., Das Ende der Dummheit, HB vom 27.11.2015, S. 38.
- [OV0j] Ohne Verfasser, Industrie 4.0 Montagelinie von Bosch Rexroth, Unterlage der Bosch Rexroth Schweiz AG, Buttikon (Schweiz), im Rahmen der Initiative „Industrie 2025“, o.J.
- [OV14a] Ohne Verfasser, Der Bund will die digitale Wirtschaft mit einer Milliarde fördern, HB vom 09.09.2014, S. 8.
- [OV14b] Ohne Verfasser, Der Kampf um die Industrie von morgen, FAZ vom 10.09.2014, S. 19.
- [OV15a] Ohne Verfasser, Anwälte vertagen E-Postfach, FAZ vom 28.11.2015, S. 24.
- [OV15b] Ohne Verfasser, Boni, Macht und Eitelkeiten, SPIEGEL Nr. 15/2015, S. 66, hier S. 68.
- [OV15c] Ohne Verfasser, Deutschland macht sich lächerlich, FAZ vom 28.07.2015, S. 17.
- [OV15d] Ohne Verfasser, „Digitale Agenda ist in der Politik angekommen“;  
[https://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse18/a23/49912552\\_kw11\\_de\\_digitale\\_wirtschaft/216352](https://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse18/a23/49912552_kw11_de_digitale_wirtschaft/216352), Abruf am 15.11.2015.
- [OV15e] Ohne Verfasser, Digitale Revolution 4.0, HB vom 20.03.2015, S. 45.
- [OV15f] Ohne Verfasser, Digitalisierung bestimmt den 70. Geburtstag der CDU, HB vom 30.06.2015, S. 11.
- [OV15g] Ohne Verfasser, Digitalisierung bringt neue Stellen, FAZ vom 29.09.2015, S. 20.
- [OV15h] Ohne Verfasser, Fahrerlose Taxis für Olympia 2020, FAZ vom 09.10.2015, S. 21.
- [OV15i] Ohne Verfasser, Fast 400.000 neue Arbeitsplätze durch Digitalisierung, FAZ vom 10.04.2015, S. 21.
- [OV15j] Ohne Verfasser, Gabriel: Wirtschaft soll sich von Hackern nicht abschrecken lassen, FAZ vom 17.03.2015, S. 19.
- [OV15k] Ohne Verfasser, Geld für die Parkplatzsucher, FAZ vom 18.11.2015, S. 19.
- [OV15m] Ohne Verfasser, „Hype-Zyklus“, Wikipedia, Abruf am 22.09.2015.
- [OV15n] Ohne Verfasser, Ich verstehe Tsipras nicht, SPIEGEL Nr. 25/2015, S. 24-27.
- [OV15o] Ohne Verfasser, IT-Anbieter zeigen Lösungen für Industrie 4.0 und Mobility, isreport 19 (2015) 6, S. 18-27.
- [OV15p] Ohne Verfasser, IT schockt Deutschlands Finanzämter, HB vom 18.06.2015, S. 8.
- [OV15q] Ohne Verfasser, Kompetenzstreit 4.0, HB vom 17.02.2015, S. 1.
- [OV15r] Ohne Verfasser, Künstliche Intelligenz im Fokus, FAZ vom 09.09.2015, S. 19.
- [OV15s] Ohne Verfasser, Landwirtschaft im Bann der Daten, FAZ vom 09.11.2015, S. 22.
- [OV15t] Ohne Verfasser, Marktforscher dringen in die digitale Welt vor, FAZ vom 17.08.2015, S. 19.
- [OV15u] Ohne Verfasser, Merkel mahnt Digitalisierung an, FAZ vom 14.09.2015, S. 19.
- [OV15v] Ohne Verfasser, Neue Verzögerung im Milliardenstreit um TollCollect, FAZ vom 20.07.2015, S. 15.
- [OV15w] Ohne Verfasser, Mit Computereinsatz leichter abheben, FAZ vom 07.12.2015, S. 22.
- [OV15x] Ohne Verfasser, Technische Panne – Gabriel-Wahl muss wiederholt werden, SPIEGEL ONLINE vom 11.12.2015.
- [OV15y] Ohne Verfasser, Versicherer belohnen eine fließende Fahrweise, FAZ vom 02.10.2015, S. 31.
- [OV15z] Ohne Verfasser, Was sich an selbstfahrende Autos anpassen muss, FAZ vom 09.09.2015, S. 18.
- [OV15zä] Ohne Verfasser, Wenn die Fabrik mitdenkt, WISU 44 (2015) 4, S. 336-337.
- [OV15zä] Ohne Verfasser, Winterkorn will Volkswagen neu erfinden, FAZ vom 12.09.2015, S. 19.
- [OV15ö] Ohne Verfasser, "Wischkästla" ist Oberfrankens erstes Wort des Jahres, 29.11.2015;  
<http://www.nordbayern.de/region/wischkastla-ist-oberfrankens-erstes-wort-des-jahres-1.4821234>, Abruf am 21.01.2016.
- [OV15ü] Ohne Verfasser, Zulieferer und das Cyberrisiko, FAZ vom 27.11.2015, S. 20.
- [OV16a] Ohne Verfasser, Deutsche Bank soll Schummelsoftware benutzt haben, SPIEGEL ONLINE vom 15.01.2016; <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/deutsche-bank-soll-schummelsoftware-benutzt-haben-a-1072242.html>, Abruf am 21.01.2016.
- [OV16b] Ohne Verfasser, Deutschland und Amerika nähern sich in Sachen Industrie 4.0 an, FAZ vom 27.01.2016, S. 21.

- [OV16c] Ohne Verfasser, Digitalisierung bedroht Bürojobs, FAZ vom 18.01.2016, S. 21.
- [OV16d] Ohne Verfasser, Tiefe Verunsicherung über das Internet der Dinge, FAZ vom 23.01.2016, S. 24.
- [Pana95] Panagariya, A., China's Export Strategy, What We Can Learn From IT?, June 1995; <http://www.columbia.edu/~ap2231/Policy%20Papers/F&D-China-India-june95.pdf>, Abruf am 01.12.2015.
- [Paul14] Paul, H., Schöne neue Fabrikwelt, FAZ vom 12.07.2014, S. 19.
- [Peit15] Peitsmeier, H., Die mobile Zukunft, FAZ vom 08.12.2015, S. 26.
- [Plat15] Plattform Industrie 4.0 (Hrsg.), Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht, April 2015; <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF//industrie-40-verbaendeplattform-bericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, Abruf am 16.11.2015.
- [Plit15] Plitt, D., Schöne neue Arbeit?, HB vom 13.10.2015, S. 25.
- [Prom13] Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (Hrsg.), Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Frankfurt a. M. 2013.
- [Rous15] Rouse, M., Industrial Internet of Things (IIoT), 18.03.2015; <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>, Abruf am 19.01.2016.
- [Rürü16] Rürup, B., Digitalisierung als Chance, Handelsblatt vom 18.01.2016, S. 14.
- [Samu04] Samuelson, P. A., Where Ricardo and Mill Rebut and Confirm Arguments of Mainstream Economists Supporting Globalization, Journal of Economic Perspectives 18 (2004) 3, S. 135-146.
- [Saeu13] Sauer, O., Informationstechnik für den Maschinenbau der Zukunft, in: Bitkom, VDMA und ZVEI (Hrsg.), Zukunftsstrategie: Industrie 4.0, Sonderveröffentlichung 2013, S. 9.
- [Schee15] Scheer, A.-W., Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung, Whitepaper Nr. 5/2015 des AWSi, Saarbrücken 2015.
- [Schla15] Schlautmann, C., Google attackiert Reiseportale, HB vom 13.08.2015, S. 24.
- [Schmi15] Schmidt, H., Maschinen werden Kollegen sein – 25 Thesen zur Zukunft der digitalen Arbeit; <https://netzoekonom.de/2015/09/04>, Abruf am 05.10.2015.
- [Schul15] Schulz, T., Ich bin einfach Optimist, SPIEGEL Nr. 43/2015, S. 104-108, hier S. 106.
- [Somm15] Sommerhäuser, L., Transformation zum digitalen Unternehmen, IT Director Nr. 6/2015, S. 38.
- [Spat13] Spath, D. (Hrsg.), Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Studie des Instituts Fraunhofer IAO, Stuttgart 2013.
- [Steh15] Stehle, A., Steuerbescheid per E-Mail, HB vom 15.09.2015, S. 15.
- [Ste15] Steiner, A., Künstliche Intelligenz ist auf dem Vormarsch, FAZ.NET vom 15.12.2015.
- [Stpw14] strategy& und pwc (Hrsg.), Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, Broschüre, o.O. 2014.
- [Ungr15] Ungruhe, J., Von Bielefeld bis Bangladesch, IT Director Nr. 9/2015, S. 60-62.
- [Wank15] Wanka, J., Industrie 4.0 kommt, mit Sicherheit, FAZ vom 23.07.2015, S. 17.
- [Wedd16] Weddeling, B., Die fetten Jahre sind vorbei, Handelsblatt vom 25.01.2016, S. 28.
- [Wege14] Wegener, D., Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen für einen Global Player, in: Bauernhansl, T., ten Hompel, M. und Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden 2014, S. 343-358.
- [Weig94] Weigelt, M., Dezentrale Produktionssteuerung mit Agenten-Systemen, Wiesbaden 1994.
- [Wetz14] Wetzel, D., Eine Schicksalsfrage, Handelsblatt vom 26.11.2014, S. 13.
- [Woch13] Woche, M., Aufmarsch der Roboter, HB vom 08.04.2013, S. 1.
- [Woch15] Woche, M., Erste Schritte zur digitalen Revolution, HB vom 13.03.2015, S. 21.
- [Zets15] Zetsche, D., Fremde Systeme dürfen das Auto nicht steuern, HB vom 14.09.2015, S. 6.
- [Zies14] Ziesemer, B., Shinkansen der Lüfte, HB vom 06.10.2014, S. 24.