

Prof. Dr. Stefan Smolnik, Dr. Katharina Ebner

31951

Digitale Transformation

Einheit 1:

Konzepte und Technologien der digitalen Transformation

Fakultät für
**Wirtschafts-
wissenschaft**

Modul 31951

„Digitale Transformation“

Einheit 1: Konzepte und Technologien der digitalen Transformation

Einheit 2: Veränderte Wertschöpfung durch die Digitalisierung

Einheit 3: Digitalisierung von Städten und Verkehr

Einheit 4: Digitalisierung der Finanzbranche

Einheit 5: Nutzung, Adoption und Erfolg im Zeitalter der Digitalisierung

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Digitale Transformation als Chance und Herausforderung	1
1.2 Lernziele des Moduls und der Einheit.....	4
1.3 Wiederholung.....	4
1.4 Aufbau des Moduls und der Einheit.....	6
2 Die industriellen Revolutionen	8
2.1 Die erste und zweite industrielle Revolution	9
2.2 Die dritte industrielle Revolution	11
2.3 Die vierte industrielle Revolution	14
3 Informations- und Kommunikationstechnologien der vierten industriellen Revolution.....	17
3.1 Sensorik, Aktorik und Mikrocontroller.....	17
3.2 Maschine-zu-Maschine-Kommunikation.....	19
3.3 Cyberphysische Systeme.....	21
3.4 Internet der Dinge (und Dienste).....	23
3.5 Cloud-Computing	25
3.6 Fortschrittliche Datenanalytik und Big Data	29
3.7 Mobile Informations- und Kommunikationstechnologien.....	34
4 Industrie 4.0 und intelligente Dienste	37
4.1 Von der Fertigungshierarchie zur vernetzten Fertigung	37
4.2 Intelligente Produkte und Fabriken.....	43
4.3 Intelligente Dienste	46
5 Exkurs: IT-Sicherheit im Rahmen der digitalen Transformation	50
5.1 IT-Sicherheit.....	50
5.2 Datenschutz.....	54
5.3 Abschließende Betrachtung: Auswirkung von Technologien der digitalen Transformation auf IT-Sicherheit und Datenschutz.....	56
6 Literaturverzeichnis.....	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Reduktion von Integrationskosten zwischen virtueller und realer Welt durch Digitalisierung.....	3
Abbildung 2: Vereinfachte (unternehmensinterne) Wertschöpfungskette	5
Abbildung 3: Horizontale und vertikale Datenintegration.....	6
Abbildung 4: Die vier industriellen Revolutionen.....	9
Abbildung 5: Die Dampfmaschine von James Watt.....	10
Abbildung 6: Autos vom Fließband – Henry Ford setzte für die Produktion des Ford Model T das erste vollmechanisierte permanente Fließband ein	11
Abbildung 7: Beispiel für Computer Integrated Manufacturing – Fertigungsabläufe des Roboterarms werden vorab programmiert und können relativ leicht angepasst werden	12
Abbildung 8: Eine zunehmend dezentralisierte Informationsverarbeitung in der Produktion prägt die dritte industrielle Revolution.....	13
Abbildung 9: Intelligente cyberphysische Systeme arbeiten autonom und gemeinsam an der Fertigung eines Werkstücks	15
Abbildung 10: Schematischer Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung (Mikrocontroller)	18
Abbildung 11: Analoges Signal (grau) und das zugehörige digitale Signal (rot)	18
Abbildung 12: RFID-Tag	20
Abbildung 13: Augmented Reality in der Systemwartung	21
Abbildung 14: Beispiel der Problemlösung eines sehr einfachen CPS, wobei jeder der Steine eine Komponente des CPS darstellt.....	22
Abbildung 15: Ein Werker arbeitet im Team zusammen mit drei verschiedenen Robotern und einem Softbot; über Sprachsteuerung kann er bei Bedarf das CPS justieren.....	22
Abbildung 16: Die Top-10-Anwendungsbereiche des Internets der Dinge gemessen an aktuellen Projekten	23
Abbildung 17: Grundprinzip des Cloud-Computings	26
Abbildung 18: Automatisierungspyramide	38
Abbildung 19: Beispiel für ein Shopfloor-Managementsystem.....	39
Abbildung 20: Auflösung der klassischen Automatisierungspyramide in eine CPS-basierte Automation mit Cloud-Einsatz.....	41
Abbildung 21: Die Ebenen der Automatisierung in der Industrie 4.0	41
Abbildung 22: Beispiel für ein fahrerloses Transportsystem	44
Abbildung 23: Möglichkeiten intelligenter Dienste im Heimkontext.....	48
Abbildung 24: Angriffsmöglichkeiten auf Informationssysteme und -technologien	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der behandelten Inhalte in dieser Einheit	7
Tabelle 2: Eigenschaften intelligenter Objekte	24
Tabelle 3: Vergleich von SQL- und NoSQL-Datenbanken	32
Tabelle 4: Verschiedene Formen des Angriffs auf Informationssysteme	51
Tabelle 5: Zusammenfassende Gegenüberstellung der Technologien der digitalen Transformation und ihre Implikationen auf IT-Sicherheit und Datenschutz.....	56

Abkürzungsverzeichnis

BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BYOD	Bring Your Own Device
CIM	Computer-integrated Manufacturing
CPS	cyberphysisches System
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
DSL	Digital Subscriber Line
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EDV	elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise-Resource-Planning
EU	Europäische Union
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IAAS	Infrastructure-as-a-Service
IP	Internetprotokoll
IT	Informationstechnologie
IoS	Internet of Services/Internet der Dienste
IoT	Internet of Things/Internet der Dinge
LTE	Long Term Evolution
M2M	Maschine-zu-Maschine
NFC	Near Field Communication
NoSQL	Not Only SQL
PAAS	Platform-as-a-Service
RFID	Radio-Frequency Identification
ROM	Read-only Memory
SAAS	Software-as-a-Service
SMAC	soziale Medien, mobile IKT, fortschrittliche (Daten-)Analytik und Cloud-Computing
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WLAN	Wireless Local Area Network

1 Einleitung

It sounded bad to me. Digital. They have digital. What is digital? And it's very complicated, you have to be Albert Einstein to figure it out ... the digital costs hundreds of millions of dollars more money and it's no good.

Donald J. Trump, 45th President of the United States, 2017.

1.1 Digitale Transformation als Chance und Herausforderung

Seit Ende des 18. Jahrhunderts war die Wirtschaft drei größeren Disruptionen¹ ausgesetzt, die im Nachhinein als industrielle Revolutionen bezeichnet wurden (Lasi et al. 2014). Mit dem Aufkommen der sogenannten SMAC-Technologien (**s**oziale Medien, **m**obile Informations- und **k**ommunikationstechnologien (IKT), fortschrittliche (Daten-)A**na**lytik und **C**loud-Computing) wurde eine vierte Revolution ausgelöst, die eine bisher nicht da gewesene Welle der Digitalisierung in Unternehmen und der Gesellschaft mit sich brachte und weiterhin bringt sowie Innovationen und tief greifende Veränderungen befeuert (Grant et al. 2010): Zunächst wurde eine höhere Automation ausgelöst, indem Papier sukzessive durch digitale Technologien ersetzt wurde. Im nächsten Schritt etablierte sich das Internet zunehmend als globale Kommunikationsinfrastruktur, wodurch sich die Wertschöpfung vieler Unternehmen grundlegend änderte und völlig neue Geschäftsmodelle ermöglicht wurden. Heute beobachten wir, wie die verschiedenen SMAC-Technologien, unterstützt durch eine anhaltende Miniaturisierung von IKT bei gleichzeitig stetig steigender Rechenkraft, Speicherleistung und Übertragungsbandbreite, beinahe alle Bereiche unseres privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Lebens transformieren (Legner et al. 2017).

Das Thema Digitalisierung prägt nicht nur die Schlagzeilen verschiedener Medien. Es ist ein zentrales Thema für Entscheider in Unternehmen sowie für Politiker, aber auch für Privatmenschen, da ein stetig wachsender internationaler Wettbewerbsdruck sowie die Tertiarisierung² zu einem Zwang der Neugestaltung der Wirtschaft führen (Hamm 2012). Absehbar ist zudem, dass die beiden Trends zur Digitalisierung und Tertiarisierung miteinander verschmelzen werden (Bollhöfer et al. 2015). Aufgrund anhaltend moderater Produktivitätssteigerungen gilt die Umsetzung der vierten industriellen Revolution als wichtiges politisches Unterfangen, denn die Digitalisierung insbesondere der Industrie bietet das Potenzial, wieder höheres Wachstum zu erzielen (Lichtblau et al. 2015).

Viele der disruptiven Entwicklungen im Rahmen der digitalen Transformation werden dem E-Business oder der Industrie 4.0 zugeschrieben und gehen einher mit einer Vielzahl neuer Unternehmensstrategien und Geschäftsmodellen sowie einer Transformation bestehender Unternehmensbereiche bzw. Teilen der Wertschöpfungskette. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist ein sehr großer Online-Versandhandel:

¹ Eine Disruption bezeichnet eine umbruchartige und plötzliche Veränderung, Pousttchi 2018.

² Tertiarisierung bezeichnet die zunehmende Dienstleistungsorientierung der Industrie und Wirtschaft, Bollhöfer et al. 2015.

Fallbeispiel



Digitale Disruption: Der Fall Amazon



Kaum ein Unternehmen wird so häufig in Zusammenhang mit digitaler Disruption genannt wie Amazon. Amazon hat zunächst sehr erfolgreich den Büchereinzelhandelsmarkt angegriffen. Während verschiedene weitere Einzelhandelssegmente (z.B. Elektronik, Mode) schnell die Bedrohung durch Amazon erkannten und sich entschieden, mit Amazon zu kooperieren, um von deren Kundenreichweite zu profitieren, so hat insbesondere der Konsumgütereinzelhandel Amazon lange nicht als Bedrohung wahrgenommen. Zu lange, wie sich herausgestellt hat: Heute vertreibt Amazon praktisch jedes Produkt, das im Einzelhandel erhältlich ist – sogar Konsumgüter – und zwingt aufgrund seiner Marktreichweite selbst etablierte Franchises zu seinen Konditionen auf die Plattform.

Das Beispiel verdeutlicht: Für Unternehmen wird es zukünftig strategisch immer wichtiger werden, ein solides Verständnis digitaler Technologien und ihrer Möglichkeiten zu erlangen, um langfristig von ihnen zu profitieren und auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig zu bleiben. Infolgedessen orientieren sich viele Unternehmen um: von Produkten hin zu Dienstleistungen und Lösungen sowie seit ein paar Jahren hin zur Mitgestaltung des Kundenerlebnisses (engl. Customer Experience Co-Creation) (Grant et al. 2010). Die zugehörigen Fertigungsprozesse, Kundenbindungslösungen oder Marketingkanäle haben sich entsprechend teils sehr grundlegend gewandelt und weisen heute eine deutliche Durchdringung mit moderner Informationstechnologie (IT) auf. Gerade europäische Unternehmen werden dabei allerdings immer wieder dafür kritisiert, die digitale Transformation zu verzögern oder gar zu verpassen, und anstelle diese Transformation aktiv zu gestalten, den Neuerungen, die häufig aus dem amerikanischen und asiatischen Raum stammen, hinterherzulaufen (Lichtblau et al. 2015).

Digitalisierung und digitale Transformation

Zum besseren Verständnis des gesamten Moduls sollen hier zunächst die Begriffe Digitalisierung und digitale Transformation definiert werden. Digitalisierung kann grundsätzlich zwei verschiedene Bedeutungen haben:

Digitalisierung im ursprünglichen Sinn bezieht sich auf die Konvertierung analoger Signale in eine digitale Form (z.B. eine binäre Struktur). Der Digitalisierungsprozess entkoppelt Informationen von physikalischen Übertragungs- und Speichermedien sowie von Verarbeitungswerkzeugen. Der Begriff fokussiert somit auf die **technologische Perspektive** und ist sehr eng mit der klassischen Informatik verbunden (Hess 2018).

Digitalisierung im Sinne des vorliegenden Moduls bezieht sich stets auf die Übertragung von Aufgaben, die bisher vom Menschen übernommen wurden, auf ein Informationssystem. Während dieses Digitalisierungsprozesses findet eine (Teil-)Automatisierung von strukturierten (sich stets wiederholende, gleich ablaufende Prozesse, z.B. Gehaltsauszahlung), semi- oder unstrukturierten Prozessen (nicht geplante, spontane Prozesse, die nicht immer gleich ablaufen, z.B. Online-Banking einer Privatperson oder Wettbewerbsanalyse mittels Data Mining und künstlicher Intelligenz) durch moderne IKT statt. Der Begriff fokussiert somit auf die **soziotechnische Perspektive** und ist sehr eng mit der klassischen Wirtschaftsinformatik verbunden (Hess 2018).

Insbesondere getrieben durch die Politik und die Medien hat sich zudem der Begriff **digitale Transformation** etabliert, der den durch IKT (d.h. durch Digitalisierung im soziotechnischen Sinne) hervorgerufenen Wandel bezeichnet (Hess 2018). Typischerweise wird der Begriff im

engeren Sinne für die Teilmenge entsprechender Veränderungen von Unternehmen und Branchen verwendet, wobei zwischen den Dimensionen Leistungserstellung, Leistungsangebot und Kundeninteraktion unterschieden werden kann (Pousttchi 2018).

Die Grundlage zahlreicher neuer oder veränderter Geschäftsmodelle im Rahmen der digitalen Transformation bilden die Technologien der vierten industriellen Revolution (siehe Abschnitt 2.3 bzw. Kapitel 3), da sie eine durchgängige Verbindung zwischen der physischen und der digitalen Welt ermöglichen (siehe Abbildung 1). Klassische Medienbrüche, d.h. der Wechsel zwischen physischen und digitalen Medien durch manuelle oder halbautomatische Datenerfassung werden so sukzessive vermindert bzw. vermieden und Integrationskosten reduziert (Fleisch und Thiesse 2018, S. 1).

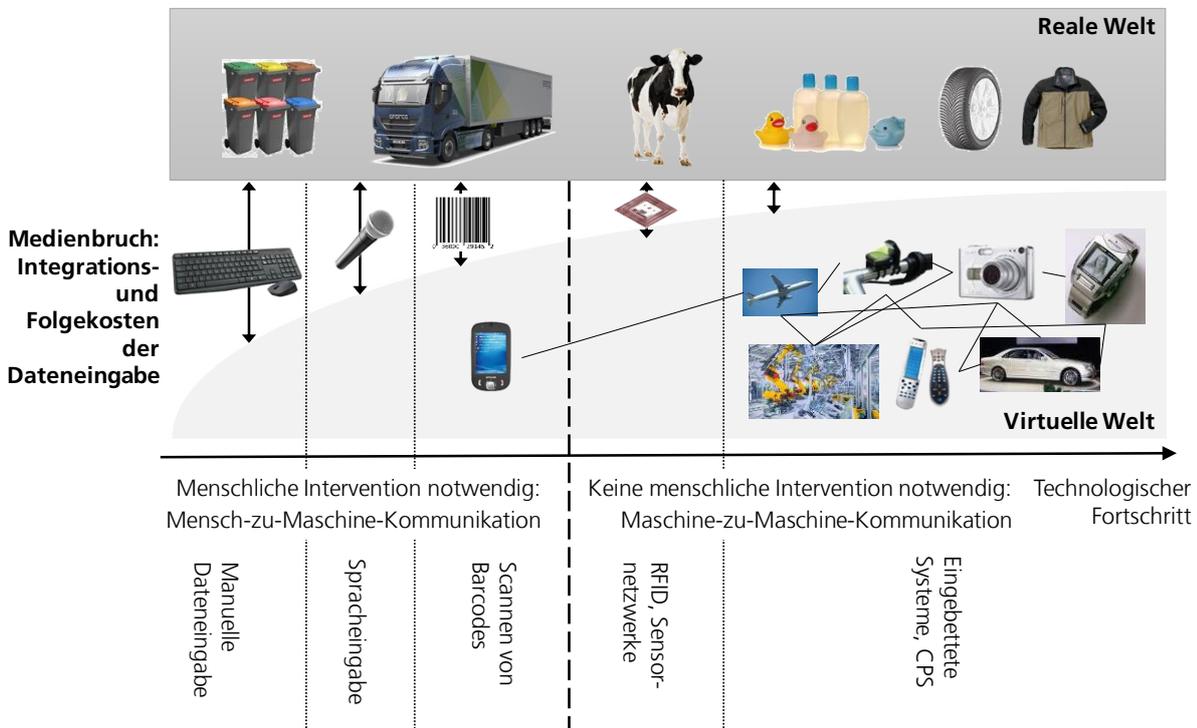


Abbildung 1: Reduktion von Integrationskosten zwischen virtueller und realer Welt durch Digitalisierung (angelehnt an Fleisch et al. 2005, S. 8)

Ein Beispiel dafür, wie die digitale Transformation in einem Unternehmen vollzogen wird, liefert das folgende Fallbeispiel:

Digitale Transformation durch Experimente: Der Fall Webasto



Der Automobilzulieferer Webasto beschäftigt weltweit 15.000 Mitarbeiter an 50 Produktionsstandorten und hat 2017 einen Jahresumsatz von 3,4 Milliarden Euro erwirtschaftet. Das Unternehmen verzichtet gänzlich auf ein vom Management aufgesetztes Digitalisierungsprogramm. Stattdessen wird auf zeitlich, organisatorisch und fachlich gut abgegrenzte Digitalisierungsexperimente, ein Bottom-up-Vorgehen sowie einen engen Austausch mit den Fachabteilungen gesetzt: Gemeinsam wird überlegt, wo Digitalisierung sinnvoll „geübt“ werden könnte und wo sie den größten Nutzen für die Organisation entfaltet. Auf diese Weise

Fallbeispiel



sollen die weltweit verteilten Produktionsstätten voneinander lernen: Best Practices aus erfolgreichen Experimenten werden weitergegeben; Fehler haben aufgrund der klaren Abgrenzung nur einen beschränkten Einfluss auf andere Bereiche und lassen sich gut korrigieren. Durch die schrittweise und isolierte Umsetzung bleiben die Kosten gut steuerbar. Die größte Herausforderung besteht bei diesem Vorgehen dann weniger in der technischen Umsetzung als vielmehr im Wissenstransfer zwischen einzelnen Bereichen und Standorten. Auch die Qualität der zu digitalisierenden Prozesse spielt eine zentrale Rolle: „Dumm bleibt dumm“, warnte daher kürzlich der IT-Leiter des Automobilzulieferers: Schlecht strukturierte Prozesse werden durch Digitalisierung zwar schneller und transparenter, aber nicht zwangsläufig auch besser. (Quelle: Mesmer 2017)

Es ist festzuhalten, dass die erfolgreiche Umsetzung der disruptiven Veränderungen, die sowohl in der Wirtschaft als auch in der Gesellschaft anstehen, für den Erhalt des Produktionsstandorts Deutschland essentiell sind. Die Tatsache, dass die Mehrzahl der Industrieunternehmen, deren Mitarbeiter und Entscheidungsträger – als aktive Gestalter des Wirtschaftsstandorts Deutschlands – erhebliche Wissenslücken bezüglich Digitalisierung und Industrie 4.0 aufweisen, muss folglich als problematisch angesehen werden (Lichtblau et al. 2015).

1.2 Lernziele des Moduls und der Einheit

Dieses Modul leistet einen Beitrag zur Schließung der oben genannten Wissenslücke, indem die tradierten Informationssysteme in Wirtschaft und Gesellschaft im Kontext der digitalen Transformation beleuchtet werden. Es soll insbesondere ein Verständnis generiert werden, wie sich die Wertschöpfung durch die Digitalisierung bereits verändert hat und weiter verändern wird. Insbesondere im Rahmen der dritten Einheit sollen zudem das kritische Denken und die Problemlösefähigkeiten der Studierenden im Rahmen einer strukturierten, fallbasierten Gruppenarbeit gefördert werden.

Diese Einheit wird dazu grundlegende Konzepte wiederholen und einführen. Ein Fokus der Einheit liegt auf dem Konzept Industrie 4.0. Studierende werden dazu einerseits Wissen zur historischen Entwicklung der vierten industriellen Revolution aufbauen, als auch die wesentlichen Technologien und Konzepte kennenlernen, welche der vierten industriellen Revolution und der digitalen Transformation zugrunde liegen. Zudem werden sie einen Einblick erhalten, wie Industrie 4.0 und die Digitalisierung bereits heute die industrielle Fertigung verändert hat und weiter verändern wird. In einem Exkurs zu IT-Sicherheit werden die Studierenden zudem einen Einblick in die Konsequenzen der Digitalisierung hinsichtlich IT-Sicherheit und Datenschutz erhalten.

1.3 Wiederholung

Um die mit der digitalen Transformation einhergehenden Veränderungen korrekt einordnen zu können, seien hier noch die folgenden betriebswirtschaftlichen Begrifflichkeiten wiederholt:

Wertschöpfungsprozess, Wertschöpfungskette, betriebliche Wertschöpfung

Unter einem **Wertschöpfungsprozess** (wertschöpfenden Prozess) wird im Kontext dieses Lehrbriefs „die in einem sachlogischen Zusammenhang stehende, zeitliche Aneinanderreihung von inhaltlich unterschiedlichen Aktivitäten zur Schaffung eines Mehrwertes“ für den Kunden verstanden (Töpfer

2007, S. 483). Demnach bezeichnet der Wertschöpfungsprozess einen Vorgang bzw. einen Ablauf oder Fluss unternehmerischer Tätigkeiten. Die Wertschöpfung besteht in dem Mehrwert, den dieser Prozess hervorbringt, und ist gleichzeitig Ziel des Prozesses (Töpfer 2007).

Hintergrund dieser bereits in den 1930er Jahren aufkommenden Sichtweise ist, dass es sich beim Betrieb eines Unternehmens um einen fortwährenden Prozess handelt, d.h. einer ununterbrochenen Leistungskette, dessen klare Gliederung anzustreben ist, z.B. in Form einer **Wertschöpfungskette** (siehe Abbildung 2). Diese gliedert den gesamtunternehmerischen Wertschöpfungsprozess demnach in verschiedene Unternehmensbereiche (Töpfer 2007). Wird allgemein von **betrieblicher Wertschöpfung** gesprochen, so bedeutet dies, dass ein Mehrwert für einen Kunden durch diverse unternehmerische Aktivitäten zur Erzielung von Gewinnen erschafft wird.



Abbildung 2: Vereinfachte (unternehmensinterne) Wertschöpfungskette

Der Fokus betrieblicher Informationssysteme liegt traditionell nicht in erster Linie auf der betrieblichen Wertschöpfung, sondern auf den Daten- und Informationsflüssen, die der betrieblichen Wertschöpfung zugrunde liegen. Diese Daten- und Informationsflüsse werden sehr häufig nicht als Kette, sondern als Pyramide dargestellt (siehe Abbildung 3). Diese Pyramide, die eine prozessorientierte, organisatorische Betrachtungsweise betrieblicher Informationssysteme erlaubt, gilt als das Standardmodell der integrierten betrieblichen Informationsverarbeitung (Mertens et al. 2012). Dieses Modell der integrierten betrieblichen Informationsverarbeitung schafft einen nahtlosen Informationsfluss zwischen den horizontal logisch aufeinanderfolgenden Unternehmensbereichen (Forschung & Entwicklung, Beschaffung, Produktion, Vertrieb) einerseits und den vertikal über alle Unternehmensebenen hinweg verlaufenden Funktionen und Aufgaben andererseits. Jeder Ebene werden dabei bestimmte Aufgaben zugewiesen, die mittels entsprechender betrieblicher Informationssysteme erfüllt werden sollen³. Je nach Betrachtungsfokus wird die horizontale oder vertikale Integration unterschieden:

Horizontale und vertikale Integration

Horizontale Integration beschreibt die Integration der Informationsverarbeitung entlang aufeinanderfolgender Bereiche im Rahmen der Wertschöpfungskette, d.h. entlang des Leistungserstellungsprozesses der Unternehmensbereiche.

Vertikale Integration bezeichnet hingegen die Integration der Informationsverarbeitung über verschiedene Unternehmensebenen (i.S.v. Aufbauorganisation) hinweg.

³ Hinsichtlich einer detaillierteren Einführung der verschiedenen Arten von Informationssystemen der Abbildung 3 sei auf das Modul „Einführung in die Wirtschaftsinformatik“, Einheiten 4 und 5 verwiesen.

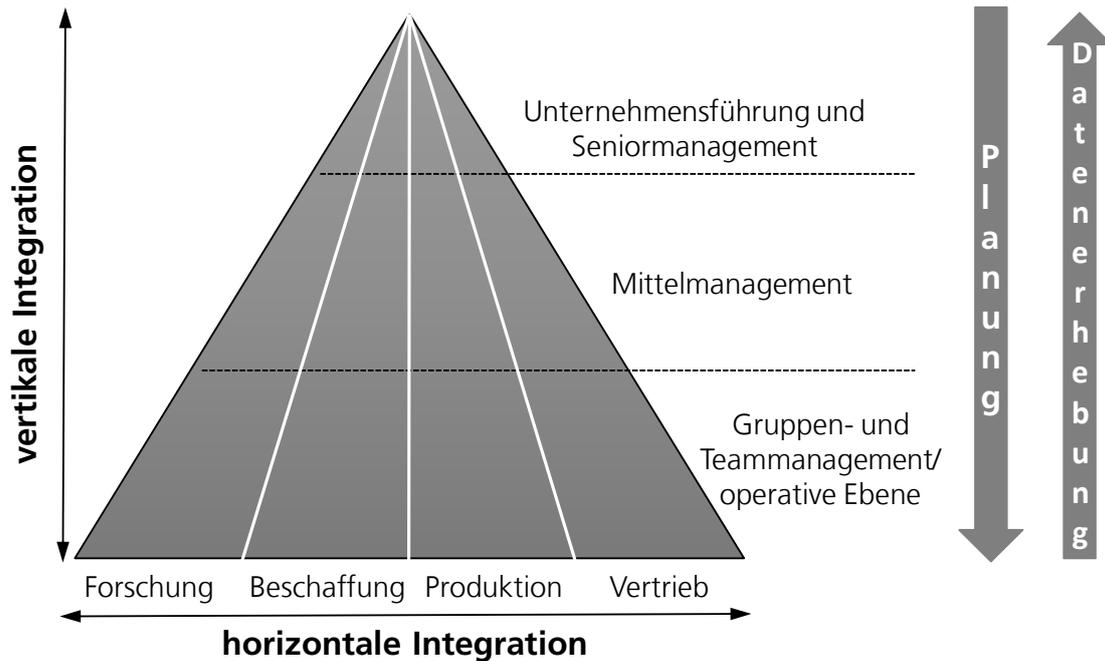


Abbildung 3: Horizontale und vertikale Datenintegration (angelehnt an Mertens et al. 2012, S. 91)

1.4 Aufbau des Moduls und der Einheit

Das vorliegende Modul gliedert sich in fünf Einheiten, die nachfolgende Themen behandeln:

1. **Konzepte und Technologien der digitalen Transformation:** Was sind Digitalisierung und Industrie 4.0 und wie wirken sie sich auf die Wertschöpfung in Unternehmen aus? Wie verändert sich die Wertschöpfung, v.a. in der Produktion?
2. **Veränderte Wertschöpfung durch die Digitalisierung:** Wie verändert sich die klassisch eingesetzten Informationssysteme entlang der Wertschöpfungskette nach Porter (1985)? Welche Weiter- und Neuentwicklungen dieser Informationssysteme ermöglicht die Digitalisierung?
3. **Digitalisierung von Städten und Verkehr:** Was bedeuten die Konzepte „Smart City“ und „Smart Mobility“? Wie verändert die digitale Transformation das gesellschaftliche Leben?
4. **Digitalisierung der Finanzbranche:** Wie verändern FinTechs die Finanzbranche? Welche disruptiven Entwicklungen sind durch die Blockchain-Technologie zu erwarten?
5. **Nutzung und Erfolg von Informationssystemen im Zeitalter der Digitalisierung:** Warum scheitert technologischer Fortschritt häufig am Menschen? Was ist Technologieakzeptanz, Adoption und Post-Adoption? Wie können neue Technologien eingeführt werden, damit die Ablehnung möglichst gering ist?

In der dritten Einheit werden die Studierenden im Rahmen einer strukturierten, fallbasierten Gruppenarbeit die Lerninhalte selbstständig erarbeiten und anderen Studierenden präsentieren.

Die Struktur der Einheit 1 ist in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 1: Übersicht der behandelten Inhalte in dieser Einheit

Kapitel	Inhalt	Literaturempfehlung
2 Die industriellen Revolutionen	<ul style="list-style-type: none"> • Die erste und zweite industrielle Revolution • Die dritte industrielle Revolution • Die vierte industrielle Revolution 	Hahn 2011; Buchheim 1997; Warnecke 1993
3 Informations- und Kommunikationstechnologien der vierten industriellen Revolution	<ul style="list-style-type: none"> • Sensorik, Aktorik und Mikrocontroller • Maschine-zu-Maschine-Kommunikation • Cyberphysische Systeme • Internet der Dinge (und Dienste) • Cloud-Computing • Fortschrittliche Datenanalytik und Big Data • Mobile Informations- und Kommunikationstechnologien 	Siepmann 2016a; Alpar et al. 2016; Laudon et al. 2016
4 Industrie 4.0 und intelligente Dienste	<ul style="list-style-type: none"> • Von der Fertigungshierarchie zur vernetzten Fertigung • Intelligente Produkte und Fabriken • Intelligente Dienste 	Bauernhansl et al. 2014; Kagermann et al. 2013; Lasi et al. 2014; Bischoff et al. 2015
5 Exkurs: IT-Sicherheit im Rahmen der digitalen Transformation	<ul style="list-style-type: none"> • IT-Sicherheit • Datenschutz • Abschließende Betrachtung: Auswirkung von Technologien der digitalen Transformation auf IT-Sicherheit und Datenschutz 	Eckert 2018; Laudon et al. 2016

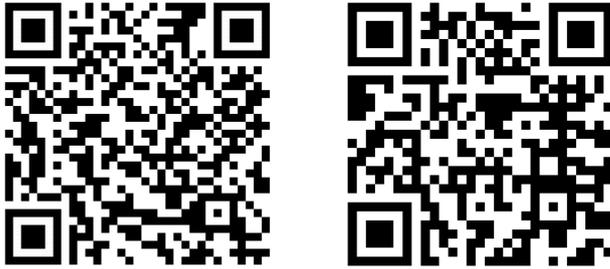
Übungsaufgaben

1. Lösen Sie die Aufgabe „Digitalisiert!“ in Moodle.
2. Webasto nutzt einen Bottom-up-Prozess für seine digitale Transformation. Welche Risiken könnte ein solches Vorgehen mit sich bringen?

Übung



2 Die industriellen Revolutionen



Die industrielle Produktion wurde im Laufe ihrer Zeit von mehreren disruptiven Phasen geprägt, die jeweils nachträglich als industrielle Revolutionen bezeichnet wurden (Lasi et al. 2014). Dabei wirkte der technologische Fortschritt über Jahrhunderte als Treiber für diese Disruptionen (Warnecke 1993). Die Technologiesprünge waren oftmals unvorhersehbar, brachten radikale Umwälzungen für Gesellschaftsstrukturen mit sich und hatten erheblichen Einfluss auf den menschlichen Wohlstand. Das beinahe inflationäre Aufkommen von neuen und nützlichen technischen Innovationen ist dabei häufig allerdings nicht nur eine Folge neuer technologischer Erkenntnisse. Typischerweise entstehen als Folge des technologischen Fortschritts neue Bedürfnisse oder zu bewältigende technologische Herausforderungen, die es zu lösen gilt (Hahn 2011).

Viele Wirtschaftshistoriker sprechen bislang von drei industriellen Revolutionen, die sich seit dem 18. Jahrhundert vollzogen haben, und bezeichnen diese als nichtzyklische Veränderungen, welche die Wirtschaft grundlegend reformieren und die nicht nur auf üblichen Schwankungen beruhen (Buchheim 1997). Einige Autoren (z.B. Kiesewetter 2004) kritisieren eine derartige Einteilung jedoch als zu simplizistisch, da es keine einheitlichen Kriterien zur klaren Identifizierung und Abgrenzung einer industriellen Revolution gibt. Bis heute ist daher umstritten, wie viele Industrierevolutionen letztendlich stattgefunden haben. Für den weiteren Verlauf dieses Moduls wird angenommen, dass es wirtschaftshistorisch derartige Revolutionen gegeben hat. Folgendes, vereinfachtes Verständnis einer industriellen Revolution liegt dabei zu Grunde:

Eine **industrielle Revolution** bezeichnet einen raschen Wandel von Produktionstechniken und, daraus abgeleitet, von wirtschaftlich-gesellschaftlichen Strukturen (Voigt 2018a).

Allgemein wird inzwischen von einer *ersten industriellen Revolution* im 18. Jahrhundert (Mechanisierung), von einer *zweiten industriellen Revolution* um die Wende des 19. zum 20. Jahrhunderts (Elektrifizierung und Fließbandfertigung), von einer *dritten industriellen Revolution* (Automatisierung und Computerisierung) in der Mitte des 20. Jahrhunderts sowie von einer *vierten industriellen Revolution* (Digitalisierung und Vernetzung) gesprochen, die aktuell vollzogen wird. Diese sollen in den folgenden Abschnitten näher betrachtet werden. Eine Übersicht der Entwicklungen findet sich in Abbildung 4.

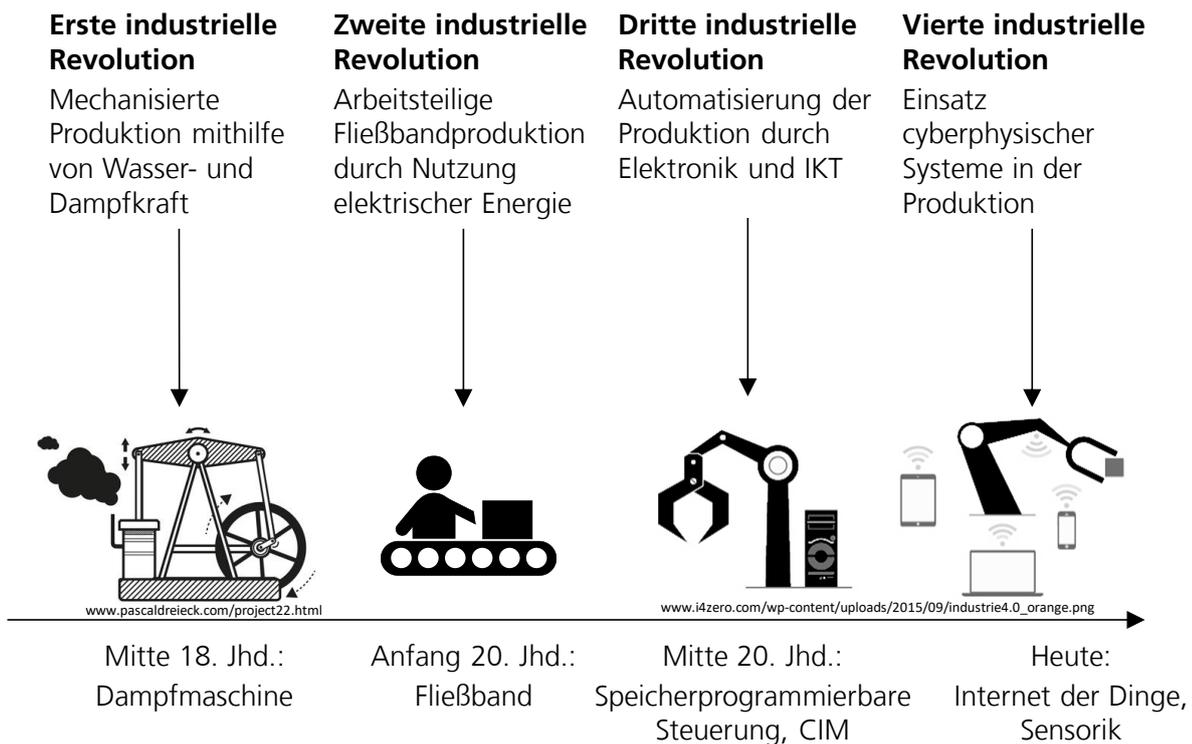


Abbildung 4: Die vier industriellen Revolutionen

2.1 Die erste und zweite industrielle Revolution

Die erste industrielle Revolution markierte den gesellschaftlichen Wandel von der Agrar- zur Industriegesellschaft. Eine kontinuierliche Einführung von mechanischen Produktionsanlagen seit Mitte des 18. Jahrhunderts führte zur ersten industriellen Revolution (Warnecke 1993), auch bekannt als das **Maschinenzeitalter** oder **Zeitalter der Mechanisierung**. Die Häufung entsprechender Patentanmeldungen zu dieser Zeit belegen diesen Umstand (Buchheim 1997). Häufig wird als Ausgangspunkt dieser Revolution die Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt im Jahr 1782 (siehe Abbildung 5) sowie die Nutzung von Kohle als Energiequelle genannt. Naturkräfte (Wind, Wasser) sowie Nutztiere (Pferde, Ochsen) wurden zunehmend durch Maschinen ersetzt und menschliche Handarbeit durch mechanische Anlagen in allen wichtigen Produktionsbereichen verdrängt (Hahn 2011). Eisen löste Holz als zentralen Werkstoff ab (Buchheim 1997). Drehbänke, Hobel- und Fräsmaschinen, Bohr- sowie Walzwerke wurden in dieser Zeit entwickelt. Angetrieben wurden diese dann zumeist von einer zentralen Dampfmaschine. Auch die Erfindung des mechanischen Webstuhls wird häufig als wichtiger Meilenstein genannt, welcher der Maschinenteknik endgültig zum Durchbruch verhalf. Die darauffolgende Massenproduktion von Textilien veränderte die Wirtschaft und Technik nachhaltig. Der zeitliche Abstand zwischen den Veränderungen verringerte sich exponentiell (Warnecke 1993).

**Maschinenzeitalter/
Zeitalter der
Mechanisierung**

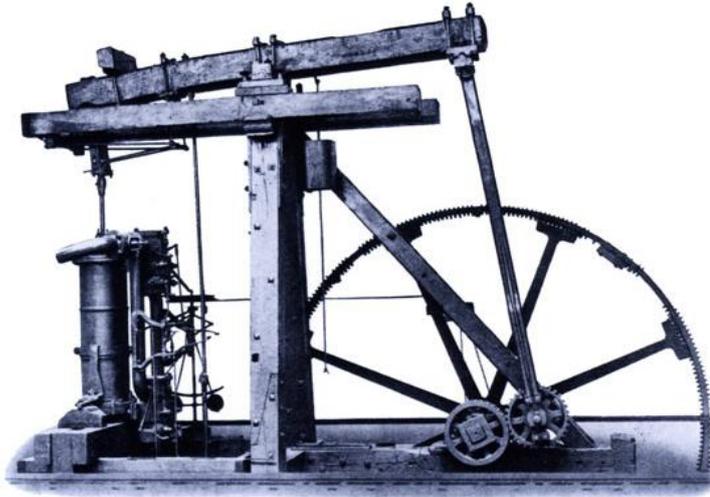


PLATE XII. THE "LAP" ENGINE, 1788
Courtesy of the Science Museum

Abbildung 5: Die Dampfmaschine von James Watt⁴

**Elektrifizierung,
Massenproduktion
und Fließband-
fertigung,
Prozessindustrie**

1936 sprach der französische Soziologe Georges Friedmann⁵ erstmals von einer zweiten industriellen Revolution. Er datierte den Beginn dieser Revolution auf den Anfang des 20. Jahrhunderts. Durch die Fortschritte in der Metallurgie wurde die Fähigkeit gewonnen, Stahl und andere Metalle herzustellen; durch den Abbau von Erdöl konnten Petroleum und Benzin gewonnen werden (Beckenbach 1991). Insbesondere Letzteres führte zusammen mit der Erfindung der Verbrennungskraftmaschine (Rudolf Diesel 1892), des Dynamos und des Elektromotors zu einer Dezentralisierung der Antriebe für die Produktionstechnik (Warnecke 1993). Anstelle einer zentralen Dampfmaschine als Energiequelle war es nun möglich, durch die neuartige Energieversorgung an jedem Arbeitsplatz die Produktivität der Arbeitskraft mittels Kraftmaschinen zu steigern. Als direkte Folge dieser Neuerung wurde die Verknüpfung von bis dahin voneinander losgelösten Bearbeitungsschritten in der Güterherstellung möglich. Die so entstehende industrielle Nutzbarmachung der Elektrizität (**Elektrifizierung**) sowie die Einführung der arbeitsteiligen **Massenproduktion** bzw. **Fließbandfertigung** (siehe Abbildung 6) gelten daher heute als ausschlaggebende Entwicklungen während der zweiten industriellen Revolution (Beckenbach 1991). Insbesondere vom Prinzip der Massenfertigung blieb letztendlich keine Branche unbeeinflusst, sodass diese sich mehr oder weniger tiefgreifend durchsetzte (Warnecke 1993). Weiterhin ermöglichten diese Entwicklungen auch die Etablierung der **Prozessindustrie**, die Stoffe und Materialien in chemischen, physikalischen, biologischen oder weiteren technischen Prozessen und Verfahren zu anderen industriellen Produkten umformt (Beckenbach 1991).

⁴ Quelle: www.deutsches-museum.de/uploads/pics/017_dampfmaschine_600.jpg

⁵ Friedmann, G. (1936). *La crise du progrès. Esquisse d'histoire des idées, 1885-1935*. Paris: Gallimard.

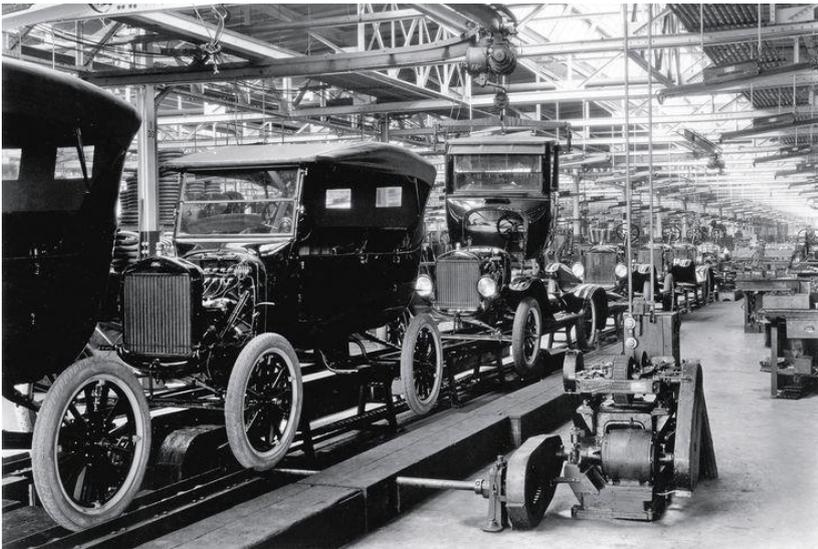


Abbildung 6: Autos vom Fließband – Henry Ford setzte für die Produktion des Ford Model T das erste vollmechanisierte permanente Fließband ein⁶

In der Gesamtheit führten die Neuerungen zu beträchtlichen Einsparungen bei den Betriebskosten und erlaubten eine Erhöhung der Arbeiterlöhne – der Lebensstil industrieller Staaten entwickelte sich hin zu einer Wohlstands- und Konsumgesellschaft (Feld et al. 2012). Infolge entstanden auch die ersten internationalen Aktiengesellschaften (Feld et al. 2012).

2.2 Die dritte industrielle Revolution

Während der dritten industriellen Revolution wurden Menschen in den Werkshallen zunehmend durch Industrieroboter ersetzt. Möglich wurde dies durch die Entwicklung des Mikroprozessors, der eine speicherprogrammierbare Steuerung (Mikrocontroller⁷) ermöglichte (Warnecke 1993). Bis dahin wurden Fertigungsanlagen „festverdrahtet“ verbindungsprogrammiert gesteuert, wodurch Anpassungen an den Fertigungsabläufen nur mit sehr großem Aufwand umsetzbar waren. Die Verwendung von Elektronik und IKT, beispielsweise zur elektronischen Datenverarbeitung (EDV), verbreitete sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zunehmend und führte zu einer weiteren Steigerung von **automatisierten Produktionsabläufen**. Weitere durch Mikroelektronik aufkommende Erfindungen (z.B. Computer, Industrieroboter, Netzwerktechnik) führten zur **Computerisierung** und zur Idee einer vollautomatisierten Fabrik, dem **Computer-integrated Manufacturing (CIM)** (siehe Abbildung 7), die ursprünglich vor allem dadurch geprägt war, dass der Mensch in computergestützten und automatisierten Produktionsabläufen ausgegrenzt wurde. Als Folge davon verschob sich die Betrachtungsweise von der reinen Umsetzung der Fertigung hin zu einer prozessorientierten Sicht und Optimierungsbestrebungen der Fertigungsabläufe (Scheer et al. 2005).

**Automatisierung
und Computerisierung,
Computer-integrated
Manufacturing**

⁶ Quelle: imgr4.auto-motor-und-sport.de/Fließband-T4-fotoshowBig-cb475100-670290.jpg

⁷ Ein Mikrocontroller ist ein Mikroprozessor inkl. der zugehörigen Peripherie.



Abbildung 7: Beispiel für Computer Integrated Manufacturing – Fertigungsabläufe des Roboterarms werden vorab programmiert und können relativ leicht angepasst werden⁸

In den 1990er Jahren geriet das CIM-Konzept erstmals in die Kritik. Der Fokus der Unternehmen richtete sich zunehmend auf die Kunden selbst, d.h. auf das Marktgeschehen und weniger auf die Automatisierungsprozesse, sodass unter dem globalen Wettbewerbsdruck die Unternehmen immer schneller und flexibler auf die sich wechselnden Kundenwünsche reagieren mussten. Das CIM-Konzept war aufgrund der Ausrichtung auf Produktivitätssteigerung durch maximale Automatisierung hierfür nicht geeignet (Soder 2014). Aus diesem Grund setzten sich zunehmend Konzepte der Lean Production⁹ durch. In der Folge entstanden modernere CIM-Konzepte, die versuchten, mittels weiterer EDV-Elemente, zugeschnitten auf die jeweils relevanten Unternehmensbereiche, die Komplexität von bestehenden CIM-Systemen zu reduzieren (Soder 2014).

Aus heutiger Sicht lässt sich zusammenfassen, dass sich das CIM-Konzept, so wie es ursprünglich konzipiert wurde, aufgrund einer unzureichenden Leistungsfähigkeit der damaligen IT, die zu strukturell bedingter Inflexibilität und überhöhter Komplexität der Systeme führte, nie wirklich durchsetzen konnte. Zudem war die Sensortechnik zur Datenerhebung und -verarbeitung damals nicht zu rentablen Preisen erhältlich, sodass der Kostenfaktor und die Wirtschaftlichkeit ebenso entscheidend für ein Scheitern waren (Siepmann 2016a). Es wurde letztlich „eine überzüchtete, teure Produktion geschaffen, die nur noch schwer beherrschbar war“ (Soder 2014, S. 86), sodass der anfänglichen CIM-Euphorie aus den 1980er Jahren die Ernüchterung bei vielen Unternehmen in den 1990er Jahren folgte.

⁸ Quelle: cdn.me-mechanicalengineering.com/wp-content/uploads/2016/02/computer-integrated-manufacturing-lab.jpg

⁹ Unter Lean Production wird der sowohl sparsame als auch zeiteffiziente Einsatz der Produktionsfaktoren Betriebsmittel, Personal, Werkstoffe, Planung und Organisation im Rahmen aller Unternehmensaktivitäten verstanden, Voigt 2018b.

Rückblickend kann dem CIM-Konzept aber dennoch der positive Effekt eines großen Technologieschubs attestiert werden, der die deutsche Industrie insgesamt zu weltweitem Erfolg führte und bis heute prägt. Die Zusammenführung des CIM-Konzepts mit den Arbeitsgestaltungsmaßnahmen der Lean Production beeinflusste maßgeblich die heute vorherrschenden automatisierten Prozesse in der Industrie und gilt letztlich als Ursprung des aktuell diskutierten Konzepts der Industrie 4.0 (Siepmann 2016a). Ein wesentlicher Aspekt dieser Entwicklung ist dabei die fortschreitende Dezentralisierung der Fertigungssteuerung bedingt durch kontinuierliche Weiterentwicklung der Mikroelektronik. Einen Überblick über die Entwicklungen ist in Abbildung 8 dargestellt.

Zunehmende Dezentralisierung der Fertigungssteuerung

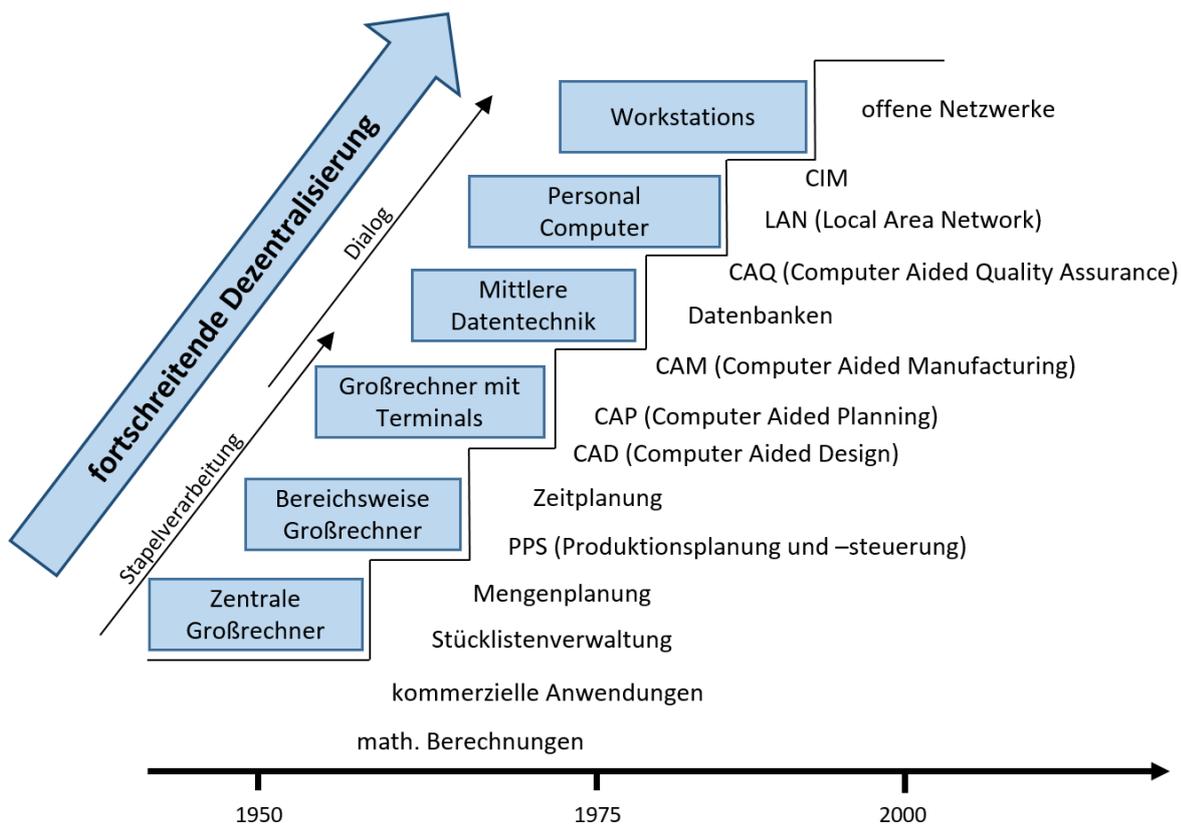


Abbildung 8: Eine zunehmend dezentralisierte Informationsverarbeitung in der Produktion prägt die dritte industrielle Revolution (in Anlehnung an Warnecke 1993, S. 34)

Gesamtgesellschaftlich betrachtet kann die stetig wachsende Durchdringung aller Lebensbereiche mit IKT als kennzeichnend für den Übergang vom Industrie- zum Informationszeitalter bezeichnet werden (Picot et al. 2001). Gegen Ende des 20. Jahrhunderts ermöglichte die fortschreitende Verbreitung und Weiterentwicklung des Internets die Schaffung neuer Dienstleistungen und Unternehmensformen („New Economy“): „Der Wandel zur Informationsgesellschaft [...] sowie die Verschärfung des Wettbewerbs durch zahlreiche Anbieter stärken die Position des Käufers und machen den Kundennutzen zum bestimmenden Faktor für den Markterfolg eines Unternehmens“ (Picot et al. 2001, S. 5–6). Eine an Kunden ausgerichtete betriebliche Wertschöpfung stand demnach fortan im Zentrum unternehmerischer Tätigkeiten.

Übergang vom Industrie- zum Informationszeitalter

2.3 Die vierte industrielle Revolution

Wie zu Beginn des Kapitels dargestellt, ist die Anzahl der bisher stattgefundenen Industrierevolutionen strittig. Besonders im angelsächsischen Raum und auf Ebene der Europäischen Union (EU) ist im Zusammenhang mit dem Trend zur Digitalisierung häufig von einer dritten industriellen Revolution die Rede. Bei dieser Zählweise wird dann entweder die zweite industrielle Revolution der ersten zugeordnet oder die dritte industrielle Revolution wird nicht als (eigenständige) Revolution aufgefasst (vgl. Kagermann et al. 2013, S. 71). Umstritten ist heute in ähnlicher Weise die Auffassung, dass der Industrie überhaupt eine vierte Revolution bevorsteht (z.B. Ahrens 2012). Dies liegt einerseits an dem Umstand, dass dieses Mal im Vorfeld eine Industrierevolution angekündigt wird und deshalb die Auswirkungen dieser zunächst nur theoretisch zu Ende gedacht werden können. Andererseits herrscht, wie bereits erwähnt, generell Unstimmigkeit unter Wirtschaftshistorikern, was genau eine Industrierevolution auszeichnet. Die Frage, ob die Welt am Anfang einer vierten industriellen Revolution steht, war eines der zentralen Themen auf dem Weltwirtschaftsforum in Davos 2016. Dort stimmte die Mehrheit der Teilnehmenden dieser Einschätzung zu (Parker und Thomson 2016).

Digitalisierung und Vernetzung der Produktion, Internet der Dinge, cyberphysische Systeme

Vielfach wird eine zunehmende **Digitalisierung und Vernetzung der Produktion**, ermöglicht durch moderne **Sensorik** und das **Internet der Dinge** (bzw. das Internet der Dienste), als ausschlaggebend für den Beginn der vierten industriellen Revolution gewertet (z.B. Kagermann 2014; Kagermann et al. 2013; Soder 2014). Das Internet der Dinge wurde durch die stetig fortschreitende

Miniaturisierung der Elektronik, die Steigerung der Leistungsfähigkeit von Computern und Speichermedien sowie dem signifikanten Preisverfall und der Verfügbarkeit der benötigten technischen Mittel realisierbar. Ein zentrales Konzept in diesem Zusammenhang ist die internetbasierte Vernetzung von Informationen, Menschen und „intelligenten“ bzw. „smarten“ Objekten (z.B. Anlagen, Roboter, Produkte). „Intelligent“ werden diese Objekte, indem sie zu eindeutig identifizierbaren physischen Objekten mit einer virtuellen Repräsentation im Internet oder einer internet-ähnlichen Struktur werden. Ein solches Netzwerk intelligenter Objekte wird als **cyberphysisches System** (CPS) bezeichnet (Abbildung 9). Die Identifikation erfolgt automatisiert beispielsweise mittels eines Sender-Empfänger-Systems auf Basis elektromagnetischer Wellen („Radio-Frequency Identification“, RFID) (Kagermann et al. 2013). **Sensor- und Aktortechnologien** erweitern die Funktionalität um die Erfassung (Sensor) von Zuständen bzw. die Ausführung (Aktor) von Aktionen (Kagermann et al. 2013). Diese Technologien werden im nachfolgenden Kapitel vertieft.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen cyberphysischen Systemen und klassischen Produktionsanlagen besteht darin, dass Letztere in der Vergangenheit in einer streng hierarchisierten IT-Landschaft isoliert voneinander agierten und Produktionsressourcen lediglich passive Objekte darstellten. Durch die heutige moderne Technologie erhalten Produktionsanlagen die Fähigkeit, in einem Netzwerk eigenständig Informationen per mobiler Datenübertragung (z.B. im Internet der Dinge) untereinander auszutauschen und somit im Verbund selbstorganisiert zu arbeiten (Lasi et al. 2014). Es findet damit eine Übertragung der Intelligenz und Entscheidungsgewalt statt: von einer isolierten Arbeitsstation auf ein Kollektiv aller am Produktionsprozess beteiligten intelligenten Stationen und Systeme. Es entsteht somit eine Art Schwarmintelligenz, die selbstständig komplexere Aufgabenstellungen lösen kann (Chen et al. 2016). Folglich können

auch planerische Aufgaben wie die Produktionsplanung und -steuerung auf dieses Kollektiv intelligenter Maschinen übertragen werden.



Abbildung 9: Intelligente cyberphysische Systeme arbeiten autonom und gemeinsam an der Fertigung eines Werkstücks¹⁰

Insbesondere im deutschsprachigen Raum wird die vierte industrielle Revolution häufig mit dem Konzept Industrie 4.0 gleichgesetzt. Dabei haben die zugehörigen Entwicklungen – wie in früheren industriellen Revolutionen auch – bislang vor allem zur Entstehung einer Vielzahl neuer Geschäftsmodelle geführt und es ist absehbar, dass dieser Trend anhalten wird. Im weiteren Verlauf dieser Einheit werden daher vertieft die Entwicklungen im Rahmen der vierten industriellen Revolution eingeführt. Zunächst werden dazu die wesentlichen Grundlagen zu den IKT der vierten industriellen Revolution präsentiert, bevor das Konzept Industrie 4.0 ausführlich erläutert wird sowie neue Geschäftsmodelle, z.B. auf der Basis von intelligenten Diensten, vorgestellt werden.

Zum Nachdenken und Diskutieren

Diskussion



1. Alle industriellen Revolutionen verbesserten zwar einerseits den Wohlstand der Gesellschaft, führten aber auch zu neuen Herausforderungen. Welche Herausforderungen können für die dritte und vierte industrielle Revolution identifiziert werden?
2. In Abbildung 6 wurde die Firma Ford als Beispiel für den Einsatz eines der ersten Fließbänder genannt. Neben der Automobilbranche nutzten allerdings noch andere Branchen sehr früh die Fließbandproduktion. Finden Sie heraus, welche!

¹⁰ Quelle: http://www.umweltdialog.de/de-wAssets/img/01Neue-Bilder/Freie-Bilder/2014/Maschine-Roboter-Industrie-4.0_Nataliya-Hora_Fotolia.jpg