

Digitalisierung
im Unternehmen

Strategien
und Prozesse

Praxisbeispiele

Hannes Krösbacher

Die digitale Transformation

Industrie 4.0 und Internet of Things

Strategien und Methoden zum Heben von Digitalisierungspotenzialen im Unternehmen

Impressum

Die digitale Transformation – Industrie 4.0 und Internet of Things

Strategien und Methoden zum Heben von
Digitalisierungspotenzialen im Unternehmen

1. Auflage 2018

ISBN 978-3-901942-96-9

Autoren: Hannes Krösbacher, QPI – Qualitäts-, Prozess-, Innovationsmanagement
Mit einer Einführung von Christoph Schwald und einem Exkurs zur Sicherheit in der
Industrie 4.0 von Alexandra Markis und Christoph Schwald, TÜV AUSTRIA

Medieninhaber:

TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, Rob Bekkers, MSc BSc

2345 Brunn am Gebirge, TÜV AUSTRIA-Platz 1

Tel.: +43 5 0454-8000 | E-Mail: akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at



Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska

Layout: Markus Rothbauer, office@studio02.at & lucdesign

Abbildungen: lucdesign

Herstellung: Druckwelten, www.druckwelten.at

Cover: fotolia

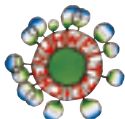
© 2018 TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, des Nachdrucks und der Wiedergabe bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwertung – dem Verlag vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Medieninhabers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers oder der Autoren ist ausgeschlossen.

Zur leichteren Lesbarkeit wurde die männliche Form gewählt. Selbstverständlich gelten alle Formulierungen für Männer und Frauen in gleicher Weise.



Produziert nach den Richtlinien des Österreichischen Umweltzeichens, UZ 24 Druckerzeugnisse.
UW 750 – sandler print & packaging

Vorwort

Digitalisierung und Digitale Transformation – wir können uns ihr nicht entziehen. Auch wenn wir wollten. Die digitalen und auch analogen Posteingänge quellen über mit Werbematerialien. Berater versprechen uns DAS Lösungskonzept gegen unsere Zukunftsverunsicherung, Konferenzanbieter garantieren uns die ultimativen Best Practices vorzustellen, um wieder frischen Mut schöpfen zu können. In schlaflosen Nächten überlegen wir uns, einen Programmierkurs zu belegen, um zumindest so tun zu können, als ob wir den (Firmen-)Nachwuchs verstehen würden.

Doch ist die Digitalisierung per se nichts Neues und findet schon seit Jahrzehnten statt. Erinnern wir uns, wie die CD die Langspielplatte (die im Übrigen wieder ein analog nostalgisches Nischenrevival feiert) verdrängt hat. Damals ein jahrelanger Prozess, da die Qualität der Digitalen Wandler nicht einmal die audiophile Erwartungshaltung eines unterdurchschnittlichen Mainstream-Radiohörers befriedigen konnte. Heute spielen gerade noch mal unsere Kinder mit den silbernen Scheiben herum, da es vielleicht pädagogisch einfacher ist, dem Nachwuchs zu erklären, dass Musik von einem physischen Ding kommt und nicht aus einer abstrakten Datencloud, aus der mittels Zuhilfenahme diverser Streamingdienste per Smartphone App, egal welcher Song auch immer in Echtzeit über drahtlose Mini-In-Ear-Speaker in unsere Gehörgänge weitergeleitet wird.

Das was also wirklich neu ist, rührt von der rasanten Entwicklung der Rechenleistung sowie ergänzender Technologien, die immens große Datenpakete in Windeseile und sogar drahtlos übertragen können, her. Ein Smartphone, das wir heute alle mit uns herumtragen, besitzt eine Rechenleistung, wie sie nur eine Handvoll Supercomputer vor 20 Jahren aufweisen konnten.

Zudem verdoppelt sich die Menge des jährlich produzierten Datenvolumens alle zwei Jahre, den Anfang dafür machte das Internet, später beschleunigten Mobilgeräte den Anstieg und heute befeuert das Internet der Dinge dieses rasante Wachstum. Ein Ende ist nicht absehbar.

Kein Wunder also, dass sich die Industrie diese Mechanismen zu Nutze macht. Nicht nur die Steigerung der Effizienz und somit der Produktivität lockt, durch Datenanalytik und clevere Nutzung der Erkenntnisse können einzelne Geräte, Maschinenverbände oder ganze Ecosysteme flexibler und somit wandlungsfähiger, aber auch autonomer aufgesetzt werden. Die Welt wird „smart“.

In diesem Buch wird nicht nur anschaulich und anhand vieler eingängiger Praxisbeispiele erklärt, in welcher Ausprägung die Digitalisierung auf die Industrie trifft, sondern auch, welche Bedeutung und Anwendung sie in zentralen Handlungsfeldern wie in der produzierenden Industrie („Industrie 4.0“), im Consumer- (z. B. Smart Home) oder auch im Mobilitätsbereich (Automatisiertes Fahren etc.) erfährt.

Sie erfahren, welche Kenntnisse und Fähigkeiten in einer zunehmend digitalen Welt erfolgskritisch werden und lernen Methoden kennen, mit denen Sie Digitalisierungspotenziale im unternehmerischen Kontext identifizieren und heben können.

Dieses Buch wird Ihnen dabei helfen, den Weg durch den digitalen Dschungel zu finden. Wir wünschen Ihnen viel Spaß und Erfolg beim Erarbeiten und Umsetzen Ihrer beruflichen und privaten Digitalisierungsstrategie.

DI Christoph Schwald
Corporate Innovation Manager TÜV AUSTRIA Group
Leiter NEXT HORIZON

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einleitung | 9 |
| 2 Industrie 4.0 – Internet der Dinge (IoT) | 13 |
| 2.1 Definition von Industrie 4.0 | 13 |
| 2.2 Ziele von Industrie 4.0 | 15 |
| 3 Historie | 17 |
| 3.1 Die erste industrielle Revolution – Mechanisierung | 17 |
| 3.2 Die zweite industrielle Revolution | 18 |
| 3.3 Die dritte industrielle Revolution – digitale Revolution | 20 |
| 4 Industrie 4.0 – heutiges Verständnis | 23 |
| 5 IoT – das Internet der Dinge | 27 |
| 5.1 Smart Factory | 29 |
| 5.1.1 <i>Die vertikale Integration</i> | 29 |
| 5.1.2 <i>Die horizontale Integration</i> | 34 |
| 5.1.3 <i>Potenziale von Industrie 4.0</i> | 38 |
| 5.1.4 <i>Rahmenbedingungen/Handlungsfelder zur Umsetzung von Industrie 4.0</i> | 40 |
| 5.2 Smart Mobility | 43 |
| 5.3 Smart Grids | 48 |
| 5.4 Smart Buildings, Smart Home | 49 |
| 5.5 Smart Logistics | 52 |
| 5.6 Smart Products | 55 |
| 5.6.1 <i>Bereich Health</i> | 56 |
| 5.6.2 <i>Smartes Shopping</i> | 57 |
| 5.6.3 <i>Smartes Automobil</i> | 58 |
| 5.6.4 <i>Wearables im B2B-Umfeld</i> | 59 |

| | |
|--|-----------|
| 5.7 Exkurs: 3D-Druck | 61 |
| 5.7.1 <i>Fused Deposition Modeling (FDM)</i> | 64 |
| 5.7.2 <i>Selective Laser Sintering (SLS)</i> | 65 |
| 5.7.3 <i>Stereolithografie (SL)</i> | 65 |
| 5.7.4 <i>Pulverdruckverfahren</i> | 65 |
| 5.7.5 <i>Multijet- und Polyjet-Modeling</i> | 66 |
| 5.7.6 <i>Laminated Object Manufacturing (LOM)</i> | 66 |
| 5.7.7 <i>Contour Crafting</i> | 66 |
| 5.8 Exkurs: Sicherheit als Wegbereiter für die digitale Transformation | 68 |
| | |
| 6 Handlungsfelder durch Digitalisierung für Unternehmen | 77 |
| 6.1 Änderung in der Organisation – normativer Bereich | 77 |
| 6.1.1 <i>Die Vision des Unternehmens/der Organisation</i> | 78 |
| 6.1.2 <i>Die Mission des Unternehmens/der Organisation</i> | 78 |
| 6.1.3 <i>Das Leitbild, die Politik, die Werte</i> | 79 |
| 6.2 Strategie | 80 |
| 6.2.1 <i>Die Finanzperspektive</i> | 84 |
| 6.2.2 <i>Die Kundenperspektive</i> | 85 |
| 6.2.3 <i>Interne (Prozess-)Perspektive</i> | 91 |
| 6.2.4 <i>Lern- und Entwicklungsperspektive</i> | 111 |
| 6.2.5 <i>Die Erstellung einer Strategy Map/Balanced Scorecard BSC</i> | 118 |
| 6.3 Änderungen in den Prozessen | 124 |
| 6.3.1 <i>Gruppe der Management-Prozesse</i> | 126 |
| 6.3.2 <i>Gruppe der Support-Prozesse</i> | 135 |
| 6.3.3 <i>Wertschöpfungs-Prozesse (Kern-Prozesse)</i> | 141 |

| | |
|---|------------|
| 7 Prozess- und Geschäftsmodellinnovationen im digitalen Umfeld | 151 |
| 7.1 Prozessinnovationen | 151 |
| 7.2 Geschäftsmodellinnovationen | 157 |
| 7.2.1 <i>Definition eines Geschäftsmodells</i> | 159 |
| 7.2.2 <i>Arbeiten mit dem St. Galler Business Model Navigator</i> | 161 |
| 7.2.3 <i>Umsetzung von Geschäftsmodellinnovation mit dem BMN</i> | 162 |
| 7.3 Business Model Canvas | 168 |
| 7.3.1 <i>Kundensegmente (Customer Segments)</i> | 168 |
| 7.3.2 <i>Wertangebot (Value Proposition)</i> | 169 |
| 7.3.3 <i>Kanäle (Channels)</i> | 170 |
| 7.3.4 <i>Kundenbeziehungen (Customer Relationships)</i> | 170 |
| 7.3.5 <i>Einnahmequellen (Revenue Streams)</i> | 171 |
| 7.3.6 <i>Schlüsselressourcen (Key Resources)</i> | 172 |
| 7.3.7 <i>Schlüsselpartnerschaften (Key Partners)</i> | 172 |
| 7.3.8 <i>Schlüsselaktivitäten (Key Activities)</i> | 172 |
| 7.3.9 <i>Kostenstruktur (Cost Structure)</i> | 173 |
| | |
| 8 Veränderungsmanagement zur Umsetzung der Herausforderungen | 177 |
| 8.1 Der Faktor Mensch im Change | 178 |
| 8.1.1 <i>Ursachen von Widerständen</i> | 178 |
| 8.1.2 <i>Auflösung von Widerständen</i> | 179 |
| 8.2 Der Prozess des Change Management – Management of Change | 179 |
| 8.2.1 <i>Die sachliche Ebene im 3-Phasen-Modell</i> | 180 |
| 8.2.2 <i>Die emotionale Ebene im 3-Phasen-Modell</i> | 181 |
| | |
| 9 Schlusswort | 185 |

Die Autoren



Hannes Krösbacher ist seit mehr als 30 Jahren selbständig in der IT-Branche tätig, führt ein eigenes Unternehmen, hatte die Geschäftsleitung von mehreren IT-Unternehmen über und ist als Unternehmensberater, Interim Manager und Business-Coach tätig. Er ist zertifizierter SCRUM Master, zertifizierter Qualitätsauditor nach ISO/IEC 17024, zertifizierter Senior Prozess Manager SPzM nach ISO/IEC 15504 sowie zertifizierter Innovationsmanager nach ISO/IEC 17024. Darüber hinaus ist er als Certified Innovation Manager in der Innovation Experts Group der Wirtschaftskammer Österreich (WKO) Sparte Information und Consulting – Fachbereich Unternehmensberatung (UBIT) akkreditiert. Während seiner langen beruflichen Praxis durfte er zahlreiche Unternehmen in ihrer Entwicklung begleiten, neue Technologien und Verfahren einführen, neue Produkte und Dienstleistungen entwickeln, um ihre Marktposition zu festigen und auszubauen. Dabei gab und gibt es keinen dezidierten Branchenfokus – jedoch war und ist Informationstechnologie (IT) ein wesentlicher Treiber dieser Entwicklungen.



DI Christoph Schwald ist Corporate Innovation Manager der TÜV AUSTRIA Group und leitet NEXT HORIZON, den Digital Acceleration Incubator der Unternehmensgruppe, in dem neue Sicherheitsanforderungen in den Feldern „Industrie 4.0“, „Automatisiertes Fahren“ und „Internet der Dinge“ erforscht und daraus neue Dienstleistungen entwickelt werden.

Er hat langjährige internationale Industrieerfahrung mit Stationen u. a. im Silicon Valley, in den Bereichen Forschung & Entwicklung, Projektmanagement, Produktmanagement, New Business Development und Technologie- & Innovationsmanagement.



DI Alexandra Markis ist Innovation Area Managerin Industrie 4.0 des NEXT HORIZON Incubators der TÜV AUSTRIA Group und für das Industrie 4.0-Programm des TÜV AUSTRIA zuständig. Innerhalb dieses Programmes engagiert sich TÜV AUSTRIA in diversen Kooperationsprojekten mit Forschung und Wissenschaft und namhaften österreichischen Industrieunternehmen, um Industrie und das Gewerbe interdisziplinär dabei zu unterstützen, künftige Industrie 4.0-Anwendungen zuverlässig und sicher zu planen, zu errichten und zu betreiben.

1 Einleitung

Cyberphysische Systeme, dezentrale Intelligenz, Digitalisierung – Schlagworte, die uns täglich begegnen. In den Medien, am Arbeitsplatz, aber auch im privaten Umfeld hören wir vermehrt von Schlagworten wie diesen. Vom großen Umbruch, den großen technischen Veränderungen und von neuen Herausforderungen ist zu hören. Doch was steckt eigentlich dahinter?

Dieses Buch soll Ihnen die Ursachen für den technologischen Wandel näherbringen, Begrifflichkeiten erklären und mögliche Auswirkungen der neuen Technologien auf die Wirtschaft und damit auf jeden Einzelnen darstellen.

Ziel ist es,

- ✓ die Begriffe zu strukturieren und zu erklären
- ✓ die Zusammenhänge übersichtlich darzustellen
- ✓ die Herausforderungen auf Unternehmen darzustellen
- ✓ Lösungs- und Umsetzungsperspektiven aufzuzeigen
- ✓ Methodik und Bezugsrahmen zu vermitteln.

Das Buch richtet sich an Unternehmer und Entscheider in der Wirtschaft sowie an alle interessierten Menschen, die den Wandel und die Hintergründe besser verstehen und die sich daraus ergebenden Chancen nutzen wollen. Es stellt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll vielmehr als Leitfaden gesehen werden.




INDUSTRY
4.0

AR

IOT

3D

ERP



INDUSTRY
4.0

TEIL 1:

**Die Digitalisierung der
Industrie: Begriffe, Stand
der Technik, Praxisbeispiele,
Ausblick und Aussichten**

2 Industrie 4.0 – Internet der Dinge (IoT)

2.1 Definition von Industrie 4.0

Industrie 4.0 – ein Schlagwort geistert durch die Medien (allein auf Google finden sich mehr als 31 Mio. Einträge zu diesem Thema mit Stand 08/2017). Doch was steckt dahinter?

Industrie 4.0, auch als intelligente Produktion und vierte industrielle Revolution bekannt, bezeichnet die „Informatisierung“ der Fertigungstechnik und der Logistik bei der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, wobei unter „Informatisierung“ in diesem Sinne die Erzeugung und Nutzung von Informationen, um daraus weitere Informationen zu erzeugen, gemeint ist.

Basis für diese „Informatisierung“ bilden sogenannte Cyberphysische Produktionssysteme (CPS). Dabei wird bestehende Produktionstechnologie um integrierte Hard- und Softwarebausteine, sogenannte Embedded Systems, erweitert. Diese Embedded Systems ermöglichen es nunmehr Maschinen einerseits, von ihnen hergestellten Produkten eine Identität zu geben (z. B. durch Integration eines NFC = Near-Field-Communication-Chips oder durch digital lesbare Seriennummern), andererseits solcherart erzeugte Produkte zu erkennen, zu steuern oder zu verarbeiten. Wesentlich dabei ist, dass jedes Produkt, vom Einzelteil bis zum Endprodukt, auf diese Art individualisiert ist. So ist das Produkt von der Herstellung über den laufenden Einsatz bis zur Entsorgung überwachbar und verfolgbar.

Grundlage dieses Wandels sind neue Technologien aus der Informations- und Kommunikationstechnik, die zunehmend in der produzierenden Industrie zum Einsatz kommen. „Industrie 4.0“ ist aber mehr als die Anwendung von Technologie – es ist ein Konzept und ein Denkmodell für Veränderungen in der Industrie auf der Basis von verfügbaren und künftigen Technologien. Mit der Initiative „Industrie 4.0“ wird die Vision einer intelligenten Fabrik innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks verfolgt.

Erstmals einer breiten Öffentlichkeit bekannt wurde der Begriff Industrie 4.0 – Internet der Dinge auf der Hannover Messe 2011. Hervorgegangen ist dieser Begriff aus einem gleichnamigen Arbeitskreis eines Forschungsprojektes der Forschungsunion Deutschland (www.forschungsunion.de), welche als zentrales Beratungsgremium die Umsetzung und Weiterentwicklung der Hightech-Strategie 2020 für Deutschland begleitet. Jedoch wird der Begriff Industrie 4.0 laufend weiterentwickelt, um sämtliche Aspekte dieser neuen fundamentalen Umgestaltung abzubilden.

Dies ist umso notwendiger, als dass Industrie 4.0 auch als „4. Industrielle Revolution“ verstanden wird. Damit werden nicht nur mehr grundlegende Veränderungen der Industrie, sondern vielmehr Veränderungen des gesamten gesellschaftlichen Lebens und der Ökonomie erneuert und neu geordnet.

In Österreich wurde der Verein „Industrie 4.0 Österreich – die Plattform für intelligente Produktion“ gegründet mit dem Ziel, die neuen technologischen Entwicklungen und Innovationen der Digitalisierung (Industrie 4.0) bestmöglich für Unternehmen und Beschäftigte zu nutzen und den Wandel für die Gesellschaft sozialverträglich zu gestalten (<http://plattformindustrie40.at/>). Als Gründungsmitglieder seien das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), die Bundesarbeitskammer (BAK), der Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie (FEEL), der Fachverband der Maschinen-, Metallwaren und Gießereiindustrie (FMMI), die Industriellenvereinigung (IV) sowie die Produktionsgewerkschaft (PRO-GE) genannt. Entsprechende Plattformen finden sich unter <http://plattform-i40.de> für Deutschland genauso wie unter www.industrie2025.ch für die Schweiz.

Auch in anderen Sprachräumen sind zeitgleich ähnliche Initiativen entstanden, wenngleich diese nicht immer deckungsgleich sind. In den USA wurde 2014 von den Unternehmen AT&T, Cisco, General Electric, IBM und Intel das Industrial Internet Consortium gegründet, eine Non-Profit-Organisation, die bis heute auf über 200 Mitglieder angewachsen ist. Auch in Japan (Industrial Value Chain) und China (Made in China 2025) wurden entsprechende Initiativen ins Leben gerufen.

Zahlreiche weitere Plattformen sind im Internet auffindbar.

2.2 Ziele von Industrie 4.0

- ✓ Verbesserung der Organisation und Steuerung von Produktionsprozessen
- ✓ stärkere Integration vor- und nachgelagerter Aktivitäten (z. B. Zulieferer, Logistik)
- ✓ verstärkte Interdisziplinarität und Beschleunigung von Forschung und Entwicklung
- ✓ individualisierte Services und neue Dienstleistungen
- ✓ veränderte Tätigkeitsprofile für Beschäftigte
- ✓ verstärkte Bedeutung von Bildung, Aus- und Weiterbildung
- ✓ neue Chancen und Herausforderungen für Arbeitssicherheit, Gesundheit und altersgerechtes Arbeiten
- ✓ Sicherstellung von Datenschutz für Personen und Datensicherheit für Unternehmen
- ✓ neue Formen der Arbeitsorganisation
- ✓ Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und -felder, neue Dienstleistungen

Als Denkmodell treibt Industrie 4.0 jedoch nicht nur industrielle Fertigungsprozesse voran. Durch die Vernetzung von Produkten ergeben sich eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten für den B2B-Bereich und den Konsumenten.

Damit werden nicht nur mehr grundlegende Veränderungen der industriellen Produktion entstehen, sondern vielmehr Veränderungen des gesamten gesellschaftlichen Lebens erneuert und neu geordnet.

Neue Produkte und Dienstleistungen entstehen, neue Geschäftsmodelle werden entwickelt und neue Welten, wie das Internet der Dinge „IoT = Internet of Things“, entstehen.

Doch bevor wir uns mit der 4. Industriellen Revolution beschäftigen, lassen Sie uns einen Blick in die Vergangenheit werfen, damit wir den „revolutionären“ Ansatz von Industrie 4.0 – IoT – Digitalisierung besser verstehen.

3 Historie

3.1 Die erste industrielle Revolution – Mechanisierung

Durch den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft, beginnend in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und verstärkt im 19. Jahrhundert, begann eine tiefgreifende Veränderung der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse der Bevölkerung. Von England aus griff diese Veränderung auf ganz Europa über, aber auch auf die USA und um die Jahrhundertwende auch auf Japan.

Gerade die englische Textilindustrie war Treiber dieser Entwicklung, der ersten industriellen Revolution, durch eine zunehmende Anzahl mechanischer Erfindungen. Die Erfindung des mechanischen Webstuhls sowie die erste mechanische Spinnmaschine „Spinning Jenny“ stehen heute exemplarisch für diese Entwicklungen.

Doch gab es noch einen zweiten Faktor, der die erste industrielle Revolution unterstützte: die Nutzung nicht-menschlicher Energie durch die Erfindung der Dampfmaschine. Ermöglicht wurden diese Entwicklungen durch den massenhaften Einsatz von Kohle und Eisen.

Noch heute wird als die wichtigste Maschine der ersten industriellen Revolution und gleichzeitig als ihr Symbol die Dampfmaschine gesehen. Dies wird von Wirtschaftshistorikern jedoch zurückgewiesen. Der Beginn der ersten industriellen Revolution wird nicht von Kolben und lauten Schlägen geprägt, auch nicht von Rauch und Dampf.

Vielmehr ist es das Plätschern eines Baches, von leichtem Garn und den Visionen von Richard Arkwright, einem ehemaligen englischen Perückenmacher. Um 1770 errichtete dieser im ländlichen Mittelengland eine von Wasserkraft angetriebene Baumwollspinnerei und entfesselte mit dieser ersten modernen Fabrik eine ungeheure wirtschaftliche Dynamik.

Kennzeichen für die erste industrielle Revolution ist zweifelsohne die systematische Mechanisierung.

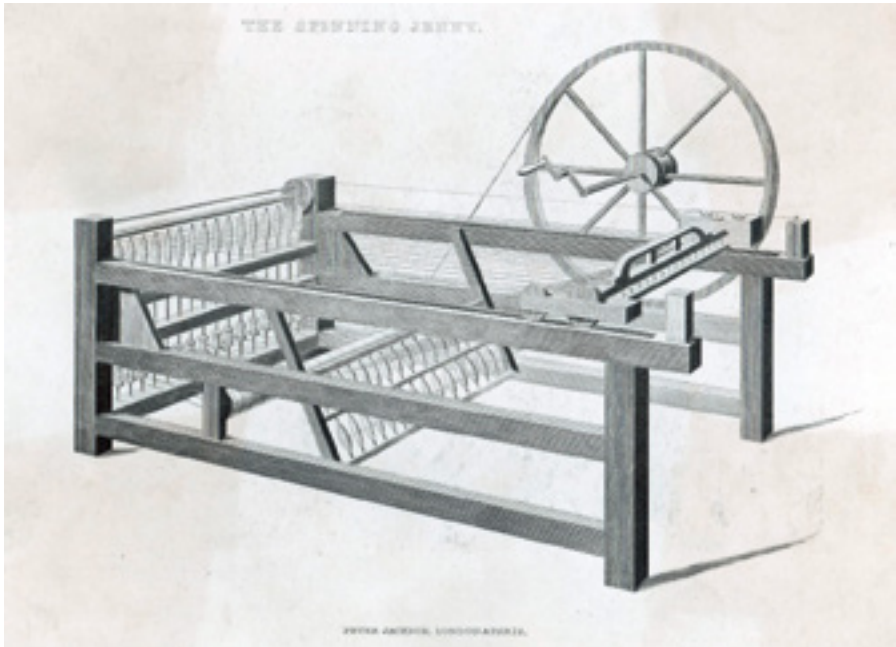


Abbildung 1: Spinning Jenny – Name der ersten industriellen Spinnmaschine zum Verspinnen von Baumwolle zu Garn (fotolia)

3.2 Die zweite industrielle Revolution

Lässt sich die erste industrielle Revolution noch als Zeitalter der systematischen Mechanisierung zweifelsfrei identifizieren, ist das bei der zweiten industriellen Revolution schon nicht mehr so einfach. Grundsätzlich wird die zweite industrielle Revolution als die Phase nach der ersten Revolution bezeichnet. Jedoch ergeben sich in der Forschung von Wirtschaftshistorikern aus Deutschland/Frankreich sowie angloamerikanischen Forschern Unterschiede sowohl in Beginn als auch Ausrichtung dieser zweiten industriellen Revolution.

Mit der Forcierung der chemischen Industrie und der Elektrotechnik in den 1870er- und 1880er-Jahren setzt die zweite industrielle Revolution nach deutsch/französischer Forschung an. Dies begründet auch den Aufstieg von Deutschland zu einer weltweit bedeutenden Industrienation durch Entwicklung und Einsatz weitgehend automatisierter Fertigungstechniken (Fließbandfertigung). Ein weiterer Aspekt zur erfolgreichen Transformation der Wirtschaft und Basis für die zweite industrielle Revolution waren die Verbindung von Forschung (Universitäten) und industrieller Produktion. Dabei wurden vor allem chemische und physikalische Erkenntnisse im großen Stil wirtschaftlich genutzt. Neben den Universitäten schufen Unternehmen vermehrt eigene Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen. Dabei entstanden neben der chemischen

Industrie und der Elektrotechnik auch die neuen forschungs- und wissensorientierten Branchen des Maschinenbaus und der optischen Industrie. Aber auch die Pharmaindustrie entwickelte sich stark durch die Einrichtung von großen unternehmenseigenen Forschungslabors.

Der vor allem in der ersten industriellen Revolution als Treiber der Entwicklung dienende Energieträger Kohle bekam einen neuen Begleiter – Erdöl. Erdöl gewann vor allem zum Antrieb von Explosionsmotoren (Otto-Motor, Diesel-Motor) an Bedeutung.

Aber auch Strom (Elektrizität) wurde im größeren Maßstab genutzt. Basis dafür legte die Entwicklung des Generators (ab 1866), die Glühlampe, der Elektromotor usw. Aber auch für die Entwicklung der Kommunikation spielte die Elektrizität eine treibende Rolle. So entwickelte sich aus der älteren Telegraphie (ab ca. 1840) das Telefon (ab ca. 1880).

Im angloamerikanischen Raum hingegen wird die zweite industrielle Revolution mit der Entwicklung der Massenproduktion von gleichartigen Gütern (Serienfertigung) gesehen, die um 1920 ihren Höhepunkt fand. Hintergrund dazu ist, dass im Vergleich zu Kontinentaleuropa dort der erste Weltkrieg bei weitem nicht jene katastrophalen Auswirkungen hatte. Gerade in den USA entwickeln sich neue industrielle Organisationsformen als treibende Kräfte des wirtschaftlichen Aufschwungs. Daher werden dort diese Indikatoren als wesentliche Meilensteine der zweiten industriellen Revolution gesehen.

Hier ist vor allem der Begriff des sogenannten Fordismus, der auf den US-amerikanischen Industriellen Henry Ford zurückgeht, zu nennen. Die Maxime Fords von Arbeit und Kapital hat nach Ansicht von zahlreichen Fachleuten die Grundlage für das Selbstverständnis einer auf wirtschaftlichen Profit ausgerichteten amerikanischen Leistungsgesellschaft geschaffen.

Darüber hinaus begründete der US-Amerikaner Frederick Winslow Taylor den nach ihm benannten Taylorismus. Dieses auch als Scientific Management bezeichnete Konzept sah im Wesentlichen eine detaillierte Planung, Dokumentation und Steuerung sämtlicher Arbeitsabläufe in einem Betrieb vor. Das zu Lebzeiten Taylors heftig umstrittene Konzept kann aus heutiger Sicht als einer der ersten Vorläufer des modernen Prozessmanagements betrachtet werden.

Letztendlich zeichnet sich die zweite industrielle Revolution aus durch intensivierte Mechanisierung, den weit verbreiteten Gebrauch von Elektrizität und die Massenproduktion von Gütern.

Übrigens: Nicht Henry Ford hat die Fließbandarbeit erfunden. Ein Mitarbeiter Fords schaute sich schon früh die Schlachthöfe von Chicago an, in denen die Schweine und Rinder auf Transportbändern zerlegt wurden. Diese Bänder hießen „Disassembly Lines“, Demontagebänder. Jeweils ein Arbeiter hatte mit immer dem gleichen Stück Fleisch zu tun. Der Mann, William „Pa“ Klann, erzählte die Idee dem Chef der Produktion bei

Ford. 1908 begann die Versuchsphase. Zunächst liefen nur Bänder mit Wagenteilen. Die Ergebnisse waren hervorragend.



Abbildung 2: Schlachthof in Chicago um 1900 – erstmaliger Einsatz von Förderbändern, sogenannten „Disassembly Lines“ (Demontage-Bänder)

3.3 Die dritte industrielle Revolution – digitale Revolution

Initiator für die dritte industrielle Revolution, die digitale Revolution, war sicherlich die Erfindung des Microchips (integrierter Schaltkreis) und dessen permanente Leistungssteigerung bis heute. Diese Microchips wurden/werden eingesetzt bei der Einführung flexibler Automatisierung in der Produktion (Stichwort Industrie 4.0), dem Aufbau weltweiter Kommunikation(snetze) bis hin zum Internet (Stichwort IoT, Internet of Things – Internet der Dinge).

Daraus ergibt sich auch die enorme Bedeutung dieser Erfindung und die Einordnung in eine tatsächliche Revolution – der dritten industriellen Revolution. Die Digitalisierung ermöglichte eine bisher nicht bekannte Möglichkeit der Automatisierung in allen Lebensbereichen. Ganze Industrien (Computerindustrien) wurden neu geschaffen, anstatt der Sorge, dass Arbeitsplätze wegfallen werden, wurden Millionen Arbeitsplätze neu geschaffen (Softwareentwickler, Hardwaredesigner u. v. m.) Durch die Entwicklung dieser neuen Technologien wurden neue Produkte und Verfahren entwickelt, die ohne

hohen Automatisierungsgrad und hohe Rechenleistungen nicht realisierbar waren. Erregenschaften bis hin zur Mondlandung waren nur durch diese Revolution möglich.

Als einer der Startpunkte für die digitale Revolution wird die Erfindung der ersten Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) 1969 durch Richard E. Morley (Modicon) und Odo J. Struger (Allen-Bradley) gesehen. Sie kann man als die Väter der SPS bezeichnen. Damit war es möglich, vorher mechanisierte Prozesse nunmehr automatisiert ablaufen zu lassen.

Parallel dazu entwickelte sich die Computerindustrie rasant. Bereits in den 1930er-Jahren animierte der damalige Vizepräsident der Stanford University, Frederik Terman, seine Studenten mit der Zurverfügungstellung von Flächen und finanziellen Mitteln zur Selbständigkeit. Die Gründung der Firma Hewlett-Packard durch die gleichnamigen Studenten in einer Garage in Palo Alto 1939 wurde durch Terman inspiriert. Auch die Anlage des „Stanford Industrial Park“ als Schnittstelle von Forschung und Produktion im Jahre 1951 geht auf seine Initiative zurück. Von diesem Forschungs- und Technologiezentrum gingen wichtige Impulse für die Entwicklung der Elektronikindustrie im gesamten Silicon Valley aus.

Waren die ersten entwickelten (Röhren)Computer nur wenigen Menschen zugänglich, änderte sich dies durch die Entwicklung von Personal Computern sehr rasch. 1949 stellte Edmund C. Berkeley mit SIMON den ersten digitalen programmierbaren Computer für den Heimgebrauch vor. Er bestand aus 50 Relais und wurde in Gestalt von Bauplänen vertrieben, von denen in den ersten zehn Jahren über 400 Exemplare verkauft wurden.

Die Hewlett-Packard Company brachte mit dem HP-9100A 1968 ein programmierbares Rechengerät auf den Markt, das rund das Doppelte eines durchschnittlichen Bruttogehaltes kostete. Bemerkenswert ist, dass diese Leistung ohne die Verwendung von integrierten Schaltkreisen erbracht wurde. Der Rechner wurde in einer Werbeanzeige erstmals in der Literatur als Personal Computer bezeichnet, obgleich er weder preislich noch technisch dem heutigen Verständnis eines PCs entspricht. Im Jahr 1981 stellte schließlich IBM seinen ersten IBM-PC vor, parallel dazu kamen die ersten **Heimcomputer** (Commodore C64, Amiga) auf den Markt. Die Entwicklung von PCs revolutionierte den Einsatz moderner Technologien sowohl im Geschäftsleben als auch im privaten Bereich.

Die Verbreitung des **Internets** hat zu umfassenden Umwälzungen in vielen Lebensbereichen geführt. Es trug zu einem Modernisierungsschub in vielen Wirtschaftsbereichen sowie zur Entstehung neuer Wirtschaftszweige bei und hat zu einem grundlegenden Wandel des Kommunikationsverhaltens und der Mediennutzung im beruflichen und privaten Bereich geführt.

Die kulturelle Bedeutung dieser Entwicklung wird manchmal mit der Erfindung des Buchdrucks gleichgesetzt. Das Internet ging aus dem im Jahr 1969 entstandenen Arpanet hervor, einem Projekt der Advanced Research Project Agency (ARPA) des US-Verteidigungsministeriums. Es wurde zur Vernetzung von Universitäten und Forschungseinrichtungen benutzt. Im Jahr 1990 beschloss die US-amerikanische National Science Foundation, das Internet für kommerzielle Zwecke nutzbar zu machen, wodurch es über die Universitäten hinaus öffentlich zugänglich wurde. Rasanten Auftrieb erhielt das Internet seit dem Jahr 1993, als der erste grafikfähige Webbrowser namens Mosaic veröffentlicht und zum kostenlosen Download angeboten wurde, der die Darstellung von Inhalten des WWW ermöglichte. Insbesondere durch AOL und dessen Software-Suite kam es zu einer wachsenden Zahl von Nutzern und vielen kommerziellen Angeboten im Internet. Da der Webbrowser fast alles andere verdrängte, wird er auch als die „Killerapplikation“ des Internets bezeichnet. Das Internet ist ein wesentlicher Katalysator der Digitalen Revolution.

Ein weiterer wesentlicher Katalysator war die Entwicklung mobiler Devices – das **Smartphone**.

Nicht selten wird das Smartphone-Zeitalter in vor-iPhone und nach-iPhone unterteilt. 1994/95 entwickelten BellSouth und IBM SIMON – einen Personal Communicator. Nokia entwickelte in weiterer Folge 1996 den Nokia-Communicator mit dem System Symbian. Dies war bis 2006 das meist genutzte System mit einem Marktanteil von 73 %. Die Einführung des iPhone mit seiner Multitouch-Bedienoberfläche im Jahr 2007 markierte einen Wendepunkt im Smartphone-Markt. Neue Betriebssysteme wie Googles Android und Microsofts Windows Phone 7 konnten hauptsächlich oder ausschließlich über Touchscreens bedient werden.

Belief sich die Zahl der Nutzer von Smartphones weltweit 2012 auf rund 1 Milliarde User, so werden bis Ende 2017 mehr als vier Milliarden Menschen ein Smartphone nutzen.

Im Jahr 2002, so wird angenommen, war es der Menschheit das erste Mal möglich, mehr Informationen digital als im Analogformat zu speichern, was deshalb als der Beginn des „Digitalen Zeitalters“ gesehen werden kann. Die fast vollständige Digitalisierung der weltweit gespeicherten Informationsmenge vollzog sich in weniger als 10 Jahren während des Jahrzehnts um die Millenniumswende. Es wird geschätzt, dass im Jahr 1993 lediglich 3 % der weltweiten Informationsspeicherkapazität digital waren, während es 2007 bereits 94 % waren.

4 Industrie 4.0 – heutiges Verständnis

Um die Zukunftsfähigkeit des Standorts Deutschland und seiner Industrie abzusichern, wurde durch die Plattform Industrie 4.0 in Zusammenarbeit der Verbände BITKOM (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.), VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.), ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) und den Unternehmen der Deutschen Industrie die Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 erarbeitet. Der Begriff verweist auf die vierte industrielle Revolution, an deren Ende die Vernetzung aller Maschinen, Produkte und Prozesse in einer „Smart Factory“ steht. Dazu bedient sich die Branche der Techniken, die auch beim Internet der Dinge (IoT) zum Einsatz kommen, unter anderem drahtlose Netze, intelligente Objekte, Sensorik und Aktorik. Daher wird auch davon gesprochen, dass Industrie 4.0 das Internet der Ingenieure sei. Somit trägt die Fertigungs- und Logistikbranche das Thema „Internet der Dinge“ unter dem Schlagwort Industrie 4.0 in die Produktion. Schwerpunkt dabei ist die „intelligente Fabrik“. Der wichtigste Meilenstein dorthin ist die durchgängige Echtzeit-Integration und die Flexibilisierung der Logistik- und Fertigungsprozesse und deren Steuerung.

Durch das Internet der Dinge (IoT), die steigende Anzahl vernetzter Geräte in der Produktion und die Entwicklung zur Smart Factory erhalten Fertigungsunternehmen die Gelegenheit, ihre Produktivität, Qualität und Flexibilität zu steigern. Damit sichern sie ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit und Profitabilität. Der Begriff beschreibt nicht nur die intelligente Produktion, sondern auch die Expansion der Fertigungsunternehmen in den Servicemarkt. Es geht darum, physikalische Produkte mit Dienstleistungen so zu ummanteln, dass neue Geschäftsmodelle entstehen. Unternehmen werden zukünftig ihre Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel als Cyber Physical Systems (CPS) weltweit vernetzen. Diese umfassen in der Produktion intelligente Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel, die eigenständig Informationen austauschen, Aktionen auslösen und sich gegenseitig selbstständig steuern. So lassen sich industrielle Prozesse in der Produktion, dem Engineering, der Materialverwendung sowie des Lieferketten- und Lebenszyklusmanagements grundlegend verbessern. In den neu entstehenden Smart Factorys herrscht eine völlig neue Produktionslogik: Die intelligenten Produkte sind eindeutig identifizierbar, jederzeit lokalisierbar und kennen ihre Historie, ihren aktuellen Zustand sowie alternative Wege zum Zielzustand. Die eingebetteten Produktionssysteme sind vertikal mit betriebswirtschaftlichen Prozessen innerhalb von Fabriken und Unternehmen vernetzt und horizontal zu verteilen, in Echtzeit steuerbaren Wertschöpfungsnetzwerken verknüpft – von der Bestellung bis zur Ausgangslogistik. Gleichzeitig ermöglichen und erfordern sie ein durchgängiges Engineering über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.

Das Potenzial von Industrie 4.0 ist immens: Die Smart Factory kann individuelle Kundenwünsche berücksichtigen und selbst Einzelstücke rentabel produzieren. In Industrie 4.0 sind Geschäfts- und Engineering-Prozesse dynamisch gestaltet, das heißt, die Produktion kann kurzfristig verändert werden und flexibel auf Störungen und Ausfälle, zum Beispiel von Zulieferern, reagieren. Die Produktion ist durchgängig transparent und ermöglicht optimale Entscheidungen. Durch Industrie 4.0 entstehen neue Formen von Wertschöpfung und neuartige Geschäftsmodelle. Gerade für Start-ups und kleine Unternehmen bietet sich hier die Chance, nachgelagerte Dienstleistungen zu entwickeln und anzubieten.

Industrie 4.0 leistet darüber hinaus einen Beitrag zur Bewältigung aktueller Herausforderungen, wie Ressourcen- und Energieeffizienz, urbane Produktion und demografischer Wandel. Ressourcenproduktivität und -effizienz lassen sich in Industrie 4.0 fortlaufend und über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk hinweg verbessern.

Arbeit kann demographiesensibel und sozial gestaltet werden. Die Mitarbeiter können sich dank intelligenter Assistenzsysteme auf die wertschöpfenden Tätigkeiten konzentrieren und werden von Routineaufgaben entlastet.



Abbildung 3: Schematische Darstellung digitaler Prozesse (fotolia)

Angesichts eines drohenden Fachkräftemangels kann auf diese Weise die Produktivität älterer Arbeitnehmer in einem längeren Arbeitsleben erhalten werden. Die flexible Arbeitsorganisation ermöglicht es den Mitarbeitern, Beruf und Privatleben sowie Weiterbildung besser miteinander zu kombinieren, und erhöht die Work-Life-Balance.

Etwas bodenständiger und weniger zukunftsfern erscheinen derzeit die Projekte in der Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M). Ursprünglich ist M2M aus der Telemetrie hervorgegangen, die Kommunikation basierte anfangs vor allem auf dem Datenaustausch von Mess- und Sensordaten via GSM- und GPRS-Netzen.