



# Von der handwerklichen Produktion bis zur Industrie 4.0

Mit diesem Lehrbrief begeben wir uns auf eine Zeitreise. Wir beginnen mit der handwerklichen Produktion im Mittelalter und enden bei intelligenten und digital vernetzten Systemen der Industrie 4.0 in der heutigen Zeit.

Die Entwicklung von der handwerklichen Produktion im Mittelalter hin zu Industrie 4.0 vollzog sich in mehreren Phasen, welche nachfolgend grundlegend beschrieben werden.

## Handwerkliche Produktion

Mittelalter, 6.–15. Jahrhundert

In der handwerklichen Produktion wurden in der Regel alle Arbeitsschritte durch ein und dieselbe Person in Handarbeit durchgeführt. Zu den handwerklichen Berufen dieser Zeit zählen unter anderem Dachdecker, Maurer, Tischler, Zimmermann, Schmied, Eimermacher, Kesselflicker, Sattler, Färber, Schumacher, Seilmacher, Brauer, Müller und Leinenweber.

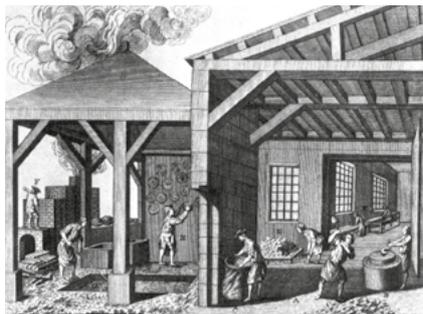


Ein Zimmermann bei der Arbeit mit einer Säge.  
(Feldhaus 1922)

## Vorindustrielle Produktion

17. und 18. Jahrhundert

In der vorindustriellen Produktion wurden die Prozesse der Herstellung auf unterschiedliche Arbeitskräfte verteilt. Als Beispiel dafür gelten Manufakturen zur Fertigung von Luxus- und Konsumgütern wie zum Beispiel Porzellan, Tuche, Leinen, Nähadeln und Knöpfen.



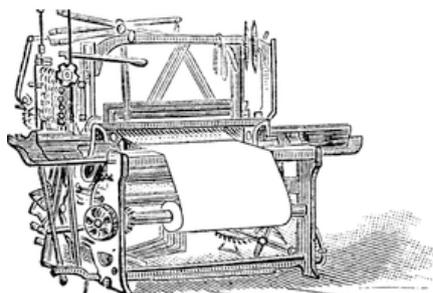
Die Sächsische Porzellanmanufaktur mit ihrer vorindustriellen Produktion im frühen 18. Jahrhundert.  
(Wikimedia 2008)

## 1. Industrielle Revolution »Mechanisierung«

Beginn: gegen Ende des  
18. Jahrhunderts

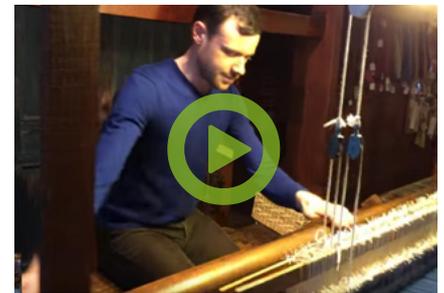
Die erste industrielle Revolution ist eng mit der Mechanisierung von Produktionsanlagen verbunden. Diese wurden zum Beispiel mit Wasser- oder Dampfkraft betrieben.

Die Dampfmaschine wurde 1765 von James Watt und der erste funktionsfähige mechanische Webstuhl wurde 1785 von Edmund Cartwright erfunden. Durch letztgenannten kam es zur Industrialisierung der Textilwirtschaft und in dessen Folge zu den Weberaufständen. (Lucks 2020)



Ein mechanisierter Webstuhl (Osenbach und Lynch 2014)

Damit Sie sich die damaligen Veränderungen von der handwerklich geprägten vorindustriellen Produktion hin zur ersten industriellen Revolution besser vorstellen können, empfehle ich Ihnen die beiden folgenden Videos.



Handwebstuhl (Squizzero 2015)



Mechanischer Webstuhl (sbscomputerlab 2008)

### **i** Arbeitsteilung

In der Zeit der ersten industriellen Revolution veröffentlichte Adam Smith das Buch: „Der Wohlstand der Nationen“. In diesem beschreibt er die zunehmende Arbeitsteilung und damit ein Schlüsselprinzip der Wirtschaftswissenschaften.

Nachfolgend ein kurzer Auszug aus diesem Buch in welchem beschrieben wird, welche Auswirkungen die Arbeitsteilung auf die Herstellung von Stecknadeln hatte:

„Ein Arbeiter, der noch niemals Stecknadeln gemacht hat und auch nicht dazu angelernt ist [...], könnte, selbst wenn er sehr fleißig ist, täglich höchstens eine, sicherlich aber keine zwanzig Nadeln herstellen. Aber so, wie die Herstellung von Stecknadeln heute betrieben wird, ist sie nicht nur als Ganzes ein selbständiges Gewerbe. Sie zerfällt vielmehr in eine Reihe getrennter Arbeitsgänge, die zumeist zur fachlichen Spezialisierung geführt haben. Der eine Arbeiter zieht den Draht, der andere streckt ihn, ein dritter schneidet ihn, ein vierter spitzt ihn zu, ein fünfter schleift das obere Ende, damit der Kopf aufgesetzt werden kann. Auch die Herstellung des Kopfes erfordert zwei oder drei getrennte Arbeitsgänge. Das Ansetzen des Kopfes ist eine eigene Tätigkeit, ebenso das Weißglühen der Nadel, ja, selbst das Verpacken der Nadeln ist eine Arbeit für sich. Um eine Stecknadel anzufertigen, sind somit etwa 18 verschiedene Arbeitsgänge notwendig, die in einigen Fabriken jeweils verschiedene Arbeiter besorgen, während in anderen ein einzelner zwei oder drei davon ausführt. [...] Ich selbst habe eine kleine Manufaktur dieser Art gesehen, in der nur 10 Leute beschäftigt waren, so dass einige von ihnen zwei oder drei solcher Arbeiten übernehmen mussten. [In dieser] waren 10 Arbeiter imstande, täglich etwa 48.000 Nadeln herzustellen, jeder also ungefähr 4.800 Stück. Hätten sie indes alle einzeln und unabhängig voneinander gearbeitet, noch dazu ohne besondere Ausbildung, so hätte der einzelne gewiss nicht einmal 20, vielleicht sogar keine einzige Nadel am Tag zustande gebracht.“ (Smith 1978)

## 2. Industrielle Revolution »Elektrifizierung und Mobilisierung«

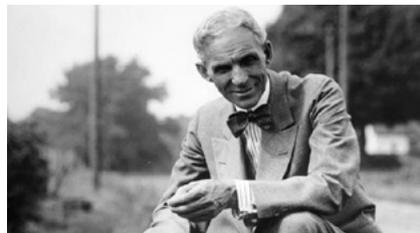
Beginn: ca. 20. Jahrhundert

Für die zweite industrielle Revolution ist die Elektrifizierung und Mobilisierung von großer Bedeutung. Zum einen wurde die arbeitsteilige Massenproduktion mithilfe von elektrischer Energie, die sogenannten Fließbandarbeit, eingeführt und zum anderen die Mobilisierung, also die „individuelle und massenhafte Mobilität zu Land, zu Wasser und in der Luft“ enorm beschleunigt. (Lucks 2020)

Ein Beispiel für die Elektrifizierung und Mobilisierung dieser Zeit stellt das ab 1913 von der Ford Motor Company in Fließbandarbeit gefertigte Modell T dar. „Henry Ford führte das Fließband in die Autoindustrie ein, nachdem er in Chicago Schlachthöfe

besucht hatte. In diesen Schlachthöfen waren die Schweine an Haken befestigt und wurden an Schienen gezogen. Diese Idee greift Henry Ford auf und wendet sie in der Autoindustrie an.“ (Gorecki und Pautsch 2018) Die Auswirkungen dieser Idee werden durch die nachfolgenden Daten beschrieben:

- 1911 kostete das Modell T 780 US-Dollar,
- 1914 nach Einführung der Fließbandarbeit nur noch 490 US-Dollar, dies entspricht etwa 98 Tageslöhnen von Mitarbeitern der Ford Motor Company,
- 1913 existierte in den USA ein Fahrzeugbestand von 900.000 Einheiten,
- 1927 hingegen bereits 20.000.000 Einheiten. (Nickel 2013)



Henry Ford (Ford a ohne Jahr)

Auch hierfür habe ich eine Videoempfehlung für Sie. In dem nachfolgend verlinkten Film können Sie sich die Anfänge der Fertigungsstraße bei Ford genauer ansehen:



Die Anfänge der Fertigungsstraße (Ford b ohne Jahr)

### **i** Scientific Management

In der Zeit der zweiten industriellen Revolution entwickelte Frederick Winslow Taylor (1856–1915) das Scientific Management mit dem Ziel der Produktivitätssteigerung der menschlichen Arbeit. Als Grundlage zählte dabei „die Beobachtung motivatorischer Defizite bei den Arbeitern seiner Zeit“.

Er dokumentierte:

- fehlerhafte Einstellungen und Normen der Arbeiter
- mangelhafte Anreizstrukturen sowie
- mangelhafte Arbeitsgestaltung und -organisation.

Um diesen Defiziten zu begegnen, optimierte er die Arbeitsgestaltung durch Zeit- und Bewegungsstudien, durch das Arbeitsverteilungsbüro sowie durch eine Personalauswahl und -entwicklung.

„Taylors hauptsächlicher Verdienst war es, universelle Organisationsprinzipien mit einer wissenschaftlichen Methode, dem Experiment, zu verbinden. Dadurch war es möglich, für bestimmte Bedingungen Gesetzmäßigkeiten empirisch zu erarbeiten, diese an neue oder veränderte Bedingungen anzupassen und damit eine objektive, wertfreie Beurteilungsbasis für Arbeitsprozesse zu schaffen. (Sanders und Kianty 2006)

## 3. Industrielle Revolution »Automatisierung«

Beginn: ca. 1970er Jahre

Die dritte industrielle Revolution ist geprägt von automatisierungsgetriebenen Rationalisierungen auf Basis von Elektronik und Informationstechnologie (IT). Die wichtigsten „industrietreibenden Technologien“ dafür sind: die Halbleitertechnik, hochreines Silizium, die Mikrosystemtechnik und Fotovoltaik, die Digitalisierung von Produkten und Systemen und das Zeitalter der Biotechnologie. (Lucks 2020)

In dieser Zeit wurden auch die ersten Personal Computer (PC) in Büros und in privaten Haushalten verwendet.



Der IBM Personal Computer aus dem Jahr 1981. (CCG/CPU 2019)

Von besonderer Bedeutung für die dritte industrielle Revolution ist die von 1985 bis 1990 durchgeführte Studie des International Motor Vehicle Program (IMVP) des Massachusetts Institute of Technology (MIT). Mit dieser „wurden Arbeitsweisen von Unternehmen der Automobilindustrie sowie Best-Practice Vorgehensweisen japanischer Unternehmen untersucht“. (Dombrowski und Ebentreich 2015)  
Eine dadurch entdeckte Produktionsweise, bezeichneten die Autoren mit dem Begriff „Lean Management“.

### **i** Lean Management

„Unter Lean Management wird ein Managementansatz verstanden, der sich insbesondere durch die Grundprinzipien der Dezentralisierung und der Simultanisierung auszeichnet und dabei sowohl unternehmensintern als auch unternehmensübergreifend das Ziel verfolgt, eine stärkere Kundenorientierung bei konsequenter Kostensenkung für die gesamte Unternehmensführung herbeizuführen.“ (Voigt 2018)

Das folgende Video bietet Ihnen eine mit vielen Beispielen gut fundierte Einführung in das Thema Lean Management:



Lean Management (Greiner AG 2018)

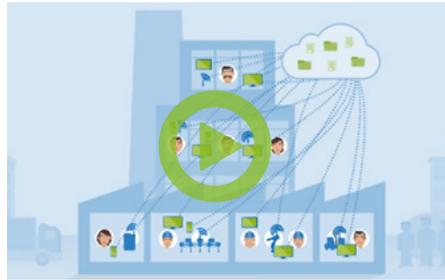
## 4. Industrielle Revolution/Industrie 4.0 »Digitalisierung«

Beginn: heute

Die vierte industrielle Revolution, besser bekannt unter dem Begriff „Industrie 4.0“ ist „die Vernetzung der virtuellen Computerwelt mit der physischen Welt der industriellen Produktion“. (Hirsch-Kreinsen 2014)  
„Diesem Konzept zufolge sollen in Zukunft Produktionssysteme in der Lage sein, sich weitgehend autonom zu steuern und zu optimieren. Es liegt auf der Hand, dass solche Systeme – sofern sie sich durchsetzen – die bisherige Landschaft der Arbeit in der indus-

triellen Produktion nachhaltig verändern werden. Davon werden nicht nur die operativen Tätigkeiten auf der Werkstattebene betroffen sein, sondern auch indirekte Funktionen und die Leitungsebenen. Erforderlich wird daher eine Neugestaltung des gesamten soziotechnischen Systems der Produktion“. (ebenda)

Einen guten Überblick zu den Merkmalen der Industrie 4.0 können Sie sich durch das folgende Video verschaffen:



Industrie 4.0 erklärt (Swissmem 2016)

### **i** Cyber-physische Systeme

Eine besondere Rolle für die Industrie 4.0 übernehmen sogenannte cyber-physische Systeme (CPS). Dabei handelt es sich um „Systeme, bei denen informations- und softwaretechnische mit mechanischen Komponenten verbunden sind, wobei Datentransfer und -austausch sowie Kontrolle bzw. Steuerung über eine Infrastruktur wie das Internet in Echtzeit erfolgen. Wesentliche Bestandteile sind mobile und bewegliche Einrichtungen, Geräte und Maschinen (darunter auch Roboter), eingebettete Systeme und vernetzte Gegenstände (Internet der Dinge)“. (Bendel 2019)

Als cyber-physischen Systeme gelten zum Beispiel Fahrer-Assistenzsysteme, intelligente Stromnetze (Smart Grid), industriellen Prozess- und Produktionssteuerungen (Smart Factories) etc.

### Literatur

- CCGCPU (2019)** The XT Part 1: Preliminaries <http://www.ccgcpu.com/wp-content/uploads/2019/02/IBMAd-798x680.jpg>
- Bendel, Oliver (2019)** Cyber-physische Systeme. Wirtschaftslexikon Gabler. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/cyber-physische-systeme-54077/version-369944>
- Dombrowski, Uwe und Ebentreich, David (2015)** Lean Development – Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen. Einleitung. Springer Vieweg. Berlin

- Feldhaus, Franz (1921)** Die Säge – Ein Rückblick auf vier Jahrtausende. <http://www.gutenberg.org/files/59659/59659-h/59659-h.htm>
- Ford a (ohne Jahr)** Henry Ford. [https://www.ford.de/content/dam/guxeu/rhd/central/experience-ford/history-and-heritage/ford-history-eu-Henry\\_Ford\\_sitting\\_HR-16x9-2160x1215.jpg.renditions.small.jpeg](https://www.ford.de/content/dam/guxeu/rhd/central/experience-ford/history-and-heritage/ford-history-eu-Henry_Ford_sitting_HR-16x9-2160x1215.jpg.renditions.small.jpeg)
- Ford b (ohne Jahr)** Die Anfänge der Fertigungsstraße. <https://www.ford.de/ueber-ford/geschichte#overlay/content/overlays/history-heritage/early-assembly-line-video>
- Foresman, Scott (2008)** Loom. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Loom\\_%28PSF%29.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Loom_%28PSF%29.png)
- Gorecki, Pawel und Pautsch, Peter R. (2018)** Praxisbuch Lean Management: Der Weg zur operativen Excellence. Carl Hanser Verlag. München
- Greiner AG (2018)** Lean Management @ Greiner. <https://www.youtube.com/watch?v=NpdHt15QzhQ>
- Hirsch-Kreinsen (2014)** Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. WSI-Mitteilungen Jahrgang 67 (2014). Heft 6. Nomos Verlagsgesellschaft. Baden-Baden
- Lucks, Kai (2020)** Der Wettlauf um die Digitalisierung: Potenziale und Hürden in Industrie, Gesellschaft und Verwaltung. Schäffer-Poeschel Verlag. Stuttgart
- Nickel, Wolfram (2013)** 100 Jahre Fließbandfertigung: Autos am laufenden Band. Zeit Online. <https://www.zeit.de/auto/2013-04/ford-fließband-massenproduktion>
- Osenbach, Alexis und Lynch, Shelby (2014)** The Life and Invention of Edmund Cartwright <https://lynchoosenbach4.weebly.com/edmund-cartwright/november-10th-2014>
- Sanders, Karin und Kianty, Andrea (2006)** Organisations-theorien – Eine Einführung. VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage. Wiesbaden
- sbscomputerlab (2008)** Shuttle. <https://www.youtube.com/watch?v=Jo34aDRoFSU>
- Smith, Adam (1978)** Der Wohlstand der Nationen. Deutscher Taschenbuch Verlag. München
- Squizzero, Justin (2015)** Hand Weaving on an 18th-Century Loom. <https://www.youtube.com/watch?v=rvwB-CanXMUK>
- Swissmem (2016)** Industrie 4.0 erklärt. <https://www.youtube.com/watch?v=kQLbVVPNTMQ&feature=youtu.be>
- Voigt, Kai-Ingo (2018)** Lean Management. Wirtschaftslexikon Gabler. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/lean-management-37747/version-261178>
- Wahlster, Wolfgang (2015)** Industrie 4.0: Das Internet der Dinge kommt in die Fabriken [https://www.dfki.de/wwdata/Zukunft\\_der\\_Industrie\\_IHK\\_Darmstadt\\_22\\_01\\_2015/Industrie\\_4\\_0\\_Das\\_Internet\\_der\\_Dinge\\_kommt\\_in\\_die\\_Fabriken\\_Copyright.pdf](https://www.dfki.de/wwdata/Zukunft_der_Industrie_IHK_Darmstadt_22_01_2015/Industrie_4_0_Das_Internet_der_Dinge_kommt_in_die_Fabriken_Copyright.pdf)
- Wikimedia (2008)** Sächsische Porzellanmanufaktur, frühes 18. Jahrhundert, Radierung [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5d/Saechsische\\_Porzellanmanufaktur.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5d/Saechsische_Porzellanmanufaktur.jpg)