

Fernstudium

# **Industrial Engineering und Management**

Produktion

Produktionsprozesse

Kurseinheit 90

## **Produktionsprozesse**

Dipl.-Ing. Thomas Schulz



**© Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigungen sind nicht gestattet!**

**Berliner Hochschule für Technik (BHT), Fernstudieninstitut  
Luxemburger Straße 10, 13353 Berlin, (030) 45 04 6000**

**<http://www.bht-berlin.de/fsi>**



## Gliederung der Lerneinheiten

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Vorwort</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>1 Wertschöpfung in der Industrie</b> .....                | <b>7</b>  |
| 1.1 Produzierende Unternehmen .....                          | 7         |
| 1.1.1 Technologieentwicklung.....                            | 8         |
| 1.1.2 Produktentwicklung .....                               | 10        |
| 1.1.3 Auftragsabwicklung.....                                | 12        |
| 1.2 Steigerung der Wertschöpfung durch Industrie 4.0.....    | 14        |
| 1.2.1 Industrielle Revolution .....                          | 14        |
| 1.2.2 Entwicklung der Produktionstechnik.....                | 15        |
| 1.2.3 Vorrangige Aktionsfelder Industrie 4.0 .....           | 17        |
| 1.2.4 Lean Production und Industrie 4.0.....                 | 18        |
| 1.2.5 Nutzen und Potentiale.....                             | 20        |
| 1.3 Übungsaufgaben .....                                     | 22        |
| <b>2 Industrielle Produktion</b> .....                       | <b>23</b> |
| 2.1 Produktion .....   | 23        |
| 2.2 Produktionsfaktoren.....                                 | 25        |
| 2.2.1 Menschliche Arbeit .....                               | 26        |
| 2.2.2 Betriebsmittel .....                                   | 26        |
| 2.2.3 Werkstoffe .....                                       | 27        |
| 2.3 Produkte .....   | 28        |
| 2.3.1 Materielle Produkte .....                              | 29        |
| 2.3.2 Immaterielle Produkte.....                             | 31        |
| 2.4 Übungsaufgaben .....                                     | 32        |
| <b>3 Organisationsmethoden der Produktion</b> .....          | <b>33</b> |
| 3.1 Einleitung Organisationsmethoden.....                    | 33        |
| 3.2 Systemarten .....  | 33        |
| 3.3 Soziotechnisches System .....                            | 35        |
| 3.4 Fertigungssysteme.....                                   | 36        |
| 3.4.1 Arbeitssystem als Grundlage .....                      | 36        |
| 3.4.2 Arbeitssysteme im Fertigungssystem.....                | 40        |
| 3.5 Wandlungsfähige Produktionssysteme .....                 | 41        |
| 3.5.1 Umrüsten und rekonfigurieren eines Arbeitssystems..... | 42        |
| 3.5.2 Zusammenhang zwischen Flexibilität und Kapazität.....  | 43        |
| 3.5.3 Elemente der Wandlungsfähigkeit.....                   | 45        |
| 3.6 Übungsaufgaben .....                                     | 48        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>4</b> | <b>Fertigungstechnik.....</b>                            | <b>49</b> |
| 4.1      | Einleitung in die Fertigungstechnik .....                | 49        |
| 4.2      | Fertigungsverfahren .....                                | 50        |
| 4.2.1    | Urformen .....   | 52        |
| 4.2.2    | Umformen .....   | 52        |
| 4.2.3    | Trennen .....  | 52        |
| 4.2.4    | Fügen .....  | 53        |
| 4.2.5    | Beschichten.....   | 53        |
| 4.2.6    | Stoffeigenschaften ändern .....                          | 54        |
| 4.2.7    | Beispiel Einteilung der Fertigungsverfahren.....         | 55        |
| 4.3      | Organisation der Fertigung .....                         | 56        |
| 4.3.1    | Begriff des Fertigungssystems .....                      | 56        |
| 4.3.2    | Fertigungsarten .....                                    | 57        |
| 4.3.3    | Organisationsprinzipien.....                             | 59        |
| 4.3.4    | Fertigungsablaufarten .....                              | 60        |
| 4.3.5    | Systemstrukturierung.....                                | 62        |
| 4.4      | Übungsaufgaben .....                                     | 66        |
| <b>5</b> | <b>Referenzmodelle .....</b>                             | <b>67</b> |
| 5.1      | Einleitung Referenzmodelle .....                         | 67        |
| 5.2      | Modellbegriff und Modellbildung .....                    | 68        |
| 5.2.1    | Modell.....  | 68        |
| 5.2.2    | Modellbildung.....                                       | 68        |
| 5.3      | Referenzmodelle als Lösungsschablone .....               | 69        |
| 5.4      | Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) ..... | 71        |
| 5.5      | Übungsaufgaben .....                                     | 74        |
| <b>6</b> | <b>Produktionsnetzwerke.....</b>                         | <b>75</b> |
| 6.1      | Virtuelle Fabrik .....                                   | 75        |
| 6.1.1    | Wettbewerb versus Kooperation.....                       | 77        |
| 6.1.2    | Vertrauenskultur .....                                   | 78        |
| 6.1.3    | Kooperationspartner .....                                | 79        |
| 6.1.4    | Kooperationsrichtung.....                                | 80        |
| 6.1.5    | Produktionsstrategie.....                                | 82        |
| 6.2      | Produktionsnetzwerk.....                                 | 83        |
| 6.2.1    | Anpassungsfähigkeit.....                                 | 85        |
| 6.2.2    | Produktionslogistik.....                                 | 86        |
| 6.3      | Industrie 4.0-Komponente.....                            | 88        |
| 6.3.1    | Cyber-Physical System (CPS).....                         | 88        |
| 6.3.2    | Grundkonzept .....                                       | 89        |
| 6.3.3    | Asset .....  | 90        |
| 6.3.4    | Verwaltungsschale .....                                  | 90        |
| 6.3.5    | Teilmodelle .....  | 92        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.3.6    | Semantik und Interaktion .....                    | 93         |
| 6.4      | Aufbau Produktionsnetzwerke.....                  | 96         |
| 6.4.1    | Orchestrierung Prozesse und Elemente .....        | 96         |
| 6.4.2    | Anwendungsunterstützung .....                     | 98         |
| 6.4.3    | Beispiel Ausschreibungsverfahren .....            | 100        |
| 6.5      | Anwendungsszenarien.....                          | 102        |
| 6.5.1    | Anwendungsfall Wertschöpfungsprozess .....        | 102        |
| 6.5.2    | Anwendungsfall Auftragsgesteuerte Produktion..... | 104        |
| 6.5.3    | Anwendungsfall wandlungsfähige Fabrik.....        | 106        |
| <b>7</b> | <b>Lösungshinweise zu den Übungsaufgaben.....</b> | <b>111</b> |
| 7.1      | Lösungshinweise zu Kapitel 1.....                 | 111        |
| 7.2      | Lösungshinweise zu Kapitel 2.....                 | 112        |
| 7.3      | Lösungshinweise zu Kapitel 3.....                 | 113        |
| 7.4      | Lösungshinweise zu Kapitel 4.....                 | 115        |
| 7.5      | Lösungshinweise zu Kapitel 5.....                 | 116        |
| 7.6      | Lösungshinweise zu Kapitel 6.....                 | 117        |
| <b>8</b> | <b>Sachwortverzeichnis .....</b>                  | <b>121</b> |
| <b>9</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                 | <b>125</b> |
| 9.1      | Literatur zu Kapitel 1 .....                      | 125        |
| 9.2      | Literatur zu Kapitel 2 .....                      | 126        |
| 9.3      | Literatur zu Kapitel 3 .....                      | 127        |
| 9.4      | Literatur zu Kapitel 4 .....                      | 129        |
| 9.5      | Literatur zu Kapitel 5 .....                      | 130        |
| 9.6      | Literatur zu Kapitel 6 .....                      | 131        |

## Vorwort

Die vorliegende Schrift zu den Produktionsprozessen ist eine Kurseinheit für den Masterstudiengang Industrial Engineering und Management an der Beuth Hochschule für Technik Berlin. Sie versteht sich nicht als umfassende Darstellung eines möglichen Studienschwerpunktes Produktion. Den an den Produktionsprozessen interessierten Studentinnen und Studenten wird der Zugang zu den wichtigsten Themenbereichen dieser Disziplin mit einem erweiterten Fokus in Richtung Industrie 4.0 eröffnet. Diese Kurseinheit ist zum Selbststudium geeignet und gliedert sich in sechs Abschnitte.

Studierende erhalten eine Einführung in der Wertschöpfung in der Industrie. Basierend auf den Hauptgeschäftsprozessen produzierender Unternehmen wird die vierte industrielle Revolution als treibende Technologieinnovation vorgestellt. Vorrangige Aktionsfelder von Industrie 4.0 werden definiert sowie Nutzen und Potentiale für die Entwicklung von Produkten und Werteketten dargelegt.

Produktionsprozesse mit ihren Produktionsfaktoren werden als Kernpunkt der industriellen Produktion charakterisiert und ausführlich beschrieben. Neben den Produktionsfaktoren menschlichen Arbeit, Betriebsmittel und Werkstoffe wird auch das Produkt als Ausbringungsgut charakterisiert.

Soziotechnische Arbeitssysteme mit ihren drei Teilsystemen Mitarbeiter, Technik und Organisation werden definiert und anschaulich beschrieben. Produktions- und Materialflusssysteme sind die Grundlage für wandlungsfähige Produktionssysteme deren grundlegende Funktionen und Elemente dargestellt werden.

Die Fertigungsverfahren mit ihren Hauptgruppen und Untergruppen werden als Grundbestandteile der Fertigungstechnik systematisiert und vorgestellt. Aufbauend auf dieses Grundwissen werden Fertigungssysteme mit ihren Fertigungsarten, Organisationsprinzipien, Fertigungsablaufarten sowie Systemstrukturierung skizziert.

Der Modellbegriff und die Modellbildung bilden die Grundlagen für Referenzarchitektur, Architektur und Systeme. Darauf aufbauend wird der Ansatz des Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) als das zentrale Element von Industrie 4.0 ausführlich interpretiert.

Die virtuelle Fabrik und ihre neuen Möglichkeiten der Zusammenarbeit bilden die Grundlage für Kooperation und Integration hin zu leistungsfähigen Wertschöpfungsnetzwerken. Industrie 4.0-Komponente und Verwaltungsschale haben enormes Potenzial als Basis für anpassungsfähige und agile Produktionsnetzwerke der Zukunft. Dieses wird anhand von drei Anwendungsszenarien erläutert.

# 1 Wertschöpfung in der Industrie

⊕ **Lernziele:** Sie haben nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels

- die Hauptgeschäftsprozesse eines produzierenden Unternehmens grundlegend verstanden und können diese erläutern,
- die Abläufe des Technologiemanagements, der Produkteentwicklung und der Auftragsentwicklung verstanden,
- die vier Stufen der industriellen Revolution und deren Kernmerkmale begrifflich abgegrenzt und dargestellt,
- Produktionstechnik definiert sowie die vier Haupttreiber produktionstechnischer Entwicklungen beschrieben und verinnerlicht,
- die drei vorrangigen Aktionsfelder der vierten industriellen Revolution aufgearbeitet,
- die Ansätze von Lean und Industrie 4.0 verglichen und Wechselwirkungen verstanden,
- eine Vorstellung davon, was man unter den Wandel einer industriellen Revolution und deren Treiber versteht,
- sowie Nutzen und Potenziale der vierten industriellen Revolution für kennen gelernt.

## 1.1 Produzierende Unternehmen

Um ein klares Verständnis über den Betrachtungsbereich der in Bild 1.1 definierten Hauptgeschäftsprozesse produzierender Unternehmen, deren Inhalte und Aufgaben zu erhalten, bedarf es zunächst einer transparenten und nachvollziehbaren Strukturierung dieses Themengebietes. Dieser Ordnungsrahmen gliedert sich in Aspekte der Technologieentwicklung, der Produkteentwicklung und der Auftragsabwicklung die als Subsysteme eines Unternehmens angesehen werden können. Er stellt somit ein Modell mit hohem Abstraktionsgrad dar, das den Zusammenhang der einzelnen Bestandteile und deren aufzeigt.

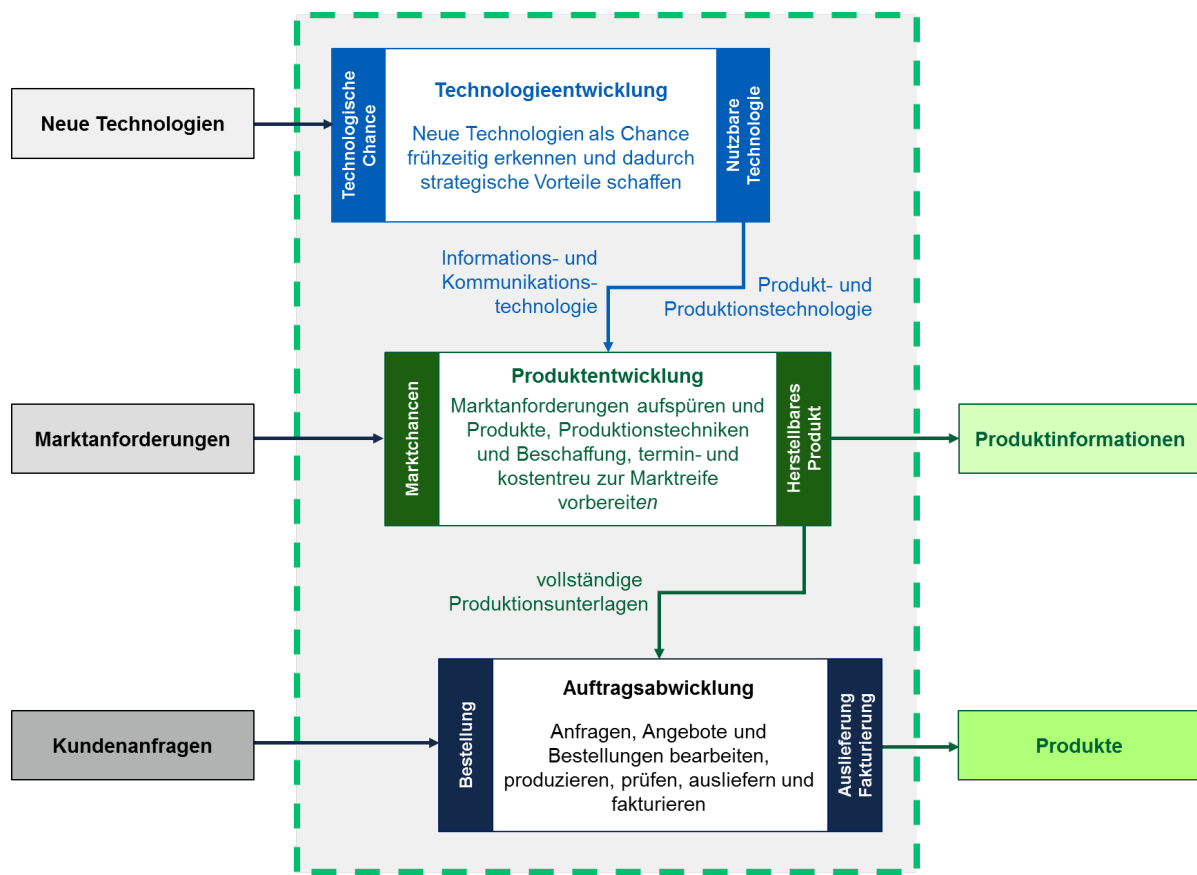


Bild 1.1: Hauptgeschäftsprozesse produzierender Unternehmen

Stetige Innovationen und individuelle Kundenanforderungen führen zu einer Vielzahl an unterschiedlichen Produktvarianten eines Herstellers auf dem Absatzmarkt. Ein schneller Technologiewandel bedingt häufige Technologiesprünge und kurze Innovationszyklen. Wissen wird als eine bedeutende Ressource in Unternehmen immer stärker anerkannt und als Schlüsselressourcen für sozialen und wirtschaftlichen Fortschritt angesehen.

Unternehmen mit innovativen Produkten können gewöhnlich nicht den gesamten Bereich der Forschung und Entwicklung abdecken, das für ihre Produkte benötigt wird. Insofern sind sie an Beziehungen zu anderen Unternehmen interessiert, im Rahmen derer eine Kollaboration mit einer Kosten- und Risikominimierung einhergeht. Darüber hinaus ist zu beobachten, dass Unternehmen dazu tendieren, eine innovative Technologie längerfristig zu nutzen und fortzuentwickeln, sofern in der Organisation ein hoher Erfahrungsgrad mit der Technologie besteht und diese beherrscht wird.

### 1.1.1 Technologieentwicklung

Die Motivation eines Unternehmens, Forschung und Entwicklung zu betreiben, ist die vorherrschende Ansicht, je mehr Innovation eine Firma in ihrem Portfolio aufweist, desto erfolgreicher werden ihre Produkte. Dabei gewinnt der Faktor Technologie besondere strategische Bedeutung, indem eine frühe Beherrschung von Know-how, das wiederum in innovative Produkte einfließt, einen begünstigenden Faktor für den Absatz von Produkten auf einem umworbenen Markt darstellt.



Die **Technologie** ist das Wissen um naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge zur Lösung technischer Problemstellungen zu verstehen. Im Besonderen werden Technologien genutzt, um anwendungsbezogenes Wissen, Fähigkeiten sowie Erfahrungen auf physische Objekte zu übertragen und hierdurch eine Ausgangsbasis zur Entwicklung von Produkten und Produktionsprozessen zu schaffen. Die Technologie ist zumeist eng mit dem Begriff Technik verbunden. Eine klare Trennung der Begriffe Technologie und Technik findet im allgemeinen Sprachgebrauch selten statt. Übergänge zwischen dem Einsatz von Technologien und Techniken deshalb oftmals fließend.

Die Unternehmensprozesse der Technologieentwicklung sind Elemente eines komplexen Systems und beinhalten die Erkennung, Auswahl, Planung, Entwicklung, Verwertung den Schutz und die Außerbetriebnahme von Technologien. Der in Bild 1.2 dargestellte Ablauf des Technologiemanagements stellt eine mögliche transparente Beschreibungsmethode der einzelnen Elemente und deren Wechselwirkungen dar.

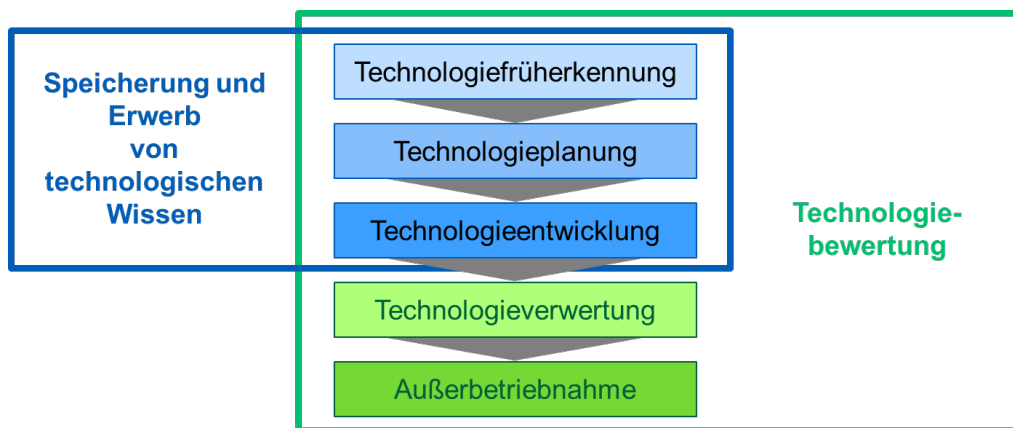


Bild 1.2: Technologiemanagement

Als Ursprung und maßgeblicher Treiber von Umwälzungen gelten neue Technologien. Sie sind Grundlage für zukünftige Produkte oder dienen zur Straffung und effizienteren Ausgestaltung bestehender Produktionsprozesse. Verständlicherweise teilen sich die Hauptaufgaben der Technologieentwicklung in einem industriellen Unternehmen der Bereich Forschung und Entwicklung (für neue materielle Produkte) sowie Produktion (für neue Produktionstechnologien). In den letzten Jahren gewann aber zunehmend auch der Servicebereich (für neue immaterielle Produkte) immer mehr an Bedeutung. Aus diesem Grund finden sich heute die Produktentstehung, die Produktion und die Produktnutzung im Mittelpunkt der Technologieentwicklung.

Neue Technologien sind rechtzeitig als technologische Chance im Rahmen unternehmensweiter strategischer Früherkennung zu identifizieren und erfassen. Produzierende Unternehmen sind in Deutschland hauptsächlich mittelständisch. Ihnen fällt es bedeutend schwerer im Vergleich zu den Großunternehmen neue Technologien zu beurteilen und deren wirtschaftlichen Mehrwert für das Unternehmen abzuwägen. Ein Grund dafür sind die kleinteiligeren Strukturen und begrenzten personellen Kapazitäten. Aber es gibt auch Vorteile gegenüber Großunternehmen. Der Vorsprung mittelständischer Unternehmen sind größere Flexibilität und flache Hierarchien sowie eine höhere Kundenorientierung durch meist persönliche Wirkungskreise.