

Fernstudium

Industrial Engineering und Management

Kurseinheit 90

Produktionsprozesse

Dipl. -Ing. Thomas Schulz





Gliederung der Lerneinheiten

Vorwort.....	5
1 Grundverständnis von Produktionsprozessen	6
1.1 Produktionsprozess als Transformation.....	6
1.2 Produzierende Unternehmen	7
1.2.1 Technologieentwicklung.....	8
1.2.2 Produktentwicklung	11
1.2.3 Auftragsabwicklung	13
1.3 Phasen des Produktionsprozesses	14
1.3.1 Planungsphase.....	15
1.3.2 Ausführungsphase	16
1.3.3 Abschlussphase	17
1.4 Netzwerkbasierte Wertschöpfung	18
1.4.1 Virtuelle Fabrik	19
1.4.2 Wettbewerb versus Kooperation	20
1.4.3 Vertrauenskultur	21
1.4.4 Kooperationspartner	22
1.4.5 Kooperationsrichtung.....	23
1.4.6 Produktionsnetzwerk	25
1.5 Übungsaufgaben	27
2 Produktionssystem	28
2.1 Systemklassifizierung	29
2.1.1 Systemarten.....	30
2.1.2 Soziotechnisches System.....	31
2.1.3 Arbeitssystem	33
2.2 Grundlagen Produktionssystem	36
2.2.1 Produktionsprozess im Systemkontext	36
2.2.2 Typen von Produktionsprozessen	37
2.2.3 Gliederung Produktionssysteme	39
2.3 Produktionsfaktoren	40
2.3.1 Menschliche Arbeit.....	41
2.3.2 Betriebsmittel	42
2.3.3 Werkstoffe.....	44
2.4 Produkte	46
2.4.1 Materielle Produkte	47
2.4.2 Immaterielle Produkte.....	49
2.5 Produktionsfluss	52
2.5.1 Prozessschritt und Prozesskette.....	53

2.5.2	Produktionskennzahlen	55
2.5.3	Steuerung Produktionsfluss.....	59
2.5.4	Wertstrom	62
2.6	Produktionsoptimierung	64
2.6.1	Verschwendung.....	64
2.6.2	Kapazität.....	67
2.6.3	Engpass als Systemlimit.....	69
2.6.4	Implementierungsanforderungen	71
2.7	Fähigkeitsstufen dynamischer Produktionssysteme.....	73
2.7.1	Umrüsten und rekonfigurieren eines Arbeitssystems.....	74
2.7.2	Zusammenhang zwischen Flexibilität und Kapazität.....	75
2.7.3	Elemente der Wandlungsfähigkeit	77
2.7.4	Dynamische Adaptivität	79
2.8	Übungsaufgaben	81
3	Fertigungsverfahren.....	82
3.1	Grundlagen der Fertigungstechnik.....	83
3.2	Fertigungsverfahren.....	85
3.2.1	Klassifizierung und Übersicht	85
3.2.2	Urformen	88
3.2.3	Umformen	89
3.2.4	Trennen	89
3.2.5	Fügen	90
3.2.6	Beschichten	91
3.2.7	Stoffeigenschaften ändern	92
3.2.8	Beispiele Einteilung der Fertigungsverfahren	92
3.3	Organisation der Fertigung	96
3.3.1	Begriff des Fertigungssystems.....	96
3.3.2	Fertigungsarten	97
3.3.3	Organisationsprinzipien.....	99
3.3.4	Fertigungsablaufarten	100
3.3.5	Systemstrukturierung.....	102
3.4	Arbeitsvorbereitung	106
3.4.1	Arbeitsplanung	107
3.4.2	Stückliste.....	108
3.4.3	Zeitwirtschaft.....	111
3.4.4	Arbeitsplan	113
3.5	Übungsaufgaben	116
4	Digitalisierung.....	117
4.1	Grundlagen Industrie 4.0.....	118
4.1.1	Industrielle Revolution	119
4.1.2	Entwicklung der Produktionstechnik.....	120
4.1.3	Vorrangige Aktionsfelder Industrie 4.0	121

4.1.4	Lean Production und Industrie 4.0	122
4.1.5	Nutzen und Potentiale.....	124
4.2	Referenzmodelle und Architekturkonzepte	125
4.2.1	Modellbegriff und Modellbildung	125
4.2.2	Referenzmodelle als Lösungsschablone.....	127
4.2.3	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)	129
4.3	Industrie 4.0-Komponenten und Technologien	132
4.3.1	Cyber-Physical System (CPS).....	132
4.3.2	Grundkonzept.....	133
4.3.3	Asset	135
4.3.4	Verwaltungsschale.....	137
4.3.5	Teilmodelle	138
4.3.6	Semantik und Interaktion	140
4.3.7	Cybersicherheit.....	142
4.3.8	Zusammenfassung der Industrie-4.0-Komponenten	143
4.4	Produktionsnetzwerke und digitale Plattformen	144
4.4.1	Grundlagen digitaler Produktionsnetzwerke	145
4.4.2	Digitale Plattformen in der Industrie.....	147
4.4.3	Orchestrierung von Prozessen und Systemelementen	148
4.4.4	Anwendungsunterstützung	151
4.4.5	Beispiel Ausschreibungsverfahren	152
4.5	Anwendungsszenarien	154
4.5.1	Anwendungsfall Wertschöpfungsprozess	154
4.5.2	Anwendungsfall Auftragsgesteuerte Produktion	157
4.5.3	Anwendungsfall Wandlungsfähige Fabrik	159
4.6	Übungsaufgaben	162
5	Lösungshinweise zu den Übungsaufgaben	163
5.1	Lösungshinweise zu Kapitel 1	163
5.2	Lösungshinweise zu Kapitel 2	166
5.3	Lösungshinweise zu Kapitel 3	169
5.4	Lösungshinweise zu Kapitel 4	172
6	Sachwortverzeichnis	175
7	Literaturverzeichnis.....	183
7.1	Literatur zu Kapitel 1	183
7.2	Literatur zu Kapitel 2	184
7.3	Literatur zu Kapitel 3	187
7.4	Literatur zu Kapitel 4	189

Vorwort

Die vorliegende Kurseinheit zu den Produktionsprozessen richtet sich an Studierende des Masterstudiengangs Industrial Engineering und Management an der Berliner Hochschule für Technik (BHT). Sie vermittelt grundlegende Zusammenhänge industrieller Produktion und führt systematisch in zentrale Konzepte moderner Produktionssysteme ein. Die dritte, überarbeitete und erweiterte Auflage berücksichtigt aktuelle Entwicklungen der industriellen Digitalisierung und stellt diese in den Zusammenhang klassischer produktionstechnischer Grundlagen.

Die Darstellung folgt vier grundlegenden Perspektiven auf Produktionsprozesse.

Zunächst wird ein **Grundverständnis von Produktionsprozessen** entwickelt. Dabei werden industrielle Wertschöpfung, betriebliche Hauptprozesse sowie zentrale Produktionsfaktoren erläutert und in den Kontext industrieller Wertschöpfung eingeordnet.

Darauf aufbauend wird das **Produktionssystem** als soziotechnisches Gesamtsystem aus Menschen, Technik und Organisation betrachtet. Arbeitssysteme, Produktions- und Materialflusssysteme sowie grundlegende Organisationsprinzipien der Produktion bilden dabei die Grundlage für Planung und Gestaltung leistungsfähiger Produktionsstrukturen.

Im Anschluss werden die **Fertigungsverfahren** als technologische Basis industrieller Fertigung systematisiert. Neben den Hauptgruppen der Fertigungsverfahren werden grundlegende Organisationsformen sowie typische Struktur- und Ablaufprinzipien der Fertigung dargestellt.

Abschließend wird die **Digitalisierung der Produktion** im Kontext der vierten industriellen Revolution behandelt. Dabei werden zentrale Konzepte von Industrie 4.0, Referenzmodelle sowie Ansätze zur Vernetzung und Integration digitaler Wertschöpfungsnetzwerke erläutert.

1 Grundverständnis von Produktionsprozessen

Lernziel

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels können Sie ...

a) Produktionsprozess-Grundlagen verstehen

- den Begriff Produktionsprozess definieren und als Transformation von Input-Faktoren zu Output-Leistungen erklären,
- die Bedeutung von Produktionsprozessen für Effizienz, Qualität, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit erläutern,
- die drei Hauptphasen des Produktionsprozesses identifizieren und beschreiben,
- erklären, wie jede Phase zum Produktionserfolg beiträgt und welche typischen Aktivitäten/Prozesse je Phase stattfinden,
- die Schlüsselkomponenten der Planungs-, Ausführungs- und Abschlussphase benennen und inhaltlich einordnen.

b) Hauptgeschäftsprozesse produzierender Unternehmen beschreiben

- die Hauptgeschäftsprozesse produzierender Unternehmen in ihren Grundzügen erläutern,
- die Abläufe des Technologiemanagements erklären,
- die Phasen der Produktentwicklung identifizieren und erklären,
- die wesentlichen Teilprozesse der Auftragsabwicklung identifizieren und erklären sowie die Bedeutung der einzelnen Schritte begründen,
- Kundenauftrag und Fertigungsauftrag unterscheiden und deren jeweilige Rolle im Unternehmen erläutern.

c) Erweiterung Netzwerk/Wertschöpfung einordnen

- den Begriff virtuelle Fabrik erklären und deren charakteristische Merkmale benennen,
- Wettbewerbs- und Kooperationsstrategie voneinander abgrenzen,
- die Grundzüge einer Vertrauenskultur in Kooperationen erläutern und deren Bedeutung für Stabilität/Transaktionskosten einordnen,
- die Grundidee der Konfigurationsmethodik zur Zusammenarbeit zwischen Kooperationspartnern beschreiben,
- Kooperationsausrichtungen in Produktionsnetzwerken unterscheiden und einordnen.

1.1 Produktionsprozess als Transformation

Unter dem Begriff **Produktionsprozesse** (Abbildung 1) versteht man die Summe aller Tätigkeiten und Abläufe, die für die Erzeugung von Sachgüter und Dienstleistungen notwendig sind. Diese Prozesse

gliedern sich in mehrere Etappen, beginnend mit der Beschaffung der erforderlichen Rohstoffe, fortfahrend durch die Fertigung und den Zusammenbau, und endend mit der Qualitätssicherung und der Auslieferung des fertigen Produkts. Sowohl in der Industrie als auch in Dienstleistungsbranchen spielen Produktionsprozesse eine entscheidende Rolle, da sie maßgeblich die Effizienz, die Qualität und die Wirtschaftlichkeit der unternehmerischen Aktivitäten bestimmen.

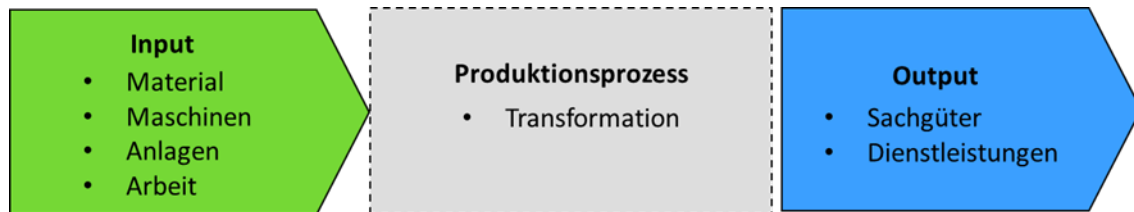


Abbildung 1: Produktionsprozesse

Die Bedeutung von Produktionsprozessen für die Industrie kann nicht überschätzt werden. In einer globalisierten Wirtschaft, in der Unternehmen einem ständigen Wettbewerbsdruck ausgesetzt sind, ist die Optimierung von Produktionsprozessen entscheidend für den Erfolg. Effiziente Produktionsprozesse ermöglichen es Unternehmen, Kosten zu senken, die Qualität zu verbessern und schneller auf Marktveränderungen zu reagieren. Darüber hinaus tragen optimierte Produktionsprozesse zur Nachhaltigkeit bei, indem sie den Ressourcenverbrauch minimieren und Abfall reduzieren.

Der Produktionsprozess folgt dem Prinzip eines offenen Transformationssystems. Materielle und immaterielle Einsatzfaktoren werden durch organisatorische und technische Aktivitäten in definierte Leistungsausgaben überführt. Die erzeugte Wertschöpfung ergibt sich aus der gezielten Zustandsänderung der eingesetzten Ressourcen. Rückmeldungen aus Qualitätsprüfung, Kosten- und Leistungskennzahlen sowie aus dem Markt wirken als Regelgrößen und ermöglichen eine fortlaufende Optimierung des Systems.

1.2 Produzierende Unternehmen

Um ein klares Verständnis über den Betrachtungsbereich der in Abbildung 2 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 Wechselwirkungen aufzeigt.

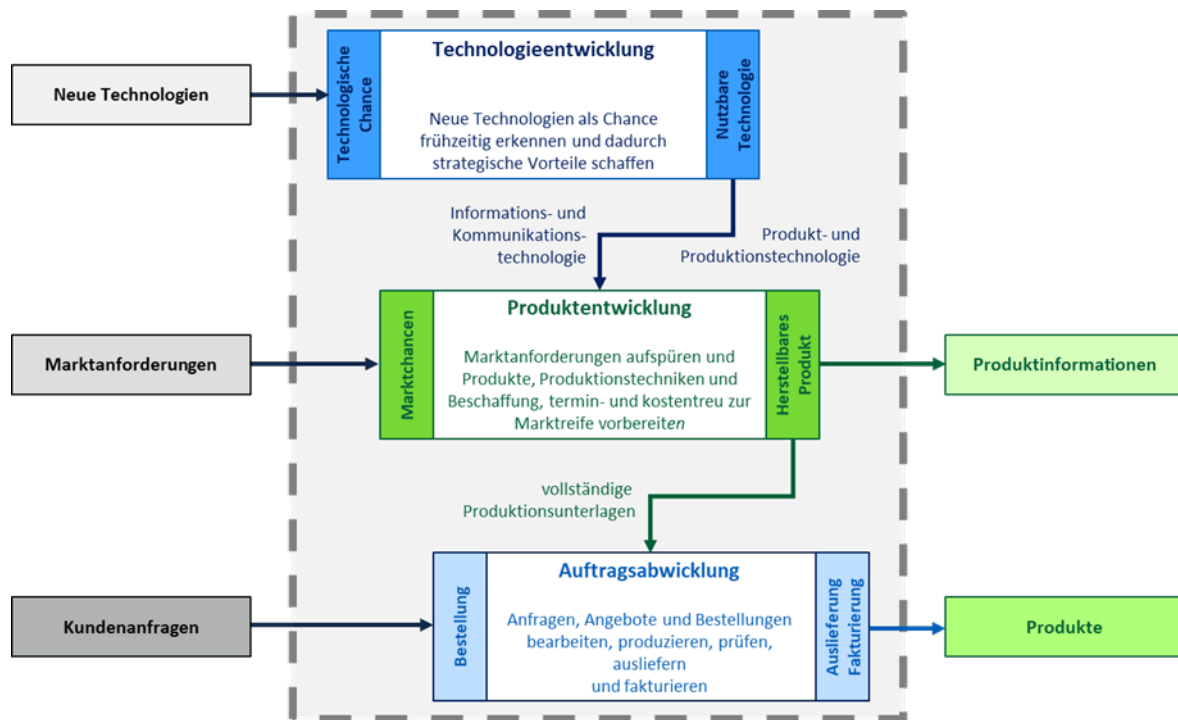


Abbildung 2: Hauptgeschäftsprozesse produzierender Unternehmen

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.

1.2.1 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, Schutz und Außerbetriebnahme von Technologien. Der in Abbildung 3 dargestellte Ablauf des Technologiemanagements stellt eine mögliche transparente Beschreibungsmethode der einzelnen Elemente und deren Wechselwirkungen dar.

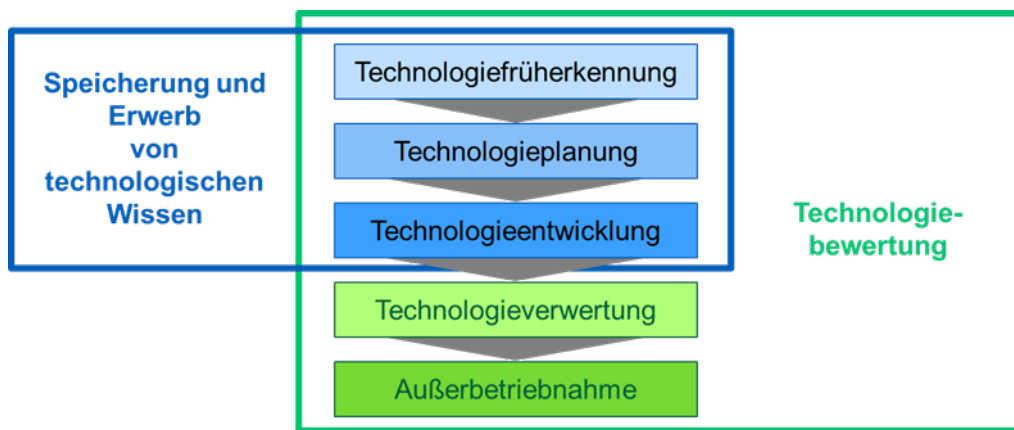


Abbildung 3: Technologiemanagement

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 **Technologiefrüherkennung** 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.