

Beuth Hochschule

BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN
University of Applied Sciences



Fernstudium
**Industrial Engineering und
Management**

Produktion

Produktionsprozesse

Kurseinheit 90

Produktionsprozesse

Dipl.-Ing. Thomas Schulz

Fernstudieninstitut

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.

Besonders dankbar bin ich meinen Kindern Nina Schulz und Florian Schulz für die aufwendige Lektoratsarbeit und die mühevolle computertechnische Erstellung der Abbildungen und Tabellen. Schließlich danke ich Studiengangskoordinatorin Dr. Sandra Bräutigam von der Beuth Hochschule für Technik Berlin für die verständnisvolle Zusammenarbeit bei der Entstehung dieser Kurseinheit.

Thomas Schulz

Berlin, September 2018

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.

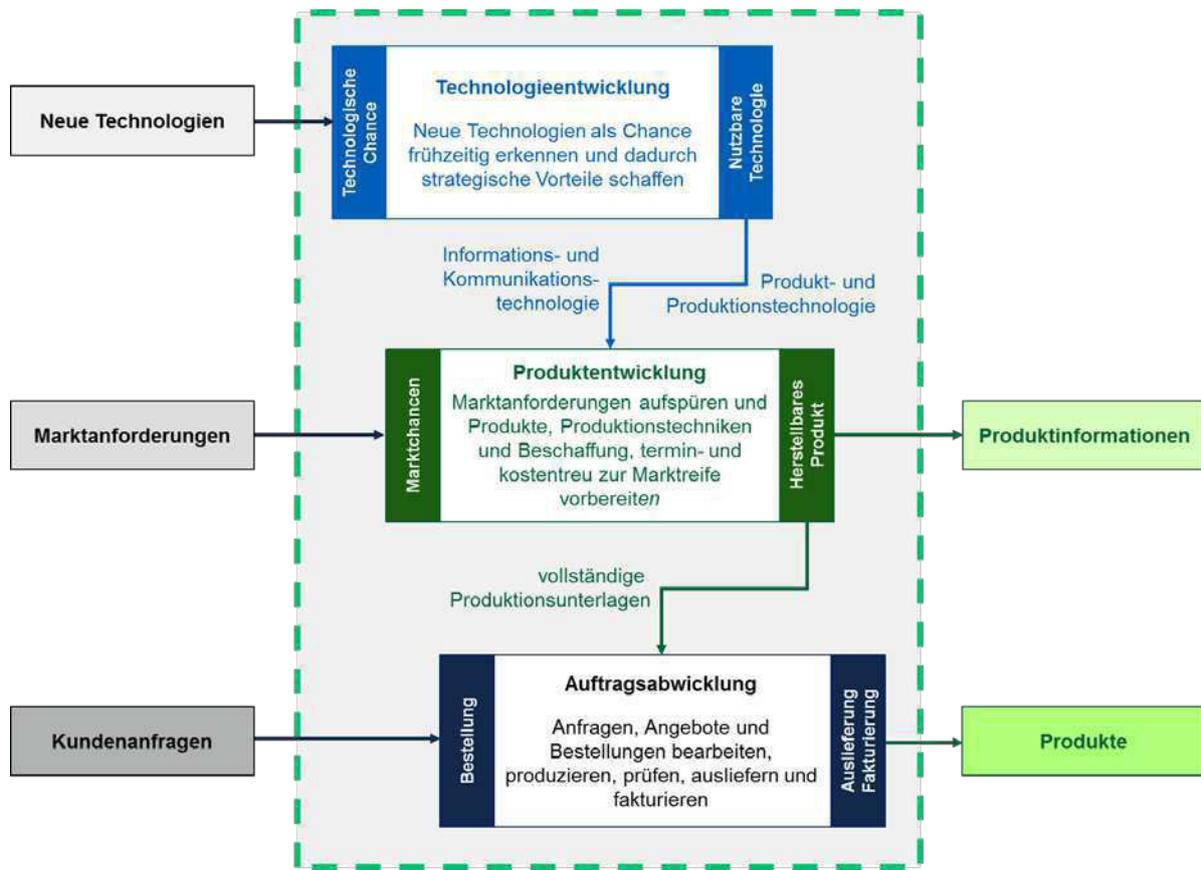


Bild 1.1: Hauptgeschäftsprozesse produzierender Unternehmen

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.

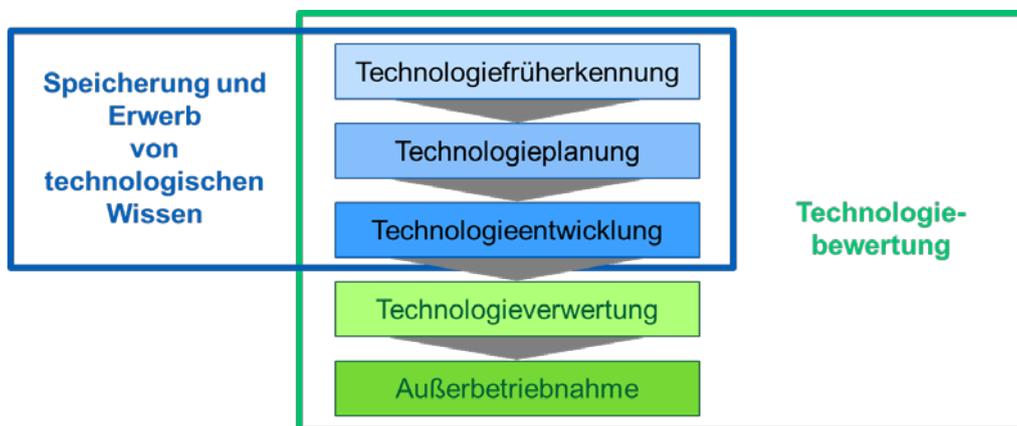


Bild 1.2: Technologiemanagement

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.

Basierend auf dem Leistungspotential der im Unternehmen bestehenden Technologien erfolgen Recherchen und Informationsbeschaffungen sowie eine anschließende Analyse und Prognose der technologischen Potenziale dieser neuen Technologien. Der Synthese von Wissen und allgemein verfügbaren Informationen wird zukünftig eine wachsende Bedeutung zukommen. Hierzu zählt auch die Identifikation von innovativen Lösungsansätzen mittels Analogieschlüssen und Übertragung von anderen Branchen.

Nun gilt es die richtigen Entscheidungen für die zukünftige technologische Ausrichtung des Unternehmens zu treffen. Nach der Technologiebewertung gibt die Technologieauswahl Antwort darauf, welche Technologien zu welchem Zeitpunkt und zu welchem Zweck in einem Unternehmen zur Anwendung kommen sollten. In der Praxis kann dieser Prozess durchaus unterschiedliche einzelne Detaillierungsgrade aufweisen. Woher sind neue Technologien zu beziehen und welche Planung gibt es für den Einsatz von Ressourcen? Konkrete und umsetzbare Vorgaben für die Entwicklung und den nachfolgenden Einsatz sind zu treffen.

Die Entwicklung neuer oder die Erweiterung und Verbesserung im Unternehmen bestehender Technologien kann nun beginnen. Dazu ist ein Zeitrahmen vorzugeben und existierende Ressourcen zu binden und gegebenenfalls extern zu erweitern. Aufgrund der komplexen Inhalte bieten sich Arbeitsteilungen an. Das Ziel ist dabei größtmögliche Synergien bei gleichzeitiger Vermeidung von Redundanzen zu nutzen. Um sich signifikante Wettbewerbsvorteile mit einem reduzierten unternehmerischen Risiko zu sichern, sollten neue Technologien etappenweise eingeführt und bestehende Geschäftsmodelle schrittweise erweitern werden. So können technologische Erfolgspositionen durch die Anwendung herausragenden neuen Fähigkeiten zeitnah erreicht werden.

Schließlich soll die Technologiebewertung technologische Entscheidungen in Bezug auf eine Einführung, Entwicklung, Nutzung oder Verwertung herbeiführen. Sie greift als Querschnittsbereich technologische Bewertungsfragestellungen auf und führt unter Einsatz von Methoden und Kriterien zu objektbezogenen Entscheidungen. Sie sichert auch den Umgang mit Informationen und zwar in Bezug auf deren Beschaffung. Die Bildung und Zusammenführung eines Informationsnetzwerkes mit sowohl internen als auch erweitert um externen Informationsträgern ist erstrebenswert.

1.1.2 Produktentwicklung

Das Entwickeln erfolgreicher Produkte stellt einen wesentlichen Wertschöpfungsfaktor produzierender Unternehmen dar. Die Produktentwicklung hat die Aufgabe, die heterogenen Einflussfaktoren des Produktlebenszyklus in ein Produktkonzept zu implementieren mit der Zielsetzung, das Gesamtoptimum über alle Lebenszyklusphasen anzustreben.

Ein Produkt durchläuft während seiner Lebenszeit Aktivitäten von der Planung hin bis zur Entsorgung bzw. zum Recycling. Diese Aktivitäten werden in Phasen zusammengefasst, für die einzelne Aufgaben und Prozesse definiert sind. Das Bild 1.3. beschreibt den Produktlebenszyklus mit seinen einzelnen Phasen von der Entstehung über die Nutzung bis zur Entsorgung.

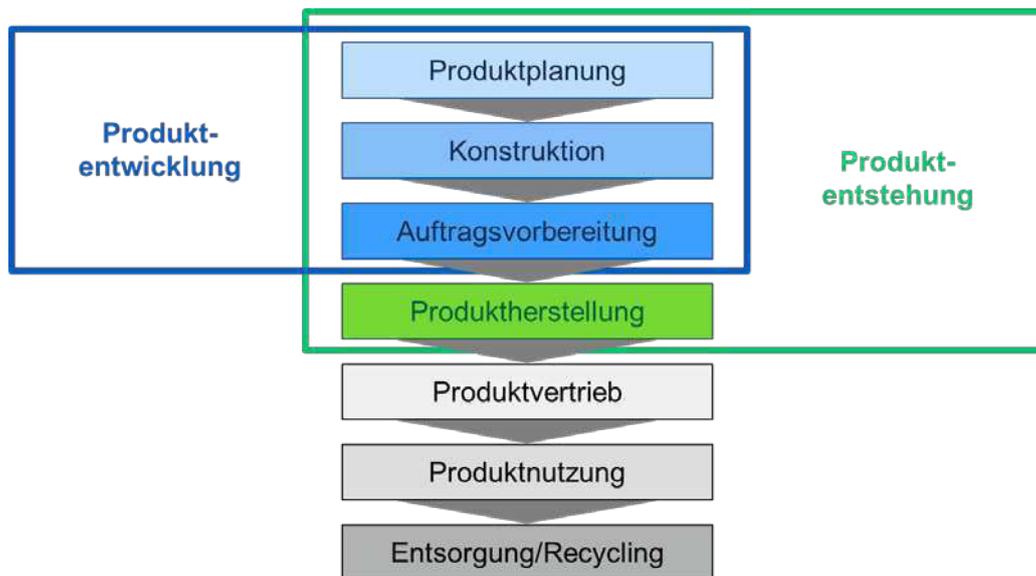


Bild 1.3: Produktlebenszyklus

Zu Beginn des Produktlebenszyklus steht die Produktentwicklung. Diese umfasst die Produktplanung, die Konstruktion und die Prozessentwicklung und beschreibt den Weg von einem prognostizierten Kundenbedarf bis hin zu einem ausgearbeiteten Produkt. Dabei besteht der Produktentwicklungsprozess aus einer Vielzahl thematisch heterogener Teilprozesse, die von der Grundlagenforschung bis zur Detailkonstruktion reichen. Die einzelnen Aufgabenfelder sind unterschiedlichen Fachbereichen zuzuordnen und werden in einer Abfolge von sequentiellen und parallelen Teilprozessen, die miteinander zu koordinieren sind, erarbeitet.

Die Phasen der Produktentwicklung sowie die Produktherstellung werden als Produktentstehung zusammengefasst. Sie beginnt mit der Ermittlung des Bedarfs, der Entwicklung einer Produktidee und endet mit der Produktion des Produktes. Aufbauend auf der Produktplanung, startet die Entwicklung des initialen Anforderungssystems, das innerhalb des Prozesses kontinuierlich weiterentwickelt wird, und endet mit einem produzierbaren und funktionsfähigen Produkt. Innerhalb des Tätigkeitsfelds der Produktentwicklung werden iterative Analyse und Syntheseschritte durchgeführt. Im Rahmen dieses Prozesses ist eine enge Verzahnung der Produktentwicklung mit verschiedenen anderen Fachabteilungen wie der Konstruktion, dem Versuch, der Berechnung und Simulation, dem Prototypenbau aber auch Stabstellen wie Normung und Patentwesen notwendig und anzustreben.

Die Produktentwicklung ist ein interdisziplinärer Prozess im Unternehmen und richtet sich auf einen dokumentenbezogenen Ablauf der Aktivitäten aus. Um die Anforderungen an die Durchlaufzeit zu erfüllen, können Inhalte nicht mehr nur sequentiell bearbeitet werden, sondern werden parallel durchgeführt. Bei dem Produktentstehungsprozess handelt es sich um einen informationsverarbeitenden, größtenteils durch digitale Informationsverarbeitung unterstützten Entscheidungsprozess, in dem das Produkt mit allen Eigenschaften erdacht, konstruiert, simuliert und optimiert wird. Dokumente beschreiben hier eine festgelegte und strukturierte Menge von Informationen, die als Einheit verwaltet und zwischen Anwendern und Systemen ausgetauscht werden kann.

Das Konstruieren wird in der Phase der Konstruktion als ein entwerfendes Problemlösen mit hoher Ergebnisunsicherheit definiert. Es umfasst komplexe Denk- und Handlungsvorgänge mit unterschiedlichen Bearbeitungs-, Beurteilungs- und Entscheidungsabschnitten und wird auch als ein lehr- und erlernbares Vorgehen zu einer systematischen und zielgerichteten Produktgestaltung bezeichnet.

Die Phase der Arbeitsvorbereitung beinhaltet die Prozessentwicklung, in der die technischen und organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden, damit ein Produkt in den Bereichen Teilefertigung und Montage erzeugt werden kann. Hierbei gilt es fertigungs- und montagetechnische Restriktionen in der Prozessplanung zu erkennen und in die weitere Produktgestaltung einfließen zu lassen.

Im Anschluss an die Produktentwicklung und Produktentstehung erfolgt der Vertrieb und die Nutzung des Produkts. Abschließend wird mit der Außerbetriebnahme und der Entsorgung des jeweiligen Produktes gleichzeitig auch das Ende des Produktlebenszyklus eingeleitet.

Obwohl die einzelnen Phasen der Technologie- und der Produktentwicklung durchaus Analogschlüsse zulassen, sind deren prinzipielle Ausrichtungen grundsätzlich sehr verschieden. Das Hauptziel der Technologieentwicklung sind anwendungstaugliche Technologien für Produkte und Produktion mit größtmöglicher Kreativität und Innovationshöhe. Die Produktentwicklung hingegen muss in kurzer Zeit einen hohen Qualitätsanspruch genügendes Produkt zu möglichst geringen Kosten entwickeln.

1.1.3 Auftragsabwicklung

Die Gestaltung der Auftragsabwicklung in einem produzierenden Unternehmen ist eine herausfordernde Aufgabe, insbesondere wenn es sich mitunter um komplexe Prozesse handelt, die viele Teilprozesse umfassen und deren Gestaltung zahlreichen Randbedingungen unterliegt. Der Auftragsabwicklungsprozess umfasst die Teilprozesse zwischen der Auftragserteilung durch einen Kunden bis hin zu Auslieferung eines Produktes an diesen Kunden liegen. Die Aufgabe des Auftragsabwicklungsprozesses aus Sicht des Kunden wird darin gesehen werden, innerhalb einer möglichst kurzen Zeitspanne (Lieferzeit) mit größtmöglicher Termingenauigkeit (Liefertreue) ein Produkt zu liefern, welches den Merkmalen und Gebrauchseigenschaften (Qualität) entspricht.

Das in Bild 1.4 präsentierte Konzept der Auftragsabwicklung abstrahiert die in diesem Kapitel dargestellten Details und stellt eine übergreifende Beschreibung der Hauptprozesse dar. Bei einem Auftrag in der Rechtswissenschaft handelt es sich im Allgemeinen um die Aufforderung einer Person an eine andere, eine bestimmte Handlung durchzuführen. Ein **Kundenauftrag** in der Betriebswirtschaft ist ein Auftrag eines externen Auftraggebers (Kunde) mit einem Unternehmen zur Herstellung und Lieferung eines bestimmten materiellen oder immateriellen Produktes. Ein **Fertigungsauftrag** in der Produktionstechnik ist ein innerbetrieblicher Auftrag zur Produktion einer definierten Menge von einem bestimmten Produkt. Er wird angestoßen durch den Auftrag eines externen Kunden (Kundenauftrag) oder bei größeren Unternehmen durch einen innerbetrieblichen Auftraggeber.

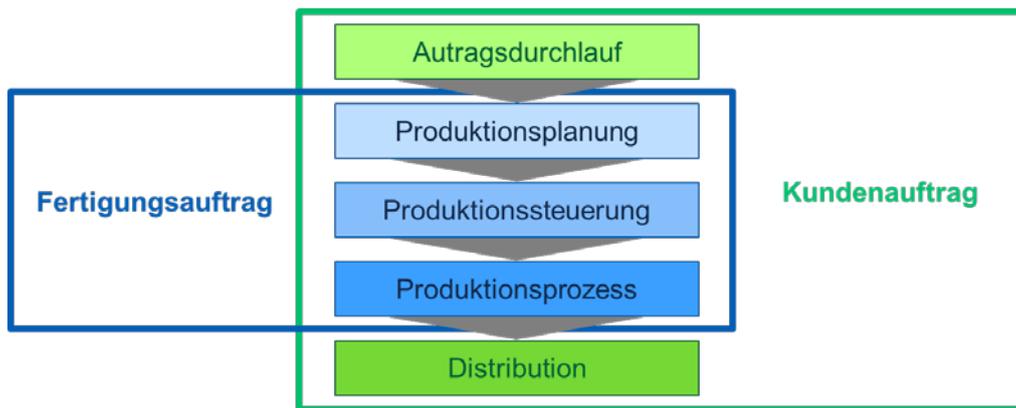


Bild 1.4: Auftragsabwicklung

Durch die hohe Bedeutung des Auftragsabwicklungsprozesses im Hinblick auf den Erfolg eines Unternehmens am Markt und die folglich hohe Motivation diesen wichtigen Prozess optimal zu gestalten, ist es kaum möglich, eine umfassende, allgemeingültige Beschreibung von Auftragsabwicklungsprozessen in produzierenden Unternehmen zu geben. Sind die Produkte eines Unternehmens aus hunderten oder sogar tausenden Komponenten zusammengesetzt, die von einer großen Anzahl Lieferanten bereitgestellt werden müssen, wie z.B. in der Luftfahrtindustrie oder im Automobilbau, sind in der Prozessgestaltung und -bewertung eine so große Zahl von Abhängigkeiten zu berücksichtigen, dass diese Gestaltung ohne Unterstützung moderner Informationstechnologie nur auf einer sehr abstrakten Ebene möglich ist.

Der Prozess der Auftragsabwicklung startet mit dem Erstellen eines Angebots für den Kunden und dem anschließenden Versenden dieses Angebots. Nachdem der Kunde das Angebot angenommen hat wird ihm eine Auftragsbestätigung übermittelt. Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob das auszuliefernde Produkt bereits gefertigt wurde und im Lager verfügbar ist. Von dieser Prüfung hängt ab, welcher Schritt als nächstes folgt. Wenn entweder genügend Produkte im Lager verfügbar sind, kann die Lieferung zusammengestellt und versendet werden. In diesem Fall ist ein Fertigungsauftrag für diesen Kundenauftrag nicht notwendig. Sollte das beauftragte Produkt nicht oder nicht genügender zur Quantität zur Verfügung stehen, muss es produziert werden. Für diesen Fall wird durch die Disposition ein neuer Prozess in Form eines Fertigungsauftrages gestartet. Die Auftragsabwicklung endet mit der Distribution des Produktes und dem Erstellen und Verschicken der Kundenrechnung und der Verbuchung des Zahlungseingangs des Kunden.

Ein Fertigungsauftrag gibt an, welches Produkt zu produzieren ist, wo es produziert werden soll, welche Arbeitsgänge dazu notwendig sind und an welchem Datum produziert werden soll. Er legt außerdem fest, wie die Auftragskosten zu verrechnen sind. Fertigungsaufträge können auch alternativ automatisch durch Umwandlung aus einem Planauftrag erstellt werden. Planaufträge werden im Rahmen der Bedarfsplanung auf jeder Stücklistenstufe zur Bedarfsdeckung erzeugt.

1.2 Steigerung der Wertschöpfung durch Industrie 4.0

Industrie 4.0 bestimmt zurzeit die Diskussion über die Entwicklung der Produktion wie kaum ein anderes Thema. Zentrale Stichworte sind Selbstorganisation, selbstoptimierende Systeme und Produkte, die sich ihren Weg durch die Produktion eigenständig suchen. **Industrie 4.0** meint im Kern die technische Integration von CPS in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industrielle Prozesse - einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation. Der Begriff steht für das übergeordnete Bild, durch die Verschmelzung von Informations- und Kommunikationstechnologie mit der Produktionstechnologie die Wertschöpfung auf eine neue Stufe zu heben.

Das aktuelle Verständnis von Industrie 4.0 umfasst oftmals die Vision einer vollautomatisierten und Technologie-determinierten Entwicklung der deutschen Industrie. Eine praktische Ausgestaltung einer solchen Vision bietet dabei keine hinreichende Option für produzierende Unternehmen - den eigentlichen Treiber der deutschen Wirtschaft. Speziell bei kleineren und mittelständischen Unternehmen sichern die eigenen Mitarbeiter/innen sowie deren Erfahrungen und Arbeitsvermögen maßgeblich den wirtschaftlichen Erfolg und müssen bei der Ausgestaltung von Industrie 4.0-Konzepten und -Technologien in den Fokus gerückt werden.

1.2.1 Industrielle Revolution

Das Produktionsumfeld unterliegt einem erheblichen Wandel. Dieser Wandel zeigt sich in längerfristigen Entwicklungen, die durch globale und nachhaltige Auswirkungen mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit verbunden sind. Diese Auswirkungen stellen die industrielle Produktion bereits heute und verstärkt zukünftig vor großen Herausforderungen.

Eine **Revolution** wird als eine schnelle, radikale (i.d.R. gewaltsame) Veränderung der gegebenen (politischen, sozialen, ökonomischen) Bedingungen definiert: Sie kann allgemein hin als Umbruch oder Umwälzung verstanden werden. Hinsichtlich der Bedeutungsebene gibt es Gemeinsamkeiten zwischen politischen und industriellen Revolutionen, aber die **industrielle Revolution** überträgt die Bedeutungsaspekte auf den radikalen, strukturellen Wandel der Produktionstechniken und die Treiber Mechanisierung, Automatisierung und Rationalisierung. Allerdings umfasst dieser Wandel nicht nur die technisch-wirtschaftlichen Aspekte, sondern schließt auch einen gesellschaftlichen und sozialen Wandel mit ein, sodass bei einer industriellen Revolution stets von einer vielschichtigen, historischen Einheit gesprochen werden kann. Grundsätzlich steht der Begriff Industrie 4.0 für die vierte Revolution der Industrie.

Nicht die Digitalisierung der Produkte und ihrer Produktion ist das wirklich Revolutionäre an Industrie 4.0, sondern die Möglichkeiten der Vernetzung technischer Systeme in Echtzeit. Die damit entstehenden neuen Business Eco-Systeme (also die partnerschaftliche, firmenüb

ergreifende Vernetzung von produzierenden Unternehmen mit Zulieferern, Kunden oder ggf. auch Wettbewerbern) als Basis für neue, teils disruptive Geschäftsmodelle, die Integration des Kunden in

die Produktentstehung und die wirtschaftliche Verlagerung komplexitätsgetriebener Arbeitsinhalte an Kunden und serviceorientierte Wertschöpfungspartner, können mit Fug und Recht als revolutionär bezeichnet werden.

Bild 1.5 liefert eine Übersicht der vier Stufen der industriellen Revolution. Die erste industrielle Revolution wird durch die Mechanisierung der Arbeit charakterisiert. Ansätze einer arbeitsteiligen Massenproduktion führen zur zweiten industriellen Revolution. Mit der Integration von Elektronikkomponenten und Informationstechniken die Produktion kommt es zur dritten industriellen Revolution. Diese hält noch immer an, wird durch die zunehmende Integration des Internets in Geschäftsprozesse jedoch ansteigend von einer vierten Revolution abgelöst.

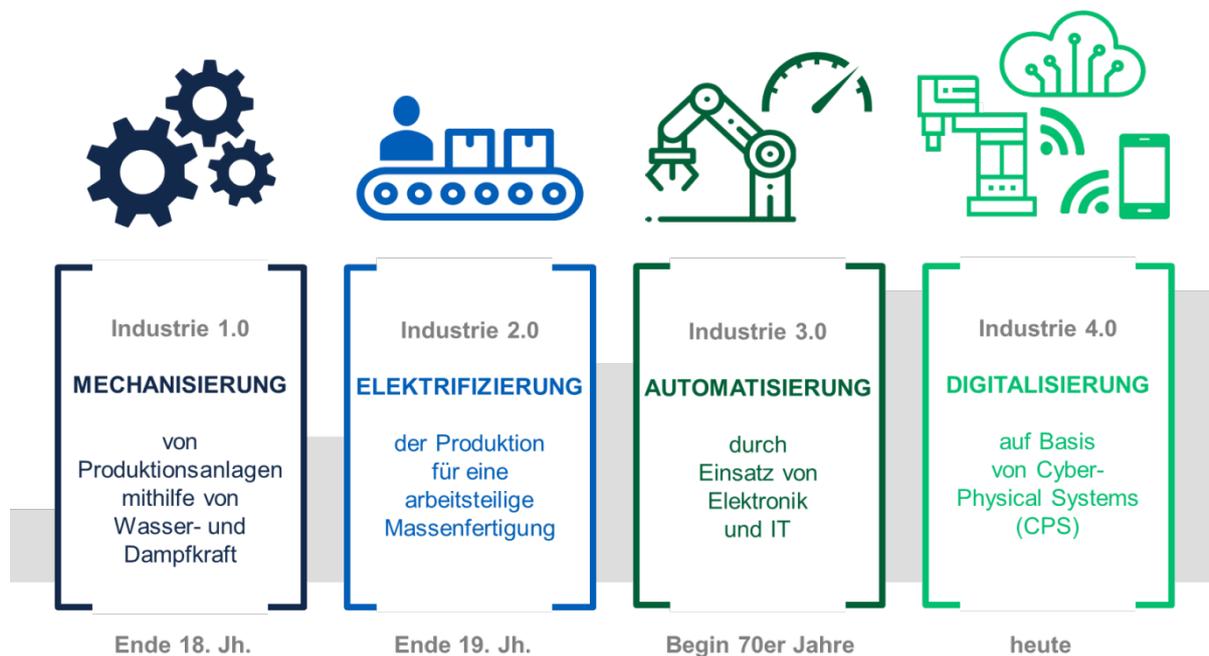


Bild 1.5: Die vier Stufen der Industriellen Revolution

Technologieseitig besteht die eigentliche Revolution in der Verschmelzung der virtuellen mit der realen Welt durch die Nutzung von Echtzeitdaten, der Architekturveränderung technischer Systeme hin zu hochvernetzten und plattformbasierten Cyber-physischen Systemen und der dadurch bewirkten Auflösung der klassischen Automatisierungspyramide.

1.2.2 Entwicklung der Produktionstechnik

Die Vernetzung der Wertschöpfung auf Basis digitaler Technologien und die daraus resultierenden Veränderungen der Wertschöpfungssysteme bedeutet für alle Produktionsverantwortlichen eine Revolution. Falsche Entscheidungen aufgrund fehlender Informationen und die unzureichende Einschätzung von Risiken und Technologiepotenzialen können zu massiven Wettbewerbsnachteilen führen und die langfristige Existenz der betroffenen Unternehmen gefährden.

Unter **Produktionstechnik** werden alle Maßnahmen und Einrichtungen zur industriellen Herstellung von Gütern zusammengefasst. In allen Branchen der produzierenden Industrie finden sich