

# DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule  
University of Applied Sciences

diploma.de

Ronte / Karwatt

## Produktionswirtschaft I

Studienheft Nr. 397

4. korrigierte Auflage 01/2022

## **Verfasser**

**Dr. rer. oec. habil. Kurt Ronte**

## **Überarbeitungen**

**Burkhard Lange**

**Lothar Karwatt (Dipl.-Kfm.)**

Dozent im Fachbereich Wirtschaft an der DIPLOMA Hochschule

© by DIPLOMA Private Hochschulgesellschaft mbH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

### **DIPLOMA Hochschule**

University of Applied Sciences

Am Hegeberg 2

37242 Bad Sooden-Allendorf

Tel. +49 (0) 56 52 58 77 70, Fax +49 (0) 56 52 58 77 729

## Hinweise zur Arbeit mit diesem Studienheft

Der **Inhalt** dieses Studienheftes unterscheidet sich von einem Lehrbuch, da er **speziell für das Selbststudium aufgearbeitet** ist.

In der Regel beginnt die Bearbeitung mit einer Information über den Inhalt des Lehrstoffes. Diese Auskunft gibt Ihnen das **Inhaltsverzeichnis**.

Beim Erschließen neuer Inhalte finden Sie meist Begriffe, die Ihnen bisher unbekannt sind. Die **wichtigsten Fachbegriffe** werden Ihnen übersichtlich in einem dem Inhaltsverzeichnis nachgestellten **Glossar** erläutert.

Den einzelnen Kapiteln sind **Lernziele** vorangestellt. Sie dienen als Orientierungshilfe und ermöglichen Ihnen die Überprüfung Ihrer Lernerfolge. Setzen Sie sich **aktiv** mit dem Text auseinander, indem Sie sich Wichtiges mit farbigen Stiften kennzeichnen. Betrachten Sie dieses Studienheft nicht als "schönes Buch", das nicht verändert werden darf. Es ist ein **Arbeitsheft, mit und in dem Sie arbeiten sollen**.

Zur **besseren Orientierung** haben wir Merksätze bzw. besonders wichtige Aussagen durch Fettdruck und/oder Einzug hervorgehoben.

Lassen Sie sich nicht beunruhigen, wenn Sie Sachverhalte finden, die zunächst noch unverständlich für Sie sind. Diese Probleme sind bei der ersten Begegnung mit neuem Stoff ganz normal.

Nach jedem größeren Lernabschnitt haben wir Übungsaufgaben eingearbeitet, die mit „**SK = Selbstkontrolle**“ gekennzeichnet sind. Sie sollen der Vertiefung und Festigung der Lerninhalte dienen. Versuchen Sie, die ersten Aufgaben zu lösen und die Fragen zu beantworten. Dabei werden Sie teilweise feststellen, dass das dazu erforderliche Wissen nach dem ersten Durcharbeiten des Lehrstoffes noch nicht vorhanden ist. Gehen Sie diesen Inhalten noch einmal nach, d. h. durchsuchen Sie die Seiten gezielt nach den erforderlichen Informationen.

Bereits während der Bearbeitung einer Frage sollten Sie die eigene Antwort schriftlich festhalten. Erst nach der vollständigen Beantwortung **vergleichen Sie Ihre Lösung mit dem** am Ende des Studienheftes **angegebenen Lösungsangebot**.

Stellen Sie dabei fest, dass Ihre eigene Antwort unvollständig oder falsch ist, müssen Sie sich nochmals um die Aufgabe bemühen. Versuchen Sie, jedes behandelte Thema vollständig zu verstehen. **Es bringt nichts, Wissenslücken durch Umblättern zu übergehen**. In vielen Studienfächern baut der spätere Stoff auf vorhergehendem auf. Kleine Lücken in den Grundlagen verursachen deshalb große Lücken in den Anwendungen.

Zudem enthält jedes Studienheft **Literaturhinweise**. Sie sollten diese Hinweise als ergänzende und vertiefende Literatur bei Bedarf zur Auseinandersetzung mit der jeweiligen Thematik betrachten. Finden Sie auch nach intensivem Durcharbeiten keine zufriedenstellenden Antworten auf Ihre Fragen, **geben Sie nicht auf. Wenden Sie sich** in diesen Fällen schriftlich

oder fernmündlich **an uns**. Wir stehen Ihnen mit Ratschlägen und fachlicher Anleitung gern zur Seite.

Wenn Sie **ohne Zeitdruck** studieren, sind Ihre Erfolge größer. Lassen Sie sich also nicht unter Zeitdruck setzen. **Pausen** sind wichtig für Ihren Lernfortschritt. Kein Mensch ist in der Lage, stundenlang ohne Pause konzentriert zu arbeiten. Machen Sie also Pausen: Es kann eine kurze Pause mit einer Tasse Kaffee sein, eventuell aber auch ein Spaziergang an der frischen Luft, sodass Sie wieder etwas Abstand zu den Studienthemen gewinnen können.

Abschließend noch ein formaler Hinweis: Sofern in diesem Studienheft bei Professionsbezeichnungen und/oder Adressierungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form Verwendung findet (z. B. „Rezipienten“), sind dennoch alle sozialen Geschlechter, wenn kontextuell nicht anders gekennzeichnet, gemeint.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Bearbeitung dieses Studienheftes.

Ihre

DIPLOMA  
Private Hochschulgesellschaft mbH

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Glossar</b>	<b>5</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>7</b>
<b>2 Grundlagen der Produktionswirtschaft</b>	<b>8</b>
2.1 Gegenstand der Produktionswirtschaft	8
2.2 Elemente des Produktionssystems	10
2.3 Einordnung der Produktionswirtschaft in die Tätigkeit des Unternehmens	12
<b>3 Organisation der Produktion</b>	<b>15</b>
3.1 Technologischer Prozess und Produktionsmanagement	15
3.2 Gesetzmäßigkeiten des Fertigungsablaufes	16
3.2.1 Reihenverlauf:	17
3.2.2 Parallelverlauf:	17
3.2.3 Kombiniertes Verlaufs:	18
3.3 Fertigungsarten	18
3.4 Fertigungsprinzipien	19
<b>4 Langfristige (strategische) Produktionsprogrammplanung</b>	<b>26</b>
4.1 Produktionsprogrammplanung	26
4.2 Potenzialplanung	27
4.3 Die optimale Bestellmenge:	28
<b>4.4 Produktionsprogrammsteuerung (PPS):</b>	<b>35</b>
4.4.1 Lineare Optimierung des Produktionsprogramms	35
<b>Literaturempfehlungen und Quellenverzeichnis</b>	<b>62</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Elemente des Produktionssystems, Quelle: Darstellung des Urautors	10
Abbildung 2: Aufgabenbereiche des Produktionsmanagements, Quelle: Darstellung des Urautors	13
Abbildung 3: Reihenverlauf, Parallelverlauf und kombinierter Verlauf der Fertigung, Quelle: Darstellung des Urautors	16
Abbildung 4: Werkstattfertigung, Quelle: Vorlesungsunterlagen des Bearbeiters Dipl.-Kfm. Lothar Karwatt	20
Abbildung 5: Mögliche Ausprägungen des Flussfertigungsprinzips, Quelle: Vorlesungsunterlagen des Bearbeiters Dipl.-Kfm. Lothar Karwatt	22
Abbildung 6: Produktionsprogrammplanung, Quelle: Darstellung des Urautors	26
Abbildung 7: Durchschnittlicher Lagerbestand bei kontinuierlichem Verbrauch, Quelle: Bloech et alii, Einführung in die Produktion, S. 164	29
Abbildung 8: Kostensituation bei optimaler Bestellmenge, Quelle: vgl. Abb.7, hier: S. 167	33
Abbildung 9: Bewertungsverfahren I, Quelle: Darstellung des Urautors	46
Abbildung 10: Bewertungsverfahren II, Quelle: Darstellung des Urautors	46
Abbildung 11: Prozess-Layout, Quelle: Darstellung des Urautors	47
Abbildung 12 Produkt-Layout, Quelle: Darstellung des Urautors	47
Abbildung 13: Layout mit fester Position, Quelle: Darstellung des Urautors	48

# Produktionswirtschaft I

## Glossar

<b>Andler'sche Formel</b>	Mit Hilfe der Andler'schen Formel kann die optimale Bestellmenge ermittelt werden.
<b>Differenzierung</b>	Horizontale (neue Produktvarianten) oder vertikale (vor- oder nachgelagerte Produktionsstufen) Vertiefung des Produkionsassortiments
<b>Fixe Kosten</b>	Kosten, die unabhängig vom Output konstant bleiben
<b>Input</b>	Produktionsfaktoren (Arbeitskraft, Betriebsmittel, Material) für die Leistungserstellung
<b>Kontinuität</b>	Stetigkeit des Fertigungsablaufs
<b>Lagerliegezeit</b>	Die Lagerliegezeit ergibt sich als Division der Periodendauer durch die optimale Bestellhäufigkeit.
<b>Layout</b>	Räumliche Gestaltung der Produktionsstätte und Anordnung der Betriebsmittel
<b>Lineare Optimierung</b>	Verfahren des Operation Research zur Bestimmung einer Optimallösung von linearen Gleichungen mit linearen Nebenbedingungen
<b>Los</b>	Zusammenfassung gleicher Erzeugnisse oder Teile zu einer Produktionseinheit
<b>Optimale Bestellmenge</b>	Sie ist als kostenminimale Menge zu berechnen, die bestimmt, wie viele Einheiten eines Rohstoffes, Hilfsstoffes oder von Fertigbauteilen ein Produktionsbetrieb am ökonomischsten bei der Lieferkette ordert.
<b>Optimale Bestellhäufigkeit</b>	Die optimale Bestellhäufigkeit ergibt sich aus der Division des Gesamtbedarfs durch die optimale Bestellmenge.
<b>Optimaltableau</b>	Das letzte Simplextableau in der Berechnung, welches das optimale Produktionsprogramm wiedergibt
<b>Output</b>	Produkte (Sachgüter, Dienstleistungen) als Ergebnis der Leistungserstellung
<b>Pivot-Element</b>	Steht in der Kreuzung von Pivotspalte und Pivotzeile, um im nächsten Tableau auf 1 normiert zu werden, damit die maximale Verdrängung der bisherigen Zielvariablen zu erreichen.
<b>Pivot - Spalte</b>	Bestimmt sich durch die kleinste absolute Zahl in der Zielzeile eines Simplextableaus mit Ausnahme der Position der T-Spalte und stellt sicher, dass im nächsten Tableau nach dem Grundsatz des "steepest unit ascent" der größte Deckungsbeitragszugewinn erzielt wird.

# Produktionswirtschaft I

<b>Pivot - Zeile</b>	Errechnet sich durch Division der Glieder der T-Spalte durch die zugeordneten Glieder der Pivotspalte, wobei das errechnete Minimum die Pivotzeile bestimmt.
<b>Parallelität</b>	Grad der gleichzeitigen Bearbeitung von Teilen eines Erzeugnisses in mehreren Arbeitsgängen
<b>Proportionalität</b>	Relationen zwischen einzelnen Arbeitsgängen für Arbeitskraft und Betriebsmittel
<b>Schattenpreis</b>	Maximaler Preis, um von einem Drittanbieter zusätzliche, mangelnde und durch das optimale Produktionsprogramm auf Null heruntergefahrte Produktionskapazitäten zu erwerben, um die noch freien Kapazitäten anderer Abteilungen nutzen zu können.
<b>Schlupfvariable</b>	Variable, die in eine Ungleichung auf einer Seite addiert wird, um aus der Ungleichung eine Gleichung zu erstellen.
<b>Simplex - Algorithmus</b>	Mathematisches Verfahren zur Ermittlung des optimalen Produktionsprogrammes beim Vorliegen mehrerer Engpässe
<b>Tableau</b>	Mathematische Matrix mit Überschriften an den Zeilen - und Spalteneingängen zur Lösung von linearen Gleichungen mit linearen Nebenbedingungen
<b>Transformation</b>	Prozesse der Leistungserstellung (technologische Prozesse, Produktionsmanagement)
<b>Variable Kosten</b>	Kosten, die abhängig vom Output steigen, wobei in der Regel ein bestimmtes Anstiegsverhalten (linear, progressiv, degressiv, logistisch usw.) beobachtet werden kann.



## 1 Einführung

Die Produktionswirtschaft ist ein zentraler Bestandteil der Betriebswirtschaftslehre und befasst sich mit der Leistungserstellung im Betrieb. Dafür ist es zuerst notwendig, die Voraussetzungen zu schaffen, d. h. die Produktionsfaktoren Betriebsmittel, Werkstoffe und Arbeitskräfte bereitzustellen. In einem Transformationsprozess vollzieht sich dann durch die Kombination dieser Produktionsfaktoren die Herstellung der Endprodukte des Betriebes in der Form von Sachgütern und / oder Dienstleistungen.

Dieser Gegenstand der Produktionswirtschaft wird im Rahmen des Lehrgebietes der **Betriebswirtschaftslehre** in zwei Studienheften behandelt.

**Im 1. Studienheft** werden einleitend die **Grundlagen der Produktionswirtschaft** dargelegt. Dazu gehören ihr Gegenstand, ihre Einordnung in die gesamte Tätigkeit eines Unternehmens und die Wechselbeziehungen zu anderen wesentlichen Aufgaben der betrieblichen Tätigkeit, wie z. B. zur Beschaffung der Produktionsfaktoren und zum Absatz der Endprodukte.

Im **zweiten Abschnitt** werden grundlegende Möglichkeiten der **Organisation der Produktion** erörtert. So ergeben sich beispielsweise wesentliche Unterschiede für die Art und Weise der Leistungserstellung in Abhängigkeit davon, ob in einem Unternehmen nur ein bestimmtes Erzeugnis oder wechselseitig unterschiedliche Erzeugnisse hergestellt werden sollen, ob es sich um eine kleine oder große Stückzahl der Erzeugnisse handelt. Die daraus und aus weiteren Einflussfaktoren resultierenden Konsequenzen für die Organisation der Produktion - die Anwendung entsprechender Produktionsprinzipien - sind Schwerpunkt dieses Abschnittes.

Der **dritte Abschnitt** beinhaltet die Aufgaben der **strategischen Planung der Produktion**. Ausgehend von der Notwendigkeit der Festlegung des Produktionsprogramms gilt es, den optimalen Einsatz der Produktionsfaktoren vorzubereiten. Zur Festlegung der erforderlichen Kapazitäten für bestimmte Zeiträume und die prinzipielle Gestaltung des Produktionsablaufes werden bewährte Entscheidungsverfahren der Produktionsprogrammsteuerung in Gestalt des **primalen Simplex - Algorithmus** herangezogen.

**Im 2. Studienheft** folgen dann ergänzend die **Aufgaben der kurzfristigen Planung und Steuerung** sowie der Kontrolle und Abrechnung der Produktion. Hierbei stehen die klassischen Produktions- und Kostenfunktionen im Vordergrund, einher gehend mit den Studienprogrammen aller deutschen Hochschulen macht die **Produktions- und Kostentheorie** den Schwerpunkt dieses 2. Heftes aus.-

## 2 Grundlagen der Produktionswirtschaft

### Lernziele:

Nach der Bearbeitung dieses 2. Kapitels sollen Sie:

- den Produktbegriff definieren und verschiedene Produktarten unterscheiden können.
- Elemente des Produktionssystems nennen können.
- die Produktionsfaktoren als wichtigen Teil der Produktion unterscheiden können.
- die Produktion in die gesamte Unternehmenstätigkeit einordnen können.
- den Gegenstand, die Voraussetzungen und Stellung der Produktion im Betrieb verstehen und erklären können.

### 2.1 Gegenstand der Produktionswirtschaft

Der **Gegenstand der Produktionswirtschaft** in diesem Prozess ist die **Leistungserstellung, d. h. die Erzeugung von Wirtschaftsgütern (Produkten)**. Da die Produktionswirtschaft die Voraussetzungen für eine mögliche Bedürfnisbefriedigung schafft, kommt ihr in der Betriebswirtschaftslehre eine zentrale Stellung zu. Andererseits ist festzustellen, dass die Bedürfnisse der Menschen die Ziele der Produktionswirtschaft bestimmen.

Die Produktion umfasst alle Arten der betrieblichen Leistungserstellung. Das sind die Produkte aus solchen Wirtschaftsbereichen wie der Industrie, der Bauwirtschaft, dem Handwerk, den Banken und Versicherungen, dem Transport und Verkehr, dem Tourismus und anderen Dienstleistungsbereichen. Entsprechend dieser Vielfalt werden in der betriebswirtschaftlichen Literatur auch verschiedene Möglichkeiten der Einteilung angeboten, wobei alle Produktarten durch die Zielstellung der Bedürfnisbefriedigung verbunden bleiben.

In diesem Sinne definiert SABISCH:

**„Ein Produkt (im allgemeinsten Sinne) ist eine vom Unternehmen im Markt angebotene Leistung, die durch ihre spezifischen Funktionen und Eigenschaften geeignet ist, konkrete Bedürfnisse der Kunden nutzbringend zu befriedigen. Damit ist zugleich eine technisch, wirtschaftlich und sozial determinierte Problemlösung beim Nachfrager bzw. für die Gesellschaft insgesamt verbunden, deren Beurteilung objektive und subjektive Kriterien zu Grunde liegen.“**

Die Produktarten können nach folgenden Gesichtspunkten eingeteilt werden:

- a) nach der **Gegenständlichkeit** in
  - **materielle Produkte**, die auch als **Sachgüter** bezeichnet werden,
  - **immaterielle Produkte**, worunter besonders **Dienstleistungen** und **Rechte** verstanden werden.
  
- b) nach dem **Wirtschaftszweig** in
  - **industrielle Produkte** als Erzeugnisse der Industrie,
  - **nichtindustrielle Produkte** als Güter anderer Wirtschaftsbereiche, wie der Landwirtschaft, des Handels, des Bankwesens u. a.

# Produktionswirtschaft I

c) nach der **Stellung im volkswirtschaftlichen Kreislauf** in

- **Produktionsgüter**, die z. B. als Betriebsmittel für Investitionen dienen,
- **Konsumgüter**, die unmittelbar der Bedürfnisbefriedigung dienen.

d) nach der **Nutzbarkeit** in

- **Gebrauchsgüter**, die über einen längeren Zeitraum zur Nutzung zur Verfügung stehen, wie Maschinen oder Kühlschränke,
- **Verbrauchsgüter**, die nur einmalig verbraucht werden können, wie Benzin oder Lebensmittel.

Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Rolle der **Erstellung von Dienstleistungen** zu.

Dienstleistungen sind nach MEFFERT wie folgt definiert:

**Dienstleistungen sind selbstständige, marktfähige Leistungen, die mit der Bereitstellung und (oder) dem Einsatz von Leistungsfähigkeiten verbunden sind. Interne und externe Faktoren werden im Rahmen des Erstellungsprozesses kombiniert. Die Faktorenkombination des Dienstleistungsanbieters wird mit dem Ziel eingesetzt, an den externen Faktoren, an Menschen oder an deren Objekten Nutzen stiftende Wirkungen zu erzielen.**

Auch dies ist gleichbedeutend mit einem Produktionsvorgang, der allerdings einige Besonderheiten aufweist:

**a) Dienstleistungen sind immateriell, d.h.**, man kann sie nicht berühren oder körperlich anfassen (kein haptischer Impuls). Infolgedessen muss bei **ihrem Angebot eine Materialsierung dahingehend erfolgen**, dass ihre materielle Ausprägung, also die durch sie vorgenommene materielle Umgestaltung (**Beispiel**: Darstellung eines Haarschnittes anhand "Vorher - Nachher" - Abbildung) herausgestellt wird bzw. ihr Umfeld materialisiert wird (Beispiel: schmuckvolle Ausgestaltung einer Eintrittskarte).

**b) Dienstleistungen sind nicht lagerfähig.** (**Beispiel**: Ein Hotelzimmer ist entweder gebucht oder nicht, es gibt keinen Zwischenzustand). Somit muss die Koordination zwischen Herstellung und Nachfrage optimiert werden, und die Kapazitätsplanung muss hohen Flexibilitätsansprüchen genügen.

**c) Dienstleistungen sind nicht transportabel.** (**Beispiel**: Ein Fußballheimspiel des FC Bayern München findet in der Allianz-Arena statt. Das originäre Ereignis ist hieran räumlich fixiert, eine Übertragung des Fußballspieles, auf welchen Kanälen auch immer, ist nicht identisch zur Anwesenheit als Zuschauer im Stadion).

d) Bei **Dienstleistungen erfolgen Produktion und Konsumtion gleichzeitig**. Wir sprechen vom "**uno-actu-Prinzip**". (**Beispiel**: Der Student X konsumiert die Vorlesung des Professors Y zeitgleich, während der Professor sie abhält).

Der **Gegenstand der Produktionswirtschaft** wird im doppelten Sinn verstanden:

- einerseits als der Prozess der Leistungserstellung, als **Kombinationsprozess der Einsatzfaktoren** und damit als wesentliche Phase des Betriebsprozesses (Transformation)

- andererseits als Bereitstellung der produzierten Wirtschaftsgüter, als **Ergebnis dieses wertschöpfenden Prozesses** (Output)

# Produktionswirtschaft I

Vor allem im Bereich der industriellen Produktion wird der Prozess der Leistungserstellung auch als **Fertigung** bezeichnet. In den weiteren Ausführungen zur Produktionswirtschaft wird insbesondere die **industrielle Produktion als Grundlage** dienen. Aber ein Hinweis sei gestattet: Lassen Sie bei Ihren Studien niemals die Dienstleistungswirtschaft aus Ihrem Hinterkopf!

**Merke:** Der Gegenstand der Produktionswirtschaft sind der Prozess und das Ergebnis der Leistungserstellung im Betrieb. Durch die Kombination der erforderlichen Einsatzfaktoren werden verschiedene Wirtschaftsgüter produziert, die der Bedürfnisbefriedigung dienen.

Bei der industriellen Produktion wird der Prozess der Leistungserstellung als Fertigung bezeichnet.

Immer mehr an Bedeutung erlangt die Dienstleistungswirtschaft, bei welcher die Dienstleistung das immaterielle Pendant zum Produktionsgut darstellt; darüber hinaus haben Dienstleistungen weitere zu berücksichtigende Besonderheiten aufzuweisen.

## 2.2 Elemente des Produktionssystems

Zahlreiche Betriebswirtschaftler interpretieren das Unternehmen ( rechtliche Wirtschaftseinheit) bzw. den Betrieb (Stätte der Leistungserstellung) als ein System. Bei diesem methodischen Herangehen wird die Leistungserstellung als Subsystem Produktion mit folgenden Elementen betrachtet:

Input	Transformation	Output
Produktionsfaktoren	Prozesse	Produkte
- Arbeitskraft - Betriebsmittel - Werkstoffe ( Material ) - Informationen	- Technologischer Prozess - Produktionsmanagement	- Sachgüter - Dienstleistungen

Abbildung 1: Elemente des Produktionssystems, Quelle: Darstellung des Urautors

Von den Elementen wurde bereits das Ergebnis der Leistungserstellung, die Bereitstellung von Wirtschaftsgütern oder Produkten, als **Output** vorgestellt.

Der Produktionsprozess erfordert aber zu Beginn als **Input** die Beschaffung der notwendigen Produktionsfaktoren. Auch diese werden - ähnlich wie die Produkte - nach mehreren Gesichtspunkten untergliedert.

Zuerst wird grundsätzlich zwischen **Elementarfaktoren**, die für die Kombination im technologischen Prozess bereitzustellen sind und dem **dispositivem Faktor**, oft auch mit Management gleichgesetzt, der diese Kombination zu gestalten hat, unterschieden.

# Produktionswirtschaft I

Zu den **Elementarfaktoren** gehören:

- die objektbezogene menschliche Arbeit,
- die Betriebsmittel,
- die Werkstoffe (Material)
- und, in neuerer Literatur, Informationen (als Produktionsfaktor des 21. Jahrhunderts).

Der **dispositive Faktor** gliedert sich in den **originären Faktor** (Leitung, Management) und in die **derivativen Faktoren** Organisation, Planung und Kontrolle der betrieblichen Prozesse.

Diese Tätigkeiten werden auch als **Managementfunktionen** charakterisiert.

**Weiterhin werden die Produktionsfaktoren noch nach folgenden Kriterien eingeteilt:**

a) nach der **Nutzbarkeit** in

- **Potenzialfaktoren**, die über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehen, wie Arbeitskräfte und Maschinen als Betriebsmittel,
- **Repetierfaktoren**, die bei einmaliger Nutzung verbraucht werden, wie z. B. Rohstoffe oder Energie.

b) nach der **Gattung** in

- **personale Produktionsfaktoren**, d. h., die an die Arbeitskräfte gebundenen,
- **sachliche Produktionsfaktoren**, wozu alle anderen gehören.

c) nach der **Materialität** in

- **materielle Produktionsfaktoren**, wie Maschinen und Material,
- **immaterielle Produktionsfaktoren**, wie Schutzrechte oder Beratungsleistungen.

Die **Transformation** des Input in den Output vollzieht sich

- einerseits als **technologischer Prozess**, also in Formänderungen oder Stoffumwandlungen durch physikalische oder chemische Prozesse.

- andererseits als **Produktionsmanagement - Informationsverarbeitungsprozess**, der die Gestaltung der Produktionsabläufe zum Ziel.

Wesentliche Einzelaufgaben des Produktionsmanagements werden in Wechselwirkung mit anderen betrieblichen Hauptfunktionen im nächsten Abschnitt erläutert.

**Merke:**

**Das Produktionssystem umfasst**

- als Input die Produktionsfaktoren,
- als Transformation den technologischen Prozess und das Produktionsmanagement
- als Output die Wirtschaftsgüter bzw. Produkte

Dabei werden die Produktionsfaktoren nach ihrer Funktion, Stellung und Nutzung im Fertigungsprozess weiter differenziert, insbesondere in die Elementarfaktoren objektbezogene menschliche Arbeit, Betriebsmittel und Werkstoffe sowie den dispositiven Faktor, der die Managementfunktionen Leitung, Planung, Organisation und Kontrolle einschließt.

## 2.3 Einordnung der Produktionswirtschaft in die Tätigkeit des Unternehmens

Aus den Elementen des Produktionssystems ergibt sich die Notwendigkeit, die Produktionsfunktion als Leistungserstellung im Zusammenhang mit weiteren betrieblichen Hauptfunktionen zu betrachten, die den **Güterstrom** und den **Geldstrom** im Unternehmen zu realisieren haben. Dazu gehören vor allem:

### **Beschaffung:**

Sie umfasst alle vorbereitenden und ausführenden Tätigkeiten, die der **Bereitstellung** von Arbeitskräften, Sachgütern, Rechten und Dienstleistungen (d. h. allen Produktionsfaktoren) dienen. Diese Aufgaben werden im Unternehmen in der Regel von den Fachbereichen für Personalwirtschaft, Anlagenwirtschaft und Materialwirtschaft wahrgenommen.

### **Absatz:**

Dazu gehören alle vorbereitenden und ausführenden Tätigkeiten, die der entgeltlichen **Verwertung** von Betriebsleistungen (Produkten) am Absatzmarkt dienen. Diese Aufgaben der Marktforschung, Marktvorbereitung, Vertragstätigkeit und des Vertriebes werden in der Regel im Fachbereich für Marketing und Absatzwirtschaft durchgeführt.

### **Logistik:**

Unter Logistik, die von der Militärwissenschaft in die Betriebswirtschaftslehre übernommen wurde, wird die Sicherstellung der Verfügbarkeit aller Elemente des betrieblichen Leistungsflusses verstanden. Sie stellt sich in Aktivitäten eines Transfers von Personen und Sachen durch Raum und Zeit unter Umgruppierung dar. Das bedeutet die Überbrückung räumlicher, zeitlicher und mengenmäßiger Differenzen und schließt den dafür notwendigen Transport sowie die Lagerhaltung ein. Während Beschaffung, Produktion und Absatz in der Regel von spezialisierten Fachbereichen wahrgenommen werden, wird unter Logistik eine **Querschnittsaufgabe** verstanden, die innerhalb und zwischen diesen Bereichen sowie mit Lieferanten und Kunden zu realisieren ist.

### **Finanzierung:**

Sie umfasst alle Maßnahmen, die der **Beschaffung und Bereitstellung** von Geld und anderen finanziellen Mitteln für die Produktionsfaktoren und die betriebliche Leistungserstellung dienen. Sie ist eng mit der Kontrolle aller finanziellen Ströme im Unternehmen durch das Rechnungswesen verbunden und wird von Spezialisten des Unternehmens oder beauftragten Beratern wahrgenommen.

In der praktischen betrieblichen Tätigkeit ergeben sich bei der Leistungserstellung vielfältige **Aufgaben der Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Fachbereichen**. So müssen Produktion und Absatz vor allem bei der Festlegung des Produktions- und Absatzprogrammes des Unternehmens eng zusammenwirken, während die termin- und qualitätsgerechte Bereitstellung der notwendigen Produktionsfaktoren eine gute Abstimmung zwischen der Produktion und den verschiedenen Beschaffungsbereichen erfordert.

Diese Zusammenarbeit ist als strategische und planende Tätigkeit den langfristigen und kurzfristigen Erfordernissen des Produktionsprozesses anzupassen. So verlangt die **Anschaffung** eines Betriebsmittels mit langjähriger Nutzungsdauer auch eine langfristig vorausschauende strategische Entscheidung.

Demgegenüber wird die **Materialbereitstellung und Lagerhaltung** für Rohstoffe eher eine sich kurzfristig wiederholende Tätigkeit sein.

Bei der folgenden Darstellung sollten Sie beachten, dass **einige der Problemfelder nur sehr mittelbar mit der eigentlichen Produktionswirtschaft zusammenhängen**.

# Produktionswirtschaft I

So sind Produkt - und Programmgestaltung oft von der Marktforschung induziert und schließlich über das betriebliche Zielsystem vorgegeben. Die **Produktionswirtschaft bietet** hierfür lediglich **Lösungen** an.

Elemente	Strategisches Produktionsmanagement	Taktisches Produktionsmanagement	Operatives Produktionsmanagement
Produkt- und Programmgestaltung	Festlegung der Produktfelder	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konkretisierung der Produktfelder nach Art und Qualität</li> <li>- Festlegung der Breite und Tiefe des Produktionsprogrammes</li> <li>- Planung neuer Produkte</li> <li>- Verbesserung vorhandener Produkte</li> </ul>	Festlegung des Produktionsprogramms hinsichtlich Art und Weise der Produktion
Potenzialgestaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapazitätsdimensionierung</li> <li>- Festlegung der Kapazitätsarten</li> <li>- Langfristige Rohstoffversorgung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal- und Maschinenausstattung</li> <li>- Technologieeinsatz</li> <li>- Festlegung der Bestellpolitik</li> <li>- Bestimmung optimaler Losgrößen</li> </ul>	Bereitstellung der Produktionsfaktoren für ein gegebenes Produktionsprogramm <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschaffung von Repetierfaktoren</li> <li>- Reservierung vorhandener Anlagen</li> <li>- Einsatz der Mitarbeiter</li> </ul>
Prozessgestaltung und -steuerung	Festlegung des generellen Prozessablaufes in der Produktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Festlegung des Produktionstyps</li> <li>- Festlegung des technologischen Verfahrens</li> <li>- Festlegung der innerbetrieblichen Standorte</li> </ul>	Sicherstellung des optimalen Ablaufs des Produktionsprozesses bei gegebenem Produktionsprogramm (Maschinenbelegung, Reihenfolgeplanung)

Abbildung 2: Aufgabenbereiche des Produktionsmanagements, Quelle: Darstellung des Urautors

1. Worin besteht der Gegenstand der Produktionswirtschaft?
2. Wonach können der Input und der Output des Produktionssystems unterschieden werden?
3. Wie werden bei den Aufgaben des Produktionsmanagements die Hauptfunktionen Beschaffung, Produktion und Absatz miteinander verbunden?
4. Nennen Sie die Besonderheiten von Dienstleistungen im Rahmen des Leistungserstellungsprozess.
5. Was versteht man unter dem "uno-actu-Prinzip"?



## 3 Organisation der Produktion

### Lernziele:

Nach der Bearbeitung des 3. Kapitels sollen Sie:

- Reihen-, Parallel- und kombinierten Verlauf als Gesetzmäßigkeit der Fertigung unterscheiden können.
- die Fertigungsarten anhand von Beispielen erklären können.
- die optimale Losgröße in ihrem Zustandekommen erläutern und ermitteln können.
- die verschiedenen Fertigungsprinzipien erläutern können.

### 3.1 Technologischer Prozess und Produktionsmanagement

Aus den Grundlagen der Produktionswirtschaft wird deutlich, dass die Kombination der Produktionsfaktoren zur Herstellung eines neuen Produktes in einem Transformationsprozess erfolgt. In der Abb. 1 wurde deutlich, dass dieser Transformationsprozess zwei Seiten hat - den technologischen Prozess und das Produktionsmanagement.

Beim **technologischen Prozess** geht es vorrangig um die **ingenieurtechnische Gestaltung der Leistungserstellung**. Hier wird die richtige Auswahl von Verfahren zur Stoffumwandlung oder Formveränderung der Materialien und Zwischenprodukte bis zur Fertigstellung des Endproduktes getroffen. Dafür stehen eine Vielzahl von Verfahren auf physikalischer (z. B. mechanischer, thermischer, elektrischer) oder chemischer (z. B. elektrochemischer, biochemischer, katalytischer) Grundlage zur Verfügung. Genauere Betrachtungen hierzu sind **nicht Gegenstand dieses Skriptes**, sie sind mehr in den Studiengängen "Mechatronik" und vor allem "**Wirtschaftsingenieurwesen**" angesiedelt.

Beim **Produktionsmanagement** müssen vor allem die **Gesetzmäßigkeiten der Organisation der Produktion** und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten der **Gestaltung des Prozesses der Leistungserstellung** berücksichtigt werden. Dazu gehören u. a. die Beantwortung folgender Fragen:

1. Sollen und können in einem angestrebten kontinuierlichen Fertigungsprozess eines Endproduktes aus mehreren Vorprodukten diese nacheinander oder parallel bearbeitet werden?
2. Soll ein Unternehmen nur ein Produkt oder mehrere unterschiedliche Erzeugnisse in geringen oder hohen Produktionsstückzahlen produzieren?
3. Sollen die Maschinen und Anlagen auf einen fließenden Durchlauf eines bestimmten Produkts ausgerichtet werden?
4. Ist es vielleicht günstiger, die Arbeitsgegenstände für das Endprodukt in spezialisierten Fachabteilungen bearbeiten und montieren zu lassen?

Wenn bei der Produktionswirtschaft diese zuletzt genannte produktionsorganisatorische Seite der Leistungserstellung besonders im Blickpunkt steht, so ist dabei stets zu beachten, dass sie in enger Wechselbeziehung zu den technologischen Gegebenheiten stehen. Beide Seiten beeinflussen und bedingen sich gegenseitig.

## 3.2 Gesetzmäßigkeiten des Fertigungsablaufes

Zu den Gesetzmäßigkeiten des Fertigungsablaufes gehören

- erstens die Grundformen des zeitlichen Verlaufes der Fertigung und
- zweitens die objektiven Erfordernisse im arbeitsteiligen Fertigungsprozess.

Die Grundformen basieren auf den technologischen Abläufen des Fertigungsprozesses und kennzeichnen die Art und Weise der zeitlichen Koordinierung der notwendigen Arbeitsgänge. Die verschiedenen Grundformen des Reihen-, des Parallelverlaufes und des kombinierten Verlaufes der Fertigung werden anhand eines Beispiels in der nachstehenden Abbildung 3 erläutert:

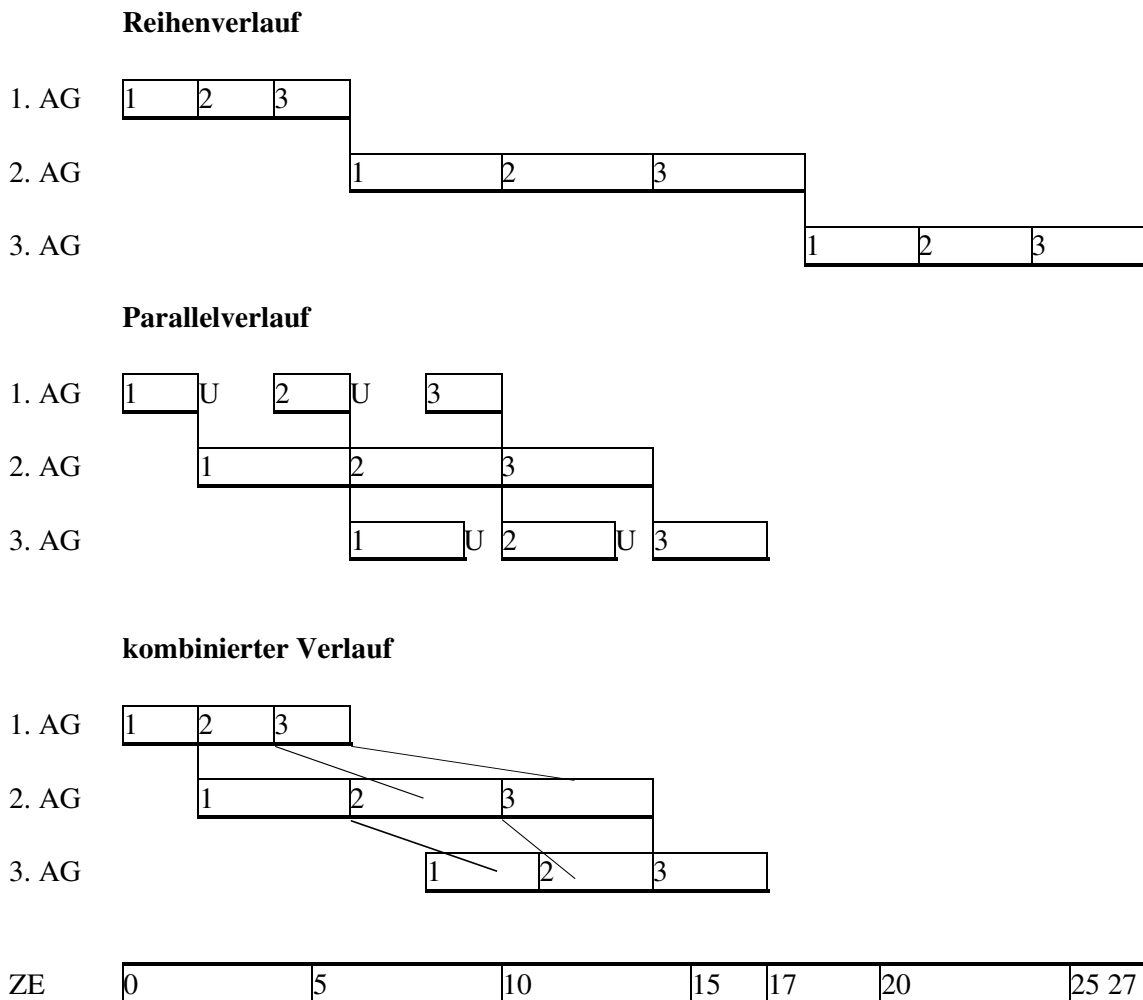


Abbildung 3: Reihenverlauf, Parallelverlauf und kombinierter Verlauf der Fertigung, Quelle: Darstellung des Urautors

Zu diesen abstrakten Darstellungen sollten Sie im Einzelnen Folgendes wissen:

## 3.2.1 Reihenverlauf:

Beim **Reihenverlauf** werden die Einzelteile **losweise bearbeitet und transportiert**. Die zu bearbeitenden Materialien werden zum folgenden Arbeitsgang erst weitergegeben, wenn der vorhergehende Arbeitsgang für das ganze Los abgeschlossen ist. Folglich gibt es **Liegezeiten** der Gegenstände, die mit steigender Losgröße zunehmen. Diese Liegezeiten bedingen **Zwischenlager**.

Bei Vernachlässigung der Unterbrechungen zwischen den Arbeitsgängen ergibt sich die Zeitdauer beim Reihenverlauf aus der Dauer der Arbeitsgänge multipliziert mit der Losgröße. Durch das Nacheinander der Aktivitäten ist die Zeitdauer des Reihenverlaufs sehr lang und dieser deshalb nur bei geringen Losgrößen ökonomisch zweckmäßig.

Am Beispiel in Abb. 3 ist dargestellt, dass der Arbeitsgang 1 erst für alle drei Werkstoffe durchgeführt wird, dann die Weitergabe zum Arbeitsgang 2 erfolgt und dieser an allen drei Teilen vollzogen wird, bevor das Los zum Arbeitsgang 3 weitergegeben und dort fertig bearbeitet wird.

Die **Durchlaufzeit** ergibt sich aus den Zeiteinheiten (ZE) für die Arbeitsgänge (AG) und der Losgröße von drei Gegenständen wie folgt:

$$2 \text{ ZE/AG1} \cdot 3 + 4 \text{ ZE/AG2} \cdot 3 + 3 \text{ ZE/AG3} \cdot 3 = 27 \text{ ZE.}$$

## 3.2.2 Parallelverlauf:

Beim **Parallelverlauf** werden die Arbeitsgegenstände **stückweise (oder in Teillosen)** sofort nach Ausführung eines Arbeitsganges zum folgenden Arbeitsgang weitergegeben. Der Transportrhythmus ist für alle Arbeitsgänge und Arbeitsgegenstände gleich und wird **durch die Dauer des längsten Arbeitsgangs (Taktzeit) bestimmt**. Wenn die Dauer der einzelnen Arbeitsgänge unterschiedlich ist, entstehen Warte- und Stillstandszeiten.

Der parallele Verlauf ist zweckmäßig, wenn große Stückzahlen, möglichst gleichlange Arbeitsgänge (Taktzeiten) und damit ein rhythmischer Produktionsablauf mit geringen Warte- und Stillstandszeiten gewährleistet sind. Die Durchlaufzeit ist wesentlich kürzer als beim Reihenverlauf.

Im Beispiel der Abb. 3 wird das erste Teil nach dem Arbeitsgang 1 sofort zur weiteren Bearbeitung an den Arbeitsgang 2 gegeben und danach sofort an den Arbeitsgang 3. **Weil der Arbeitsgang 1 kürzer als der Arbeitsgang 2 ist, entstehen Warte- und Stillstandszeiten (U)**, bevor der Arbeitsgang 1 für das zweite bzw. dritte Teil begonnen wird. Auch beim Arbeitsgang 3 sind Warte- und Stillstandszeiten zu verzeichnen, weil er kürzer als der 2. Arbeitsgang ist.

Die **Durchlaufzeit** ergibt sich aus der Bearbeitungszeit des 1. Teils beim Arbeitsgang 1, der Bearbeitungszeit für das ganze Los beim längsten Arbeitsgang 2 und der Bearbeitungszeit für das letzte Teil beim Arbeitsgang 3.

$$2 \text{ ZE/AG1} \cdot 1 + 4 \text{ ZE/AG2} \cdot 3 + 3 \text{ ZE/AG3} \cdot 1 = 17 \text{ ZE.}$$

Gegenüber dem Reihenverlauf wird eine **wesentliche Verkürzung der Gesamtdurchlaufzeit von 27 ZE auf 17 ZE** erreicht.

## 3.2.3 Kombiniertes Verfahren:

Beim **kombinierten Verfahren** werden die Lose einerseits geschlossen bearbeitet und andererseits die Arbeitsgegenstände einzeln (oder in Teillosten) an den nächsten Arbeitsgang weitergegeben. Durch diese Kombination des Reihen- und Parallelverfahrens können die Nachteile der vorgenannten Grundformen - die längere Durchlaufzeit beim Reihenverfahren und die Warte- und Stillstandszeiten beim Parallelverfahren - ausgeschaltet werden. Der kombinierte Verlauf erreicht die **kürzere Durchlaufzeit** des Parallelverfahrens **ohne Warte- und Stillstandszeiten**.

Dieser Verlauf ist ebenfalls bei größeren Stückzahlen und annähernd gleichlangen Bearbeitungszeiten günstig anzuwenden.

Beim Beispiel in der Abb. 3 wird das erste Teil nach Bearbeitung im Arbeitsgang 1 sofort an den Arbeitsgang 2 übergeben. Die nächsten beiden Teile werden unmittelbar danach im Arbeitsgang 1 bearbeitet, aber erst nach Abschluss des vorherigen im Arbeitsgang 2 an diesen weitergegeben.

Durch die kontinuierliche Fertigung entfallen die Warte- und Stillstandszeiten des Parallelverfahrens im Arbeitsgang 1. Beim Übergang vom Arbeitsgang 2 zum Arbeitsgang 3 erfolgt die Übergabe der Teile 1 und 2 jeweils so viel später, dass auch hier eine kontinuierliche Bearbeitung ohne Warte- und Stillstandszeiten gesichert wird. Für die **Durchlaufzeit** ergibt sich die **gleiche Berechnung wie beim Parallelverfahren**.

**Merke:** Reihenverfahren, Parallelverfahren und kombiniertes Verfahren sind die Grundformen der zeitlichen Organisation des Fertigungsprozesses. Die Losgröße und die Proportionalität zwischen den einzelnen Arbeitsgängen bestimmen die Möglichkeiten der zweckmäßigen Anwendung der Verfahrensformen.

## 3.3 Fertigungsarten

Die Fertigungsart kennzeichnet die Menge gleicher, technologisch ähnlicher oder verschiedener Produkte, die in einem bestimmten Zeitraum herzustellen sind. Dabei wird unterschieden zwischen

- **Einzelfertigung,**
- **Massenfertigung,**
- **Sortenfertigung,**
- **Serienfertigung.**

Die Zusammenfassung gleicher Erzeugnisse zu einer größeren Produktionseinheit wird als **Los** bezeichnet und findet bei den Fertigungsarten unterschiedliche Anwendung.

So ist die **Einzelfertigung die Herstellung einzelner Produkte oder geringer Mengen gleichartiger Produkte, die sich nicht oder nur in unbestimmten Zeitabständen wiederholt**.

Diese Produkte sind in der Regel **stark auf die Wünsche der Kunden ausgerichtet** und bedingen die auftragsbezogene Abwicklung dieser Leistung von der Beschaffung über die Produktion bis zum Absatz.

# Produktionswirtschaft I

Die **Einzelfertigung** findet deshalb vor allem in der **Investitionsgüterindustrie**, wie dem Anlagenbau und Schiffsbau sowie in der Bauindustrie Anwendung. Aber auch die handwerkliche Einzelfertigung, wie die kundenspezifische Anfertigung eines Maßanzugs oder eines Möbelstücks sind dieser Fertigungsart zuzurechnen.

Bei der Einzelfertigung finden insbesondere universell einsetzbare Betriebsmittel Anwendung.

Anders ist die **Massenfertigung die Herstellung einer sehr großen oder gar nicht begrenzten Menge gleichartiger Produkte über einen längeren Zeitraum hinweg.**

Das Kriterium für die Massenfertigung ist, dass ununterbrochen bei ständiger Wiederholung der gleichen Arbeitsverrichtungen gleiche Erzeugnisse produziert werden.

Hauptgebiet der Massenfertigung ist die Konsumgüterindustrie, aber auch die Herstellung von Normteilen, elektrotechnischen Produkten, Bausteinen oder Stahl sind Beispiele für diese Fertigungsart.

Die Produktionsanlagen sind bei der Massenfertigung produktspezialisiert und vielfach durch einen hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnet. Für die Erzeugnisse ergibt sich die Notwendigkeit der Standardisierung als technische Voraussetzung für die Organisation des entsprechenden Produktionsprozesses.

Bei der **Sortenfertigung ist als Abart der Massenfertigung die Herstellung qualitativ verwandter, herstellungstechnisch weitgehend identischer Produkte in großen Mengen auf gleichen Anlagen.**

Die Sortenfertigung findet deshalb bei der Fertigung von Varianten eines Haupt- oder Grunderzeugnisses ihre Anwendung, wie z.B. in der Bekleidungsindustrie. Aber auch die aus einem oder mehreren Rohstoffen hergestellten ähnlichen Sorten einer Erzeugnisart, wie bei einem Safthersteller, gehören zu dieser Fertigungsart.

Die Sortenfertigung wird weitgehend wie die Massenfertigung organisiert, und in der Regel wird erst in der Endphase des Fertigungsprozesses die Spezialisierung in die verschiedenen Endprodukte vorgesehen.

Die **Serienfertigung ist schließlich die zeitlich zusammenhängende Herstellung bestimmter Mengen (Serien) gleichartiger Produkte, die im Wechsel mit anderen Produkten und mithilfe bestimmter technologischer Ausrüstungen auf unterschiedlichen Anlagen gefertigt werden.**

Serienfertigung ist in der Industrie - insbesondere in der verarbeitenden Industrie - weit verbreitet. Sie ist dabei sehr weit gefasst und reicht von der Kleinserienfertigung, z. B. im Schiffbau, über die Mittelserienfertigung, beispielsweise bei Transformatoren, bis zur Großserienfertigung bei PKW, Konsumgütern u. a.

Die Fertigungsorganisation und die technologische Ausstattung liegen dabei in Abhängigkeit von der Seriengröße näher bei der Einzel- oder der Massenfertigung mit entweder universell oder mehr spezialisierten Produktionsanlagen.

## 3.4 Fertigungsprinzipien

Während die **zeitliche Organisation** der Produktion nach den Fertigungsarten erfolgt, wird die **räumliche Organisation** der Produktion nach Fertigungsprinzipien vorgenommen. Dabei bestehen zwei Grundvarianten:

a) Fertigung nach dem **Verrichtungs- oder Werkstattprinzip.**

b) Fertigung nach dem **Erzeugnis- oder Flussprinzip (Fließfertigung)**.

zu a) **Das Verrichtungs- oder Werkstattprinzip besagt, dass die für eine bestimmte Verrichtung erforderlichen Betriebsmittel räumlich zusammengefasst werden.**

Dieses Prinzip geht von der Flexibilität der Produkte, der Arbeitsgänge und der Termine aus. Deshalb werden die Maschinen und maschinellen Anlagen gleicher technologischer Funktionen in einem räumlich geschlossenen Produktionsbereich zusammengefasst.

**Beispiele** hierfür sind in der **Metallindustrie** die Stanzerei, Dreherei, Schweißerei, Galvanik und Lackiererei, in der **Textilindustrie** die Weberei, Zuschneiderei, Näherei u. a.

Die folgende Abbildung zeigt, wie hierbei die einzelnen Stationen = Werkstätten bis zum fertigen Produkt durchlaufen werden:

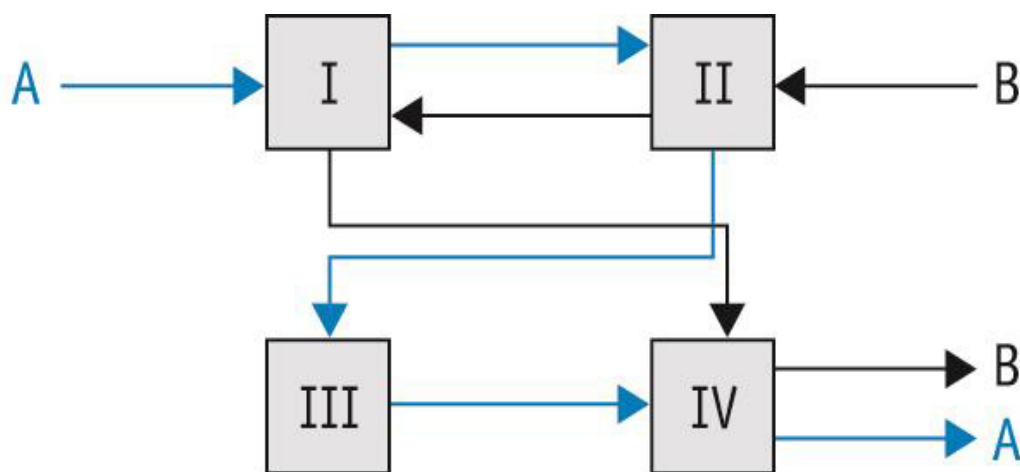


Abbildung 4: Werkstattfertigung, Quelle: Vorlesungsunterlagen des Bearbeiters Dipl.-Kfm. Lothar Karwatt

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, kann es durchaus sein, dass die Durchlaufabfolge der einzelnen Werkstätten je nach Produkt (im Schaubild nach A und B unterschieden) eine gänzlich andere ist; auch die Rückkehr eines Teiles zu einer Werkstatt mit der Intention der nochmaligen Bearbeitung ist möglich (Bsp.: zweimaliges Lackieren eines Autos zur Veredelung).

Die Aufgliederung der Verrichtungen und der erforderlichen Betriebsmittel auf verschiedene Werkstätten **setzt voraus:**

- Betriebsmittel mit universellem Charakter, die durch Vorrichtungen und Werkzeuge für den speziellen Einsatzzweck umgerüstet werden können,
- einen hohen Ausbildungsstand und vielseitige Fertigkeiten der Maschinenvorbereiter und teilweise auch der Maschinenbediener,
- eine gut funktionierende Arbeitsvorbereitung, insbesondere zur Auftragssteuerung und Terminplanung.

# Produktionswirtschaft I

Dieses Prinzip bietet folgende **Vorteile** (jeweils gegenüber der Fließfertigung):

1. Es können **wechselnde Erzeugnisfolgen** bearbeitet werden. Deshalb ist es besonders für Einzel- und Kleinserienfertigung geeignet.
2. Das universelle Profil der Maschinen und Anlagen zeichnet sich durch **relativ geringe Fixkosten und eine hohe Flexibilität** aus, die besonders die schnelle und vielseitige Reaktion auf spezielle Kundenwünsche ermöglicht.
3. Die **hohe Flexibilität der Betriebsmittel** sowie die Leistungsfähigkeit und Spezialisierung der Beschäftigten gestatten eine hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Fertigungsaufgaben innerhalb kürzester Zeit.
4. Die **Störanfälligkeit** des Fertigungsablaufes ist verhältnismäßig **gering**.
5. **Bei Störungen** einzelner Werkstätten **ist kein kompletter Produktionsausfall** zu befürchten.
6. Die Arbeitstätigkeiten für die befassten Mitarbeiter sind sehr vielseitig, damit droht **keine Monotonie bei der Arbeitsaufgabe**.
7. Die **Einrichtung neuer Arbeitsplätze** bzw. die Stilllegung einzelner Werkstätten, etwa beim Outsourcing, ist **leichter** möglich.
8. Durch die **hohe Flexibilität der einzelnen Werkstätten** ist die Umstellung auf neue Produkte einfacher, was bei zunehmend kürzer werdenden Lebenszyklen immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Als **Nachteile** dieses Prinzips (jeweils gegenüber der Fließfertigung) müssen allerdings genannt werden:

1. Der **Transport** der zu bearbeitenden Teile zwischen den Werkstätten und die Zwischenlagerung verursachen **erheblichen Zeitaufwand und entsprechend hohe Kosten**.
2. Die **variablen Einzelkosten** der Erzeugnisse, insbesondere die Personalkosten, sind **beträchtlich**.
3. Der **Planungs- und Steuerungsaufwand** für die Terminplanung der relativ vielen Einzel- und Kleinaufträge sowie für die Maschinenbelegung ist ebenfalls recht **hoch**.
4. Es werden **Kosten verursachende Zwischenlager** notwendig.

**zu b) Beim Erzeugnis- oder Flussprinzip werden die Betriebsmittel und Arbeitsplätze nach der technologischen Reihenfolge der Arbeitsgänge, d. h. nach dem Arbeitsablauf beim Erzeugnis, geordnet.**

Als **wesentliche Voraussetzungen** für dieses Prinzip gelten:

- Ein hohes Niveau der konstruktiven und technologischen Vorbereitung der Fertigung, insbesondere die Gestaltung einer tief gehenden Arbeitsteilung und weitgehenden Synchronisation der Arbeitsgang- und Operationszeiten auf der Grundlage eines einheitlichen Zeitmaßes (Rhythmus, Takt),
- große Stückzahlen an gleichen oder technologisch ähnlichen Erzeugnissen über einen längeren Zeitraum hinweg,
- Sicherung einer kontinuierlichen und qualitätsgerechten Bereitstellung von Rohstoffen, Hilfsstoffen,

bezogenen Teilen, Zwischenprodukten u. a. für die Fließreihe,

- Anordnung spezialisierter Maschinen und Anlagen nach der Reihenfolge der Arbeitsgänge und Sicherung des kontinuierlichen Teileflusses durch Verknüpfung der Arbeitsplätze durch Fördermittel.

In Abhängigkeit vom erreichten Grad der Synchronisation der Arbeitsgänge und der Verknüpfung der Arbeitsplätze werden zwei Arten der Realisierung des Flussprinzips unterschieden:

## α) Reihenfertigung:

Hier sind die Maschinen und Arbeitsplätze grundsätzlich nach dem Fertigungsablauf angeordnet, der Arbeitsfluss ist aber wegen teilweise unterschiedlicher Dauer der einzelnen Arbeitsgänge zeitlich ungebunden.

Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit von Vorratspuffern an den einzelnen Arbeitsplätzen und deshalb erfolgt die Weitergabe der Teile von Hand oder mit relativ einfachen Fördermitteln (Kran, Gabelstapler).

## β) Fließfertigung:

Neben der Anordnung der Maschinen und Arbeitsplätze nach dem Fertigungsablauf sind die einzelnen Arbeitsverrichtungen zeitlich aufeinander abgestimmt. Dadurch entsteht eine zeitlich gebundene Fertigung. Die einzelnen Arbeitsplätze sind transportmäßig so miteinander verbunden, dass eine automatische Beförderung zum nachfolgenden Arbeitsplatz gewährleistet ist. In der Regel werden keine Vorratspuffer an den einzelnen Arbeitsplätzen angelegt.

In der folgenden Abbildung 5, die sich auf Abbildung 4 bezieht, ist für die Produkte A und B die Flussfertigung dargestellt. Produkt A mag dabei für die Fließfertigung, Produkt B für die Reihenfertigung stehen, obwohl dies nicht zwingend ist - auch wurden eventuelle Lager im Rahmen der Reihenfertigung nicht mit aufgenommen.

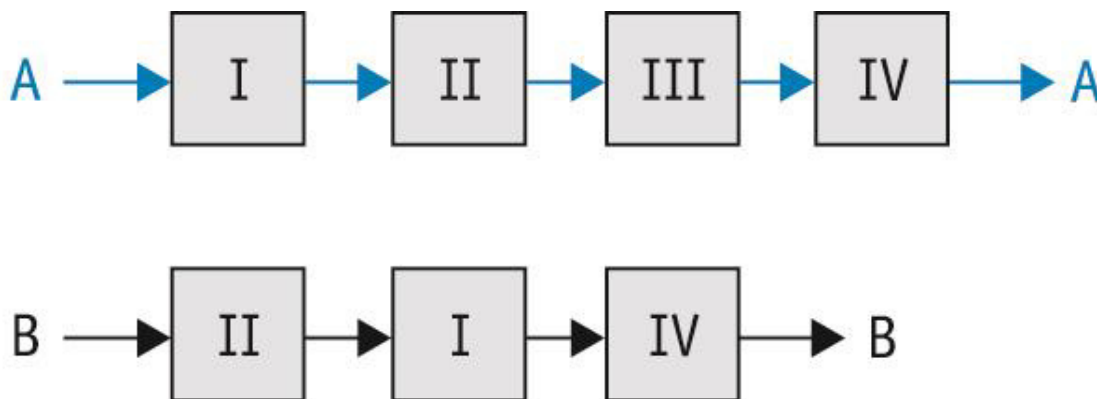


Abbildung 5: Mögliche Ausprägungen des Flussfertigungsprinzips, Quelle: Vorlesungsunterlagen des Bearbeiters Dipl.-Kfm. Lothar Karwatt

Die **Vorteile** der Anwendung des Erzeugnis- oder Flussprinzips sind (jeweils gegenüber der Werkstattfertigung):

1. Dieses Organisationsprinzip ermöglicht die **kontinuierliche und rationelle Fertigung** einer großen Stückzahl gleicher oder ähnlicher Erzeugnisse. Deshalb findet dieses Prinzip vorrangig in der Groß-



serien- und Massenfertigung Anwendung.

2. Die **Durchlaufzeiten** für die Bearbeitung der einzelnen Werkstücke wie für die Endmontage der Finalerzeugnisse werden auf ein **Minimum** verkürzt. Vor allem bei der Fließfertigung wird bei guter Übersichtlichkeit der Fertigung ein hoher Grad an Parallelität erreicht.
3. Durch die enge Kopplung der Arbeitsplätze werden Transportzeiten und **Transportkosten** weitgehend **minimiert**.
4. Die kontinuierliche Massenfertigung sichert einen **hohen Grad an Auslastung der Maschinen**, Arbeitsplätze und Arbeitskräfte. Die variablen Stückkosten liegen niedrig.
5. Der Materialfluss kann hervorragend überwacht werden. Vor allem wird die **Just-in-time-Produktion ermöglicht**.

Als **Nachteile** des Flussprinzips (jeweils gegenüber der Werkstattfertigung) sind insbesondere zu nennen:

1. Die Ausrichtung der Fertigung auf ein bestimmtes Erzeugnis ist mit **geringer Anpassungsfähigkeit** an wechselnde Fertigungsaufgaben und Markterfordernisse verbunden.
2. **Arbeitsrhythmus und -tempo sind fremdbestimmt**. Der Arbeiter ist während der Arbeit dauernd an seinen Arbeitsplatz gebunden. Die Monotonie der immer gleich bleibenden Arbeitsverrichtung kann zu psychologischen Problemen führen.
3. Bereits der Ausfall einer Arbeitskraft oder einer Maschine führt zu erheblichen Störungen im Fertigungsablauf. Die **Störanfälligkeit ist beim Flussprinzip sehr hoch**.

Um die Vorteile möglichst beider Fertigungsprinzipien zu nutzen und ihre Nachteile weitgehend auszuschalten, haben sich in der Praxis zahlreiche **Mischformen** bei der Anwendung der Fertigungsprinzipien herausgebildet. So ist es in vielen Betrieben, besonders in der Metall verarbeitenden Industrie, üblich, die Vorfertigung der Einzelteile und Baugruppen nach dem Werkstattprinzip zu organisieren und für die Endmontage des Finalerzeugnisses eine Fließfertigung einzurichten.

Eine solche Kombination von Werkstatt- und Fließfertigung ist auch die **Gruppenfertigung, auch Inselfertigung bzw. Fließinsselfertigung** genannt. Mit ihr wird versucht, die Vorteile der beiden Organisationsformen zum Tragen zu bringen. Deshalb werden die Maschinen und Arbeitsplätze, die für einen bestimmten Teilfertigungsablauf benötigt werden, zu einer Gruppe zusammengefasst und innerhalb dieser nach dem Flussprinzip angeordnet.

Die Mitarbeiter dieser Gruppen können in verschiedene Aufgaben eingebunden werden:

- Produktionsvorbereitung und Materialbereitstellung,
- Ausbildung für mehrere Arbeitsplätze
- Wechsel bei den Verrichtungen (Job-Rotation)
- Übertragung der Qualitätskontrolle während und am Ende des Fertigungsablaufs.

Dadurch kann das Verantwortungsbewusstsein der Mitarbeiter gehoben und Erscheinungen der Monotonie, wie bei der Fließfertigung, entgegengewirkt werden.

**Merke:** In der Praxis der betrieblichen Fertigung haben sich zahlreiche Mischformen der Anwendung der Fertigungsprinzipien herausgebildet. So verbindet die Gruppenfertigung die Vorteile einer flexibleren Fertigung nach dem Werkstattprinzip mit dem schnelleren Durchlauf beim Flussprinzip für einen bestimmten Fertigungsabschnitt.

6. Erklären Sie die Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Grundformen des zeitlichen Verlaufs der Fertigung!
7. Charakterisieren Sie die Unterschiede zwischen den auf ein bestimmtes Erzeugnis ausgerichteten Fertigungsarten der Einzel- und Massenfertigung!
8. Erläutern Sie an einem Beispiel, wie in der Praxis versucht wird, die Vorteile der verschiedenen Fertigungsprinzipien zu nutzen!
9. Stellen Sie in einer Tabelle die Voraussetzungen sowie die Vor- und Nachteile der Werkstattfertigung zusammen.

## 4 Langfristige (strategische) Produktionsprogrammplanung

### Lernziele:

Nach der Bearbeitung des 4. Kapitels sollen Sie

- den Begriff der strategischen Produktionsprogrammplanung erklären können.
- die Produktionskapazität eines Unternehmens planen können.
- ein optimales Produktionsprogramm mithilfe der linearen Optimierung bestimmen können.

### 4.1 Produktionsprogrammplanung

Die strategische Planung der Produktion umfasst die lang- und mittelfristigen Überlegungen eines Unternehmens, vor allem, welche Produkte mit welchen Produktionsfaktoren auf welche Art und Weise der Leistungserstellung realisiert werden sollen. Dabei kommt der Absatz- und **Produktionsprogrammplanung** eine zentrale Bedeutung zu, da sie für die anderen Überlegungen bestimmend ist.

Das **Produktionsprogramm** soll dabei grundsätzlich auf folgende Fragen eine Antwort geben:

- Welche Produkte sollen gefertigt werden? (**qualitativer Aspekt**)
- In welchen Mengen sollen die einzelnen Produkte oder Produktgruppen hergestellt werden? (**quantitativer Aspekt**)
- In welchen Zeiträumen und zu welchen Terminen sollen die Produkte hergestellt und abgesetzt werden? (**zeitlicher Aspekt**)

Diese Aspekte werden von STEINBUCH und OLFERT zu einer Matrix verknüpft, die die folgenden Elemente enthält:

- Erzeugnisse  $E_j$
- Termine  $T_j$
- Mengen  $M_{ij}$

	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_n$
$E_1$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{1n}$
$E_2$	$M_{21}$	$M_{22}$	$M_{23}$	$M_{2n}$
$E_3$	$M_{31}$			
$E_m$	$M_{m1}$			$M_{mn}$

Abbildung 6: Produktionsprogrammplanung, Quelle: Darstellung des Urautors

Diese prinzipielle Darstellung entspricht beispielsweise einem **Jahresplan** für die Produktion von verschiedenen Büromöbeln, die in den einzelnen Monaten in entsprechenden Stückzahlen benötigt werden.

Bei der **strategischen Planung** tritt der zeitliche Aspekt vielfach in den Hintergrund, weil zuerst das Produktionsvolumen und die dafür benötigten Produktionsfaktoren für einen bestimmten größeren Zeitraum (z. B. für ein Jahr) betrachtet werden.

Schwerpunkte des qualitativen Aspektes sind dabei die Fragen der **Produktgestaltung** und der **Sortimentsgestaltung**.

**Dies allerdings sind eher Fragen der strategischen Unternehmensplanung.** Beide Kernaspekte gehören dem Marketing an, so ist z.B. die **Produktgestaltung** ein Element der Produktpolitik, diese wiederum ist Teil des operativen Marketings, das sich aus Preispolitik, Kommunikationspolitik, Distributionspolitik und eben der Produktpolitik zusammensetzt. Produktpolitik aber hat mit der Produktionslehre nur sehr mittelbar etwas zu tun, sie gibt ihr **allenfalls programmatische Prämissen** vor.

Der Student der Betriebswirtschaft tut gut daran, sich über diese Begriffe eine klare Übersicht zu verschaffen, um an dieser Stelle nicht in ein anderes Teilgebiet abzurutschen.

Allerdings dürfen Marketing und Produktion niemals isoliert betrachtet und behandelt werden wir verweisen auf die diesbezüglichen Lehrhefte der DIPLOMA.

**Merke:** Die strategische Produktionsprogrammplanung umfasst die Festlegung des Produktionssortiments, der Mengen der einzelnen Produkte und ihre zeitliche Planung nach Jahren und Monaten.  
Das Produktionssortiment wird durch die Produktgestaltung und Sortimentsgestaltung qualitativ verändert.  
Dabei stecken also im Marketing bzw. in der strategischen Unternehmensplanung die Vorgaben für das Produktionsmanagement.

## 4.2 Potenzialplanung

Bei der Darstellung der Elemente des Produktionssystems wurden die Produktionsfaktoren als Voraussetzungen für die Leistungserstellung vorgestellt.

Unter dem Gesichtspunkt der strategischen Planung sind es vor allem die Potenzialfaktoren **Arbeitskraft und Betriebsmittel**, die für einen längeren Nutzungszeitraum vorzubereiten sind. CORSTEN verweist darauf, dass durch die Kombination dieser Produktionsfaktoren **Leistungspotenziale** geschaffen werden, die in der Lage sind, spezifische qualitative und quantitative Leistungen zu erbringen und damit den Anforderungen des strategischen Produktionsprogramms entsprechen können. Der am knappsten dimensionierte Faktor - der **Engpassfaktor** - bestimmt bei der Faktorenkombination das **Leistungsvermögen**, das auch als **Kapazität** bezeichnet wird.

**Die Kapazität ist das Leistungsvermögen einer wirtschaftlichen oder technischen Einheit oder des Unternehmens als Ganzes in einem Zeitabschnitt.** Aus den vielfältigen weiteren Betrachtungen der Kapazität nach verschiedenen Kriterien in der Literatur sollen nur die folgenden als Grundlage für eine nachfolgende Berechnung bereitgestellt werden:

Als **normale oder Standardkapazität** gilt jene an der Leistungsmenge orientierte Größe, die unter normalen Bedingungen und Anforderungen das erreichbare Leistungsvermögen darstellt.

Unter Berücksichtigung verschiedener praktischer Einflussfaktoren, resultierend beispielsweise aus der Produktionsorganisation, der unterschiedlichen Produktivität der Arbeitskräfte oder maschinenbedingten Verlustzeiten, empfiehlt es sich, die Standardkapazität in eine **effektive Kapazität** umzurechnen.

Die **verfügbare Kapazität** entspricht der normalen Arbeitszeit, die für die Tätigkeit der Arbeitskräfte oder die Laufzeit der Maschinen zugrunde gelegt wird.

Aus der mengenabhängigen effektiven Kapazität je Einheit und der verfügbaren Kapazität ergibt sich der Bedarf für die jeweiligen Einheiten, d. h. **der Bedarf an Arbeitskräften und an Betriebsmitteln.**

**Merke:** Durch die Kombination der potenziellen Produktionsfaktoren Arbeitskraft und Betriebsmittel, werden Leistungspotenziale für die Anforderungen des strategischen Produktionsprogramms geschaffen.  
Der am knappsten dimensionierte Faktor - der „Engpassfaktor“ - bestimmt das Leistungsvermögen einer wirtschaftlichen oder technischen Einheit, die Kapazität.

## 4.3 Die optimale Bestellmenge:

Sind nun die strategischen Vorgaben der Produktionsprogrammplanung und das Produktionspotential bekannt, muss die Einkaufsabteilung die Realisierung der optimalen Bestellmenge vornehmen. Dabei ist zu beachten, dass in verschiedener Literatur eine **inkorrekte Gleichsetzung von optimaler Bestellmenge und optimaler Losgröße** vorgenommen wird. Diese Mengen können übereinstimmen, müssen es aber nicht zwangsläufig. So verstehen wir unter der **optimalen Losgröße** diejenige **Menge**, die als optimale reale Produktionsmenge eines Produktes, einer Sorte bzw. dergleichen in der Produktion **verarbeitet wird**.

Die **optimale Bestellmenge** ist diejenige Menge, die tatsächlich auf dem **Beschaffungsmarkt** geordert wird; sie hängt von wesentlich mehr Faktoren ab und differiert von der optimalen Losgröße, sobald es innerbetrieblich mehrere Lager, Zwischenstufen usw. gibt. Da aber nur verarbeitet werden kann, was zuvor auch beschafft wurde, betrachten wir vorrangig die optimale Bestellmenge nach dem **Modell von HARRIS**, das aus dem Jahre 1915 stammt, aber nach wie vor die Einkaufspolitik in Theorie und Praxis der modernen Betriebswirtschaftslehre beherrscht.

Dabei ist von **folgenden Prämissen** auszugehen:

- Der Lagerverbrauch erfolgt kontinuierlich und linear im Zeitablauf.
  - Der Bedarf je Zeiteinheit ist konstant.
  - Der Gesamtbedarf innerhalb eines beliebig definierten Planungszeitraumes ist konstant.
  - Die Lagerbestände zu Beginn und zum Ende eines Planungszeitraumes sind Null.
  - Die Beschaffung erfolgt ohne Zeitverzug und bei einem Lagerbestand von Null.
  - Es sind weder Sicherheitsbestände noch geplante Bedarfsunterdeckungen zugelassen.
  - Die angelieferte Menge ist mit der bestellten Menge identisch.
  - Es gibt keine Restriktionen wie z.B. maximale Lagerkapazität.
  - Die Bestellmenge ist im Falle mehrfacher Bestellungen innerhalb des Planungszeitraumes konstant.
- 
- Alle relevanten Planungsparameter sind bekannt und werden als sicher angenommen.
  - Der Produktionsprozess ist einstufig.
  - Die Lagerfähigkeit des fertigen Produktes ist unbegrenzt.
  - Der Planungszeitraum ist unbegrenzt.
  - Die Produktion kann jederzeit aufgenommen werden.

**Anmerkung:** Das folgend dargestellte mathematische Modell funktioniert nur einwandfrei, wenn diese Voraussetzungen eingehalten werden, was aber z.T. nicht schwer ist. Notfalls sind die **Voraussetzungen durch geeignete betriebliche Maßnahmen zu schaffen**.

Für das nun folgende mathematische Modell ist eine Vielzahl von Konstanten zu berücksichtigen. Lassen Sie sich - auch bei den wissenschaftlichen Herleitungen - nicht von den "vielen Buchstaben" irritieren, wie es bei vielen Studierenden der Fall ist, sondern behalten Sie stets das eigentliche Ziel im Auge: **Zu optimieren ist diejenige Menge ( $r$ ; unten fett hervorgehoben)**, die schließlich beim

# Produktionswirtschaft I

Lieferanten bestellt werden soll. Allerdings werden unsere arithmetisch - analytischen Bemühungen noch einige wertvolle "Abfallprodukte" hervorbringen, denn ebenso optimiert werden können die **Bestellhäufigkeit** und die **Lagerzykluszeit** sowie die entstehenden, aber **minimalen Kosten**.

Die **Legende zum Modell** stellt sich so dar:

- $B$  := Gesamtbedarf im Planungszeitraum  $t$  (von  $t = 0$  bis  $t = T$ )
- $r$  := Bestellmenge (**die zu optimierende Größe**)
- $n$  := Anzahl der Bestellungen
- $z$  := Lagerhaltungszinssatz
- $q_c$  := Beschaffungskosten pro Stück
- $k_{LM}$  := mengenabhängige Kosten der Lagerung
- $k_l$  := Lagerhaltungskostensatz pro Stück
- $K_l$  := gesamte Lagerhaltungskosten
- $L_d$  := durchschnittlicher Lagerbestand
- $k_B$  := fixer Bestellkostensatz
- $K_B$  := mengenunabhängige, gesamte Bestellkosten

**Es gelten nun für die Herleitung folgende, logische, aus den Prämissen ableitbare Gesetzmäßigkeiten:**

Der Gesamtbedarf im Planungszeitraum ist durch  $n$  Bestellungen gleicher Höhe  $r$  zu decken:

$$\text{Also ist: } B = r \cdot n \Leftrightarrow n = \frac{B}{r}$$

Daraus folgt, dass bei einmaliger Bestellung im Planungszeitraum die Bestellmenge  $r$  dem Gesamtbedarf  $B$  entspricht, bei zweimaliger bzw.  $n$ -maliger Bestellung beträgt sie  $\frac{1}{2}$  bzw.  $\frac{1}{n}$

Aufgrund der Annahme des kontinuierlichen Lagerabganges ist der durchschnittliche Lagerbestand die Hälfte der Bestellmenge  $r$ .

$$\text{Das wiederum heißt: } L_d = \frac{r}{2}$$

Eine solche kontinuierliche Abnahme des Lagerbestandes zeigt das folgende Schaubild:

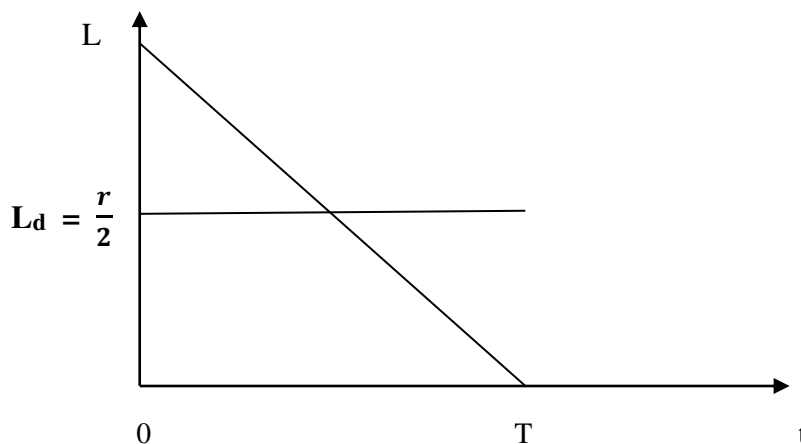


Abbildung 7: Durchschnittlicher Lagerbestand bei kontinuierlichem Verbrauch, Quelle: Bloech et alii, Einführung in die Produktion, S. 164

# Produktionswirtschaft I

Der Lagerhaltungskostensatz ist die Summe aus den Beschaffungskosten pro Stück mal Lagerhaltungszinssatz und den mengenabhängigen Kosten der Lagerung, also gilt:

$$k_L = z \cdot q_c + k_{LM}$$

Somit ergeben sich die Lagerhaltungskosten als Produkt aus dem Lagerhaltungskostensatz pro Stück  $k_L$  und dem durchschnittlichen Lagerbestand, wir kommen dadurch **zur ersten Funktion  $K_L(r)$**  :

$$K_L(r) = k_L \cdot L_d = k_L \cdot \frac{r}{2}$$

Die Bestellkosten  $K_B$  ergeben sich aus dem Produkt des fixen Bestellkostensatzes  $k_B$  und der Bestellhäufigkeit  $n$ :

$$K_B = k_B \cdot n$$

Jetzt muss nur noch der Schritt gegangen werden, dass die **entscheidungsrelevanten Gesamtkosten** die **Summe aus Lagerhaltungskosten** und Bestellkosten sind, wir erhalten eine Gesamtkostenfunktion:

$$K = K_L(r) + K_B(n)$$

in diese Gesamtkostenfunktion setzt man nun für  $n = \frac{B}{r}$  ; und es ergibt sich **die zu minimierende Zielfunktion** als

$$K(r) = k_L \cdot \frac{r}{2} + k_B \cdot \frac{B}{r}$$

Damit ist jetzt die meiste Arbeit getan, diese Funktion muss lediglich mit Hilfe der Analysis I (Differentialrechnung in Abhängigkeit einer Variablen; beachten Sie, dass die verbliebenen Buchstaben  $k_L$ ,  $k_B$  und  $B$  nur Konstante sind, die beim folgenden Rechengang wie "Zahlen" gehandhabt werden) auf ihr Minimum untersucht werden.

Es ist nun die 1. Ableitung der obigen Funktion zu bilden:

$$\frac{dK}{dr} = \frac{1}{2} k_L - \frac{k_B \cdot B}{r^2}$$

Diese Ableitung ist gleich Null zu setzen und nach  $r$  aufzulösen:

$$\frac{1}{2} k_L - \frac{k_B \cdot B}{r^2} = 0 \quad | + \frac{k_B \cdot B}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} k_L = \frac{k_B \cdot B}{r^2} \quad | \cdot r^2$$

$$\Leftrightarrow r^2 \cdot \frac{k_L}{2} = k_B \cdot B \quad | : \frac{k_L}{2}$$

$$\Leftrightarrow r^2 = \frac{2 \cdot B \cdot k_B}{k_L} \quad | \sqrt{\dots}$$

$$\Leftrightarrow r_{1/2} = \pm \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot k_B}{k_L}}$$



## Produktionswirtschaft I

Damit ist die Gleichung gelöst. Wir bezeichnen das Ergebnis  $r_{1/2}$  als  $r_{\text{opt}}$  und sprechen von der **optimalen Bestellmenge als unserem Zielwert**. Allerdings sollten wir auch betrachten, dass die Betriebswirtschaft eine exakte Wissenschaft ist; weswegen wir noch nicht ganz fertig sind. Darum müssen wir das Ergebnis genauer betrachten und auf seine Korrektheit als Minimum überprüfen.

Eine negative Bestellmenge macht in unserem Modell keinen Sinn, wir benötigen daher nur die positive Wurzel, und so findet man in jedem Standardwerk zur Produktionswirtschaft als so genannte "**Andler'sche Formel**":

$$r_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot k_B}{k_L}}$$

Die letzte Frage lautet, ob das Ergebnis nun wirklich ein Minimum ist. Wir bilden dazu die 2. Ableitung unserer Zielfunktion:

$$\frac{d^2 K}{dr^2} = \frac{2 \cdot B \cdot k_B}{r^3} > 0 \text{ für jede beliebige Bestellmenge } r.$$

Denn  $r$  ist natürlich positiv, wie soeben festgestellt, und auch  $B$  und  $k_B$  können nur positiv sein, sodass der gesamte Bruch positiv wird - und dies ist dann die hinreichende Bedingung für das Vorliegen eines (Kosten-) Minimums.

Wir betrachten nun noch einige der Grundbedingungen und können weitere Daten bestimmen, zunächst die **optimale Bestellhäufigkeit**:

So galt, siehe oben:  $n = \frac{B}{r}$ , also ist

$$n_{\text{opt}} = \frac{B}{r_{\text{opt}}}$$

Schließlich können wir den gesamten zu betrachtenden Zeitraum  $T$  durch die optimale Anzahl von Bestellungen, also durch  $n_{\text{opt}}$  dividieren und **erhalten  $t_{\text{opt}}$** :

$$t_{\text{opt}} = \frac{T}{n_{\text{opt}}}$$

$t_{\text{opt}}$  ist ein Wert, der den **Lagerliegezyklus** in Zeiteinheiten anzeigt

Am Ende werden bei den meisten Fragestellungen noch die entscheidungsrelevanten Kosten ermittelt, die sich aus der obigen Gesamtkostenfunktion  $K = K_L(r) + K_B(n)$  ergeben.

Diese Betrachtungen erscheinen natürlich sehr theoretisch, sodass es sich empfiehlt, folgendes **Zahlenbeispiel zu studieren** - dabei ist die Aufgabenstellung immer sehr genau zu lesen, um zu sehen, welche Daten vorhanden sind, welche vielleicht erst errechnet werden müssen usw..

# Produktionswirtschaft I

## Zahlenbeispiel:

Für die Planung der Bestellpolitik einer Materialart in einem Industriebetrieb seien die folgenden Daten gegeben:

Planungszeitraum:	180 Tage
Gesamtbedarf:	30.000 ME
Bestellkostensatz:	200,--GE
Lagerkostensatz:	3,00 GE / ME

a) Bestimmen Sie die optimale Bestellmenge, die optimale Bestellhäufigkeit und die Lagerzykluszeit sowie die aus der optimalen Bestellpolitik resultierenden Kosten als Summe aus Bestellkosten und Lagerhaltungskosten, wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Kapitalbindungskosten im Lagerkostensatz berücksichtigt wurden.

b) Aus verpackungstechnischen Gründen kann die Materialart nur in Einheiten zu 5.000 Stück bezogen werden. Wie lautet nun die Bestellpolitik und welche Mehrkosten entstehen?

## Lösung des Zahlenbeispiels:

zu a) Der Gesamtbedarf  $B = 30.000$  und der Bestellkostensatz  $k_B = 200,--$  GE gehen aus dem Aufgabentext hervor; für den Lagerkostensatz  $k_L = 3,00$  GE braucht keine Rechnung mehr vorgeschaltet zu werden.

$$\text{So ergibt sich: } r_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30.000 \cdot 200}{3}} = 2.000 \text{ [ME]}$$

$$\text{Ferner ist } n_{\text{opt}} = \frac{30.000}{2.000} = 15 \text{ [Bestellungen pro Periode]}$$

$$\text{und } t_{\text{opt}} = \frac{180}{15} = 12 \text{ [Tage Lagerzykluszeit]}$$

Dann sind  $K_{\text{min}} = 0,5 \cdot 3 \cdot 2.000 + 15 \cdot 200 = 3.000 + 3.000 = 6.000$  [€], da ja gilt:

$K = K_L(r) + K_B(n)$ , und hier wurden dann die Werte für  $r_{\text{opt}}$  und  $n_{\text{opt}}$  eingesetzt.

zu b) Hier weichen wir quasi zwangsweise von der unter a) berechneten optimalen Bestellmenge ab. Für  $r_{\text{opt}}$  sind also nur Vielfache von 5.000 Stück möglich, wir setzen  $r_{\text{opt}} = 5.000$  und erhalten:

$$n_{\text{opt}} = \frac{30.000}{5.000} = 6 \text{ und } t_{\text{opt}} = \frac{180}{6} = 30$$

Somit ergibt sich in dieser Situation für  $K_{\text{min}} = 0,5 \cdot 3 \cdot 5.000 + 6 \cdot 200 = 8.700$  [GE]. Die Mehrkosten betragen also offenbar 2.700,--€; und diese Situation wird nicht besser, wenn in größeren, aber durch 5.000 teilbaren Mengen bestellt wird.

So ergeben sich bei einer Bestellung von 10.000 Stück bereits Kosten in Höhe von 15.600,-- € usw.. Allerdings wurde hier die Möglichkeit zur Erlangung von Rabattstaffeln bei hohen Bestellmengen in dem Modell komplett außer Betrachtung gelassen.

# Produktionswirtschaft I

Bei der Serien- und Sortenfertigung finden in besonderem Maße **Fertigungslose** Anwendung. Damit ergibt sich die Zielstellung, die **optimale Herstellungsmenge zu ermitteln**. Dafür sind die auf sie wirkenden wirtschaftlichen Einflussgrößen zu untersuchen. Diese Untersuchung führt zu folgenden grundsätzlichen Tendenzen:

1. Je größer die Auftragsmenge, umso kostengünstiger ist die Fertigung des einzelnen Teils. Die mit dem Fertigungsauftrag verbundenen **auftragsfixen Kosten (K)**, wie z. B. Rüstkosten und Auftragsbearbeitungskosten, werden durch eine zunehmende Stückzahl geteilt.
2. Größere Auftragsmengen führen jedoch zu höheren durchschnittlichen Lagerbeständen, die ein Ansteigen der **proportionalen Lagerkosten (L)** bewirken; vgl. folgende Abbildung:

## Einzelkosten

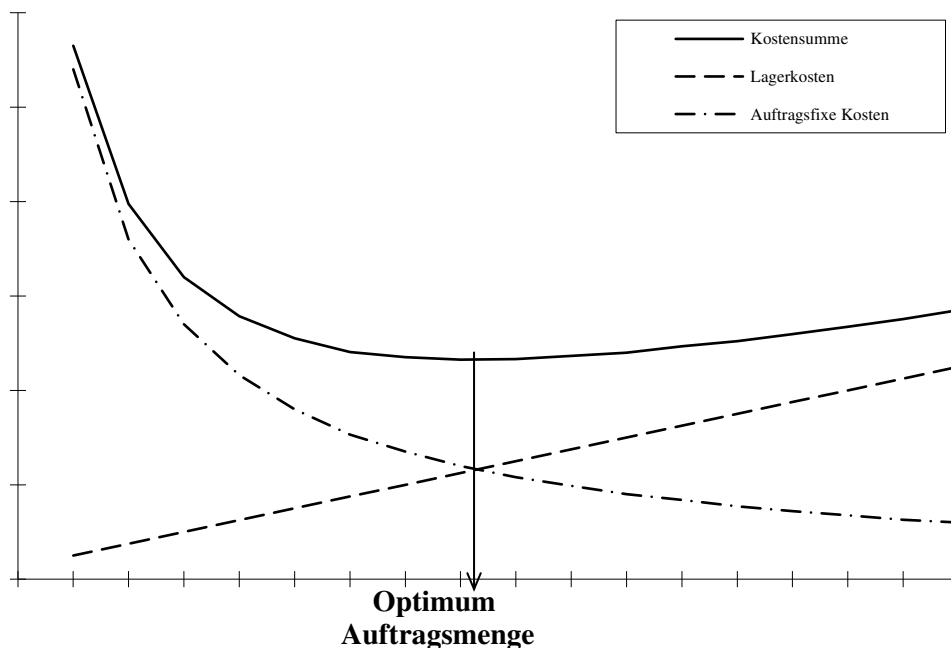


Abbildung 8: Kostensituation bei optimaler Bestellmenge, Quelle: vgl. Abb.7, hier: S. 167

Allerdings ist dies ein guter Ansatzpunkt, **an diesem sehr einfachen Modell Kritik zu üben**. In der Literatur weitgehend genannte Punkte sind dabei folgende:

- Vom Lieferanten **festgesetzte Mindestbestellmengen**, von denen keine Abweichung möglich sind (siehe obig Aufgabenteil b)).
- Die **bestellten Güter** können mit einem **Verfallsdatum** versehen sein und somit nicht beliebig lange bevorratet werden.
- Risiko, dass **Güter** während einer (langen) Lagerdauer durch technischen Fortschritt, veränderte Moden oder Trends **obsolet werden** und nicht mehr abgesetzt werden könnten.
- **Limitierte Transportmöglichkeiten** zwischen Lieferanten und Produzenten
- **Saisonale Bedarfsschwankungen**
- Umstände, die **größere Lagervolumina unmöglich** machen (etwa: Gefahrgüter)
- **Mangelnde Deckungszusagen** der Versicherungswirtschaft

Zur Betrachtung exakterer Modelle sei auf die tiefergehende Fachliteratur, u.a. auf BLOECH und GÖTZE verwiesen.

10. Erläutern Sie die Unterschiede zwischen der Standardkapazität, der effektiven Kapazität und der verfügbaren Kapazität!
11. Für ein Bestellmengenproblem sind folgende Daten bekannt:
- Der Planungszeitraum beträgt 360 Tage bei einem Gesamtbedarf von 10.000 ME. Der Preis je ME beläuft sich auf 2,-- GE, die fixe Kosten je Bestellung: 180,-- GE.  
Der Lagerhaltungskostensatz ist:  $k_l = 0,1 \cdot q_c + 0,2$   
Bestimmen Sie  $r_{opt}$ ,  $n_{opt}$  und  $t_{opt}$  sowie die entscheidungsrelevanten Kosten.
12. Ein Lagermeister steht vor folgenden Daten:
- Jahresverbrauch: 6.000 Stück  
Verkaufspreis je Einheit: 1,80 €  
Gewinnzuschlag auf Einstandspreis: 20%  
Lagerhaltungskostensatz: 15%  
Kosten pro Bestellvorgang: 180,--€
- Er soll die optimale Bestellmenge berechnen - Achtung: Eine kleine Rechnung muss vorgeschaltet werden! ( $q_c = ??$ )
13. Warum wirkt sich die optimale Bestellmenge auf die optimale Losgröße aus?
14. Welche Grenzen weist das Standardmodell zur optimalen Bestellmenge auf?
15. Durch die Einführung welcher Annahmen könnte das Grundmodell erweitert werden?  
**(Didaktischer Hinweis:** Diese Frage richtet sich an Ihre Transferfähigkeiten und kann ggf. nur mit Hilfe eines erweiterten Literaturstudiums beantwortet werden!)

## 4.4 Produktionsprogrammsteuerung (PPS):

Nachdem nun eine optimale Bestellmenge bestimmt und auch in der Praxis beschafft wurde, stellt sich das Problem der Reihenfolge der Produktion, wenn ein gewisses Sortiment aus den Vorgaben der Unternehmensleitung bzw. von der Marketing-Abteilung abgeleitet wurde. Hier greifen sowohl produktionstechnische Restriktionen, z.B. in Form von Engpässen, als auch kostenrechnerische Aspekte, die besonders beim **Handling eines Engpasses** über die Deckungsbeitragsrechnung in Studienheft "Kosten- und Leistungsrechnung II" dargestellt sind.

Allerdings ist das Vorliegen nur eines Engpasses eine sehr komfortable Situation, die mit einfachen kostenrechnerischen Mitteln gelöst werden kann; in der Praxis dürfte es produktionstechnisch durchaus mehrere Engpässe geben, auch Marktrestriktionen, wie etwa eine Höchst- und (oder) Mindestabsatzmenge könnten berücksichtigt werden müssen.

Diese Situation ist nun mithilfe der **linearen Optimierung** zu lösen:

### 4.4.1 Lineare Optimierung des Produktionsprogramms

Als Zielstellung des Unternehmens wird im Allgemeinen der **höchstmögliche Gewinn** angesehen. Aber auch der **höchstmögliche Deckungsbeitrag** oder **der höchstmögliche Umsatz** sind denkbare Zielfunktionen für die Optimierung.

**Wir gehen hier in mehreren Etappen vor.** Zunächst muss das Problem beschrieben werden, was durch eine Relation geschieht. Aus dieser leitet sich das **LO- Problem (lineares Optimierungsproblem)** ab. Es besteht aus einer **Zielfunktion** (Zielbedingung, Gewinnfunktion, Hauptfunktion sind hier die Literatursynonyme), die es zu **maximieren** gilt (von Minimierungsproblemen, die in der BWL ebenfalls eine hohe Bedeutung haben können, sei aus systematischen Gründen zunächst abgesehen), und aus diversen Nebenbedingungen.

Nach der Problemformulierung soll dieses lineare Optimierungsproblem mit Nebenbedingungen gelöst werden, wozu es grundsätzlich 2 Vorgehensweisen gibt:

#### 4.4.1.1 Grafische Methode:

Diese ist möglich, wenn es sich um **maximal 2 Produkte im Gesamtprogramm** handelt, und wenn bei homogenen Gütern, wie etwa Schüttgütern oder Flüssigkeiten, maximal eine ganzzahlige Genauigkeit verlangt wird.

Die Beschränkungsrestriktionen werden in ein  $x_1 - x_2$  - Diagramm eingezeichnet; aus ihren Schnittpunkten wird ein so genannter **Beschränkungspolyeder** gebildet, in dessen äußerste Ecke die Zielfunktion als Parallele derjenigen Zielfunktion, die durch den Nullpunkt des Koordinatensystems verläuft (dort:  $G = 0$ ), gezogen wird. Dieser Punkt stellt dann das Gewinnmaximum dar, durch Einsetzen der aus ihm ablesbaren Mengen für die beiden Güter in die Zielfunktion kann der maximale Gewinn und die Auslastung der jeweiligen, beschränkten Kapazitäten abgelesen werden.

**Leider beschränkt sich dieses zeichnerische Verfahren auf eine Zwei - Produkt - Welt. Darum:**

## 4.4.1.2 Lösung mit Hilfe des Simplex-Algorithmusses:

In allgemeiner Form und sehr mathematisch formal finden Sie eine Beschreibung des Algorithmus in jedem Standardwerk zur Produktionsprogrammsteuerung bzw. zur linearen Optimierung in jedem Buch zum Operation Research. Die didaktische Effizienz vieler dieser Werke ist **für Kaufleute begrenzt**, da sie sehr formalistisch ist. Somit eignen sich viele dieser Werke eher für Mathematiker und für Studierende der **Ingenieurwissenschaften**. Studierende, die den strengen Formalismus des Operation Research nicht missen wollen, seien auf **2 Werke der DIPLOMA – Online-Bibliothek verweisen**:

1. **Domschke, Wolfgang et alii**: Einführung in Operation Research, 9. Überarbeitete und verbesserte Auflage, Springer – Gabler Verlag, Heidelberg 2015, S. 26 – 37

2. **Bloech, Jürgen et alii**: Einführung in die Produktion, 7. korrigierte und aktualisierte Auflage, Springer Verlag, Göttingen 2014, S. 105 - 144

Wir verfolgen in diesen Skript einen anderen didaktischen Ansatz: **Zunächst folgt ein "Kochrezept" in rein verbaler Form mit vielen Schritten und Teilschritten**. Dies wird Ihnen noch nichts sagen - es ist inkonkret, sprachlich komplex und es fehlen einfach Zahlen und Background zum Ablaufen der einzelnen Schritte.

Dann aber wird ein **konkretes betriebswirtschaftliches Problem** aus der Produktions - und Kostentheorie gestellt; und wenn Sie nun (nach Abarbeitung der grafischen Lösung) das **Kochrezept separat ausdrucken und neben das durchgerechnete Beispiel legen**, wird sich das Mysterium "Simplex-Methode" erschließen. Sie können es dann selbst versuchen (im Aufgabenteil befinden sich genügend zu lösende Probleme) - und wie beim "richtigen" Kochen (also beim Zubereiten von Speisen) werden Sie das Kochrezept irgendwann nicht mehr benötigen; man lernt das Verfahren am besten durch vielfache Übung.

### α) Das Kochrezept:

**Schritt 1:** Man erstelle aus der Problemschilderung ein so genanntes **LP-Problem**.

Dieses beinhaltet:

a) **Eine Zielfunktion** der Form:  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$  ( -  $K_f$ ), welche zu maximieren ist.

b) **Die Nebenbedingungen**, die aussagen, wie viel der jeweiligen Engpasskapazität durch die Produktion einzelner Produkte verbraucht wird.

c) Eine dieser Nebenbedingungen ist immer die **Nichtnegativitätsbedingung**:  $x_1; x_2 \dots x_n \geq 0$ , weil es natürlich nicht möglich ist, negative Produktanzahlen herzustellen.

**Schritt 2:** Man erstelle aus dem LP-Problem ein **Ausgangstableau**.

Hierzu schaffe man für jede **Nebenbedingung ein Schlupfvariable  $y_j$** , die man zum Verbrauch der jeweiligen Engpasskapazität hinzuaddieren kann, um aus dem Ungleichungssystem ein Gleichungssystem zu erstellen. Verwenden Sie auch wirklich die Variable „ $y$ “ – das Fortführen der Indices beim „ $x$ “ – wie in vielen Werken zum OR – verwirrt Sie nur selbst.

Im Ausgangstableau stehen:

# Produktionswirtschaft I

a) In der obersten Zeile die Zielvariablen, die Schlupfvariablen und die Engpasskapazitäten von der **Bezeichnung** her.

b) In der **1. Spalte** die Schlupfvariablen, ganz unten die Zielzeile, die aus den negativen Deckungsbeiträgen und den **fixen Kosten** besteht (**alles** negative Vorzeichen).

c) „Links“ in dem Simplex-Tableau stehen die Nebenbedingungen, „rechts“, nahe der Kapazitätenspalte, befindet sich eine Einheitsmatrix.

d) In der untersten Zeile, der Zielzeile, tauchen die negativen Deckungsbeiträge der Zielfunktion unter den gesuchten Zielvariablen auf, Nullen unterhalb der Schlupfvariablen und ggf., wenn vorhanden, die **fixen Kosten mit negativem Vorzeichen** ganz unten rechts. (Die fixen Kosten können auch aus dem Tableau herausgelassen werden, dann steht im Kreuz der Ziel-Zeile mit der Kapazitätenspalte eine Null, um am Ende die fixen Kosten vom Deckungsbeitrag zu subtrahieren – das darf **aber nicht vergessen** werden!).

e) Auf dieses Tableau sind die **Gauß'schen Matrizenoperationen anwendbar**, da wir mit Gleichungssystemen, nicht mehr mit einem Umgleichungssystem arbeiten.

**Schritt 3:** Man erstelle das 2. Tableau:

a) Dazu wird zunächst (im alten Tableau!) die **„Pivot“spalte** ermittelt. Das ist die Spalte, mit dem betragsmäßig höchsten Deckungsbeitrag aus der Zielzeile. Liegen zwei oder mehr solcher Minima (negatives Vorzeichen!) vor, ist die Pivotspalte beliebig unter denjenigen Spalten wählbar, die einen negativen Deckungsbeitrag aufweisen.

b) **Dann wird (im alten Tableau!) die Pivotzeile** festgestellt. Hierzu dividiere man die Werte aus der Kapazitätenspalte durch alle Werte oberhalb der Zielzeile in der Pivotspalte und bestimme den minimalen Quotienten. (Hierbei entstehende **negative Werte oder Nullen werden nicht berücksichtigt**). Liegen zwei oder mehr solcher Minima vor, können Sie die Pivotzeile **frei unter denjenigen Zeilen auswählen**, bei denen nach der Division ein (positives) Minimum entsteht.

Durch seinen Dividenden bestimmt der **minimale Quotient die „Pivot“zeile. Pivotzeile und Pivotspalte erzeugen dort, wo sie sich kreuzen, das Pivotelement.**

Gleichzeitig erfolgt eine **"Verdrängung" der betroffenenen Variablen in der Pivotzeile**. Dort wird die **ursprüngliche Variable** durch die **Variable aus der Pivotspalte** (oben) **ersetzt**. Beim Übergang vom 1. Tableau auf das zweite Tableau ist die verdrängte Variable immer eine Schlupfvariable, später kann es auch eine der Zielvariablen sein.

c) Im **2. Tableau wird dieses Pivotelement zu Eins**, indem man die gesamte alte Pivotzeile durch den Wert des Pivotelements dividiert. Das Pivotelement ist nun 1, man sagt, es ist **"normiert"**.

d) **Über und (oder) unter dem normierten Pivotelements schreibe man alles Nullen!**

[Man darf natürlich nicht einfach so Nullen dahin schreiben, der alte **Gauß** hat uns aber gelehrt, was man tun muss, damit man das doch darf => **„Gauß'sche Matrizenoperationen!**].

**Also:** Man zieht von jeder Zeile, in die man Nullen geschrieben hat, das Sovielefache der normierten Pivotzeile ab (oder, bei umgekehrten Vorzeichen, addiere man dito), sodass die Null „gerechtfertigt“ wird, z.B.: Stand dort vorher eine 4, so subtrahiere man das 4-fache der normierten Pivotzeile, stand dort vorher eine  $(-7 \frac{5}{8})$ , so addiere man das Siebenfünftelfache der normierten Pivotzeile usw..].

**Auch mit der Zielzeile wird so verfahren.**

## Produktionswirtschaft I

e) Da diese Operationen nicht für das Pivotelement allein durchgeführt werden dürfen, führe man die obig festgelegten Additions- oder Subtraktionsoperationen für alle Zahlen der Zeile und für alle Zeilen aus.

Man erhält ein 2. Simplextableau, nur muss man zuvor noch diejenige Ursprungsvariable der Pivotspalte mit der Variable der Pivotzeile tauschen, dies kann auch schon zwischen b) und c) geschehen.

f) Das so entstandene 2. Tableau überprüfe man auf Optimalität. **Optimalität liegt vor, wenn in der Zielzeile keine negativen Werte mehr stehen.**

g) Im Falle der Nichtoptimalität mache man weiter, beginnend mit Schritt a)

h) Im Falle der Optimalität schreite man zu...

### Schritt 4: Auswertung des Optimaltableaus:

Dort kann man ablesen:

a) von links nach rechts auf die Kapazitätsbeschränkungszeile hin:

- $x_i$  = Zahlen des optimalen Produktionsprogrammes
- $y_j$  = Eventuelle Leerkapazitäten der Engpässe
- $DB_i$  (Zielzeile, unter der T-Spalte) = Höhe des Gewinnes oder des Verlustes

b) von oben nach unten (**Überschrift auf Zielzeile hin**):  $\Leftrightarrow y_j$  = **Schattenpreise**

[ Ein **Schattenpreis** sagt aus, wie viel das unter Kapazitätenknappheit leidende Unternehmen für eine Einheit des Kapazitätsengpasses maximal käuflich aufwenden darf, um das errechnete Optimalergebnis zu verbessern].

c) Und außerdem kann man noch eine **Probe** machen. Es gilt immer:

**Merke: Probe im Optimaltableu:**

**Schattenpreis 1 • Kapazität auf Engpass 1 + ... + Schattenpreis n • Kapazität auf Engpass n – Fixkosten = Gewinn**

**oder als Summenformel:  $\sum_{j=1}^n y_j \cdot T_j - K_f = G$**



# Produktionswirtschaft I

## β ) Das betriebswirtschaftliche Mehrengpassproblem:

Ein Unternehmen fertigt die Produkte A und B auf 3 Abteilungen. Der Verkaufspreis für A beträgt 16,-€; der Verkaufspreis von B beträgt 20,-€. Die variablen Kosten für die beiden Produkte belaufen sich in beiden Fällen auf 10,-€ pro Stück.

Die Kostensituation sowie die Kapazitätssituation in den 3 Abteilungen gestaltet sich wie folgt:

Abteilung	Fixe Kosten	Maximalkapazität	Produktions-Zeit für A	Produktions-Zeit für B
I	500,-€	1.200 h	2 h	3 h
II	400,-€	800 h	4 h	4 h
III	100,-€	600 h	1 h	5 h

a) Formulieren Sie die Situation algebraisch als L-P-Problem.

b) Erstellen Sie zeichnerisch eine Näherungslösung.

c) Ermitteln Sie mit Hilfe des Simplex-Algorithmus folgende Daten:

- c1) Das optimale Produktionsprogramm
- c2) Den Gewinn unter dem optimalen Produktionsprogramm
- c3) Eventuelle Leerkapazitäten unter dem optimalen Produktionsprogramm
- c4) Die Schattenpreise
- c5) Machen Sie eine Probe, ob die mit dem Simplex errechneten Werte korrekt sind.

## γ) Umfassende Lösung des betriebswirtschaftlichen Mehrengpassproblems:

### Teil 1) Das Optimierungsproblem:

Zunächst muss das Optimierungsproblem formuliert werden. Dazu legen Sie zunächst Zielvariable  $x_i$  fest; die Zuweisung der  $x_i$  zu bestimmten stofflichen Gegenständen ist beliebig. (Sie können das ausprobieren und andersherum als in diesem Skript machen, am Ende werden Sie aber ein identisches Ergebnis erhalten).

Wir führen  $x_1$  und  $x_2$  ein,  $x_1; x_2 \geq 0$  (**Nichtnegativitätsbedingung**);  
und nennen A:  $x_1$  und B:  $x_2 \Rightarrow$

Die Deckungsbeiträge für A und B sind:

A:	16,00 € - 10,00 € = 6,00 €
B:	20,00 € - 10,00 € = 10,00 €

Die fixen Kosten müssen Sie nur aus den Abteilungen herauslesen und addieren:

$$K_F = 500,00 \text{ €} + 400,00 \text{ €} + 100,00 \text{ €} = 1.000,00 \text{ €}$$

Somit erhalten Sie die **Zielfunktion Z**: Maximiere  $Z = 6x_1 + 10x_2 - 1.000$

# Produktionswirtschaft I

Nun bestimmen Sie die **Nebenbedingungen**. Hiervon gibt es 3; dabei handelt es sich um die zeitlichen Beschränkungen der 3 Abteilungen. Sie lauten:

$$\text{I: } 2x_1 + 3x_2 \leq 1.200$$

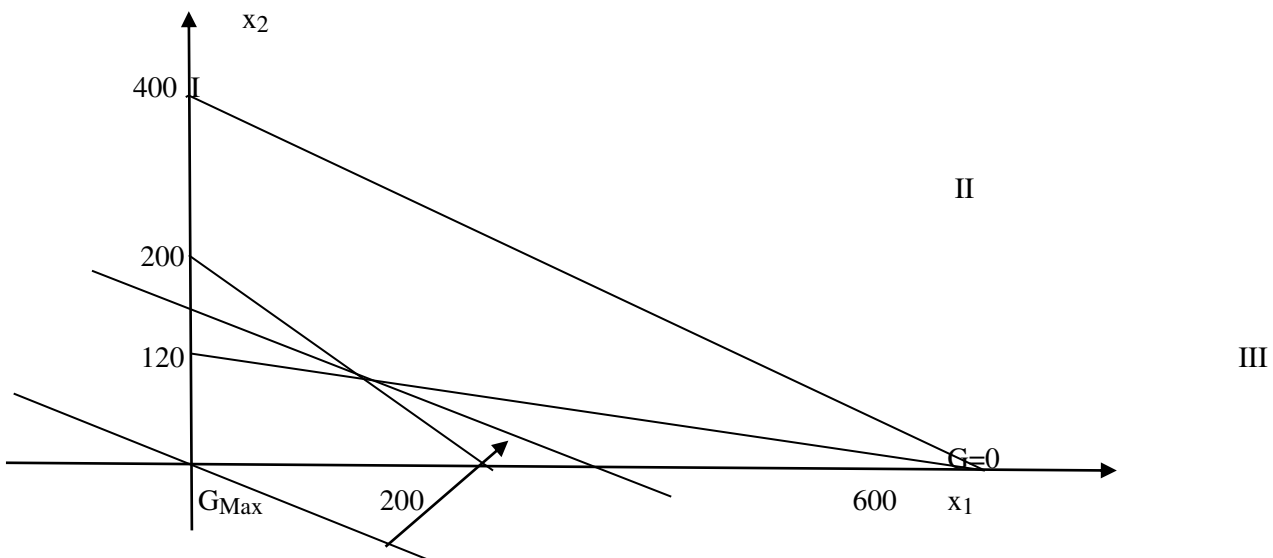
$$\text{II: } 4x_1 + 4x_2 \leq 800$$

$$\text{III: } x_1 + 5x_2 \leq 600$$

Warum ist das so? Wir demonstrieren es an der Nebenbedingung I: 2 Stunden Laufzeit für jedes  $x_1$  plus 3 Stunden Laufzeit für jedes  $x_2$  darf maximal 1.200 Stunden dauern - mehr Kapazität gibt es nicht!

Die Bedingungen II und III errechnen sich analog. Weitere Informationen gibt es nicht, die eingebracht werden müssten

## Teil 2) Zeichnerische Lösung:



### Die obige Zeichnung ergibt sich wie folgt:

Zunächst werden in das Koordinatensystem der  $x_1 - x_2$  - Produktwelt die Beschränkungs-geraden I - III eingezeichnet, **danach wird die Zielfunktion gleich Null** gesetzt:

$$\text{Arithmetisch ist dies: } 6x_1 + 10x_2 - 1.000 = 0$$

$$\Leftrightarrow 10x_2 = 1.000 - 6x_1$$

$$\Leftrightarrow x_2 = \frac{-6}{10}x_1 + 1.000$$

Wir vernachlässigen die fixen Kosten und betrachten nur die Steigung, diese "Gerade ohne Fixkosten" wurde als "G = 0" durch den Ursprung des Koordinatenkreuzes gelegt und dann parallel nach oben verschoben, bis sie auf den Schnittpunkt der Geraden II und III trifft. Dort liegt der gewinnmaximale Punkt.

Hier müsste man jetzt nach unten loten, um den exakten Wert für  $x_1$  zu erhalten bzw. nach links, um den exakten Wert für  $x_2$  zu bekommen.

# Produktionswirtschaft I

Ein exakt arbeitendes Grafik - Programm würde hier den Wert  $G_{opt} = ( 100 / 100 )$  liefern, wir nehmen dieses Ergebnis bereits vorweg. Doch mit reinen "Bordmitteln", also mit Papier, Stift und Geodreieck (und mehr werden Sie in einer Klausur nicht zur Verfügung haben!) ist dies keineswegs so einfach. Auch die Verwendung von Millimeterpapier ist hier allenfalls ein kleiner Behelf, die Ablesbarkeit sehr exakter Mengen, etwa bei sehr teuren Flüssigkeiten, ist so nicht möglich. Ein Grafik - Programm schließlich arbeitet auch nur mit einem mathematischen Algorithmus, um die Schnittpunkte zu berechnen, **aber auch dieses wäre natürlich ab einem 3. Produkt hilflos - von noch mehr Produkten**, die in einem Sortiment angeboten und zuvor produziert werden müssen, ist hier **ganz zu schweigen**.

**Es ist also unabdingbar, als Produktionsmanager ein mathematisches Verfahren zu beherrschen, um dererlei Probleme lösen zu können. Darum:**

### Teil 3) Lösung mit dem Simplexalgorithmus:

Wir bestimmen zunächst das Ausgangstableau (**ab jetzt: Bitte immer in das Kochrezept schauen**). Dazu müssen wir das LP - Problem, das wir eingangs formuliert haben, ein wenig umbauen, denn wir wollen **in den Tableaus Gauß'sche Matrizenoperationen durchführen, diese aber sind nur für Gleichungen definiert**, nicht für die ursprünglich formulierte Ungleichungen.

Wir optimieren also jetzt:

Maximiere  $Z = 6x_1 + 10x_2 + y_1 + y_2 + y_3 - 1.000$  unter den Nebenbedingungen:

$$\begin{aligned} \text{I:} & \quad 2x_1 + 3x_2 + y_1 = 1.200 \\ \text{II:} & \quad 4x_1 + 4x_2 + y_2 = 800 \\ \text{III:} & \quad x_1 + 5x_2 + y_3 = 600 \end{aligned}$$

Dieses Verfahren ist deswegen möglich, weil jedes der  $y_j$  auch Null werden kann und zunächst in der Zielfunktion auch Null ist, nämlich in den Nebenbedingungsgleichungen genau dann Null ist, wenn die Produktion der Güter  $x_1$  und  $x_2$  die gesamte Kapazität der Abteilung bereits aufbraucht. Und es müssen für jede Nebenbedingung **separate Schlupfvariable** sein, es wäre allenfalls ein Zufall, wenn die  $y_j$  gleich wären.

Damit muss zunächst das Ausgangstableau gebildet werden: Es sieht so aus:

### Ausgangstableau:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1$	2	3	1	0	0	1.200
$y_2$	4	4	0	1	0	800
$y_3$	1	5	0	0	1	600
<b>Z</b>	-6	<b>-10</b>	0	0	0	-1.000

Wir suchen zunächst (wie bei allen Maximierungsproblemen) die Pivotspalte, sie liegt dort, wo der kleinste absolute Wert in der Zielzeile steht. Es ist die - 10. Sie ist obig besonders hervorgehoben.

# Produktionswirtschaft I

Nun geht es an die **Suche nach der Pivotzeile**. Hierfür werden die Werte  $T_j$  für alle Variablen, hier für  $y_1$ ;  $y_2$  und  $y_3$ , durch die Werte in der Pivotspalte dividiert. Es ergeben sich folgende Operationen:

$$\begin{aligned}
 y_1 \text{ - Zeile:} & \quad 1.200 : 3 = 400 \\
 y_2 \text{ - Zeile:} & \quad 800 : 4 = 200 \\
 y_3 \text{ - Zeile:} & \quad 600 : 5 = \mathbf{120} \rightarrow \mathbf{Min !}
 \end{aligned}$$

**Dieser Wert (120) ist offenbar das Minimum.** Er bestimmt die Pivotzeile. Im Kreuz von Pivotzeile und Pivotspalte befindet sich das Pivotelement, in der obigen Matrix ist dies die 5. Gleichzeitig wird  $y_3$  durch  $x_2$  verdrängt. Im neuen Tableau wird dann die neue Zeile  $x_2$  durch 5 dividiert und über und unter ihr Nullen eingetragen, sodass sich zunächst folgendes **Tableaubild** ergibt:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1(\text{neu})$		0				
$y_2(\text{neu})$		0				
$x_2$	0,2	1	0	0	0,2	120
$Z(\text{neu})$		0				

**Dies ist noch nicht das 2. Tableau.** Es ist **nur ein Teilabbild**. Im Gegensatz zu vielen mathematischen Literaturvorgaben, in denen nicht ausgefüllte Positionen einer Matrix als Null zu setzen sind (**didaktischer Hinweis:** Gewöhnen Sie sich soetwas gar nicht erst an - schreiben Sie Nullen in eine Matrix, wo wirklich Nullen stehen, auch wenn es Arbeit macht, lassen Sie nichts frei und denken sich dann Nullen, das verwirrt nur), **fehlen im obigen Tableaubild die freien Positionen** noch. Sie müssen erst errechnet werden.

Dies geschieht so, dass die willkürlich aus dem Kochrezept übernommen Nullen mathematisch gerechtfertigt werden, und dies ist nur mit den so genannten **Gauß'schen Matrizenoperationen** möglich.

Die noch auszufüllenden Zeilen wurden mit dem **Index(neu)** gekennzeichnet. In der Pivotspalte von  $y_1(\text{neu})$  stand an Stelle der eingefügten Null ursprünglich eine "3". Daher muss nun von der "alten"  $y_1$  - Zeile das Dreifache der normierten Pivotzeile abgezogen werden: Wir rechnen...

$y_1(\text{neu}) = y_1(\text{"alt"}) - 3 \cdot x_2(\text{neu})$  Dies kann ggf. auf einem Schmierzettel wie folgt untereinander geschrieben werden:

	2	3	1	0	0	1.200
-	0,6	3	0	0	0,6	360
=	<b>1,4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-0,6</b>	<b>840</b>

## Produktionswirtschaft I

Die nunmehr als Ergebnis fett gedruckte Zeile ist als neue  $y_1$ -Zeile in die Matrix einzufügen. Das sieht dann als weiteres Tableaubild so aus:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1(\text{neu})$	<b>1,4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-0,6</b>	<b>840</b>
$y_2(\text{neu})$		0				
$x_2$	0,2	1	0	0	0,2	120
$Z(\text{neu})$		0				

Nach demselben Verfahren errechnen sich nun die die Zeilen  $y_1(\text{neu})$  und  $Z(\text{neu})$ . Also sind:

$y_2(\text{neu}) = y_2(\text{"alt"}) - 4 \cdot x_2(\text{neu})$ . Auf Ihrem Schmierzettel steht dann:

	4	4	0	1	0	800	
-	0,8	4	0	0	0,8	480	
-----							
=	<b>3,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>-0,8</b>	<b>320</b>	<b>und</b>

$Z(\text{neu}) = Z(\text{"alt"}) + 10 \cdot x_2(\text{neu})$ . Auf Ihrem Schmierzettel steht ergo:

	- 6	- 10	0	0	0	-1.000	
+	2	10	0	0	2	1.200	
-----							
=	<b>- 4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>200</b>	

Jetzt können Sie die beiden fett gedruckten Zeilen unter dem Strich in die beiden noch leeren Zeilen des letzten Tableaubildes eintragen und **erhalten endgültig das 2. Simplex-Tableau**. Es sieht so aus:

### 2. Simplextableau:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1$	1,4	0	1	0	-0,6	840
$y_2$	<b>3,2</b>	0	0	1	-0,8	320
$x_2$	0,2	1	0	0	0,2	120
<b>Z</b>	<b>-4</b>	0	0	0	2	200

# Produktionswirtschaft I

Dieses Tableau ist nun auf auf Optimalität zu untersuchen. Im Falle der Optimalität erfolgte der Abbruch des Verfahrens und die Auswertung / Interpretation des Ergebnisses; doch hier ist noch **keine Optimalität gegeben, da in der Zielzeile noch ein negativer Wert** steht, nämlich die "-4" in der  $x_1$  - Spalte. Somit definiert sich die Pivotspalte von selbst; für die Ermittlung der Pivotzeile erfolgen folgende Rechenoperationen:

$$\begin{aligned} y_1 - \text{Zeile:} & \quad 840 : 1,4 = 600 \\ y_2 - \text{Zeile:} & \quad 320 : 3,2 = \mathbf{100} \rightarrow \mathbf{Min} ! \\ y_3 - \text{Zeile:} & \quad 120 : 0,2 = 600 \end{aligned}$$

Und nun ist das obige Verfahren zu wiederholen. **Die Lehrerfahrung hat gezeigt, dass dieser Schritt von den Studierenden als am schwierigsten empfunden** wird, man kann hier alle möglichen Rechenfehler begehen, in falsche Zeilen oder Spalten rutschen und somit mit falschen Zahlenwerten rechnen, den Umrechnungsfaktor zur "Rechtfertigung der Nullen" nicht sofort finden oder Ähnliches. Es ist auch "Geschmackssache", ob man, wenn die Werte in dem Tableau nicht mehr leicht ersichtlich im Kopf zu rechnen sind, weil alles Andere als ganzzahlig, mit Dezimalzahlen (Achtung: Es gibt schnell Rundungsfehler bei langziffrigen, späteri-odischen Brüchen und dergleichen!) oder mit Brüchen rechnet. **Lassen Sie sich von anfäng-lichen Misserfolgen nicht entmutigen und bleiben Sie streng am obigen Muster.**

Hier macht sicherlich die Übung den Meister. Decken Sie also ggf. kurz das nachfolgende 3. Tableau, das auch das Optimaltableau darstellen wird, ab und versuchen es selbstständig. **Sie sollten erhalten:**

### 3. Simplextableau = Optimaltableu:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1$	0	0	1	-0,4375	-0,25	700
$x_1$	1	0	0	0,3125	-0,25	100
$x_2$	0	1	0	-0,0625	0,25	100
Z	0	0	0	1,25	1	600

Dieses Tableau ist deswegen optimal, **weil in der Zielzeile nur noch Nullen oder positive Werte** vorkommen. Wir müssen nun an die **Auswertung** gehen und lesen zunächst die Zielvariablen  $x_i$  von links nach rechts ab:

$x_1 = 100$  und  $x_2 = 100$ . Das heißt, dass im optimalen Produktionsprogramm von jeder Produktart A und B jeweils 100 Stück hergestellt werden. Diese Lösung kann auch ungefähr aus der grafischen Darstellung abgelesen werden, hier zeigen sich Genauigkeitsprobleme mit Papier, Lineal und Stift.

$Z = 600$  in der Zielzeile heißt, dass sich im Produktionsoptimum ein **Gewinn von 600,-** Geldeinheiten ergibt. (Jetzt ist auch ersichtlich, warum empfohlen wurde, die fixen Kosten zu Beginn in das Tableau aufzunehmen: Der Gewinn ist sofort aus der Optimallösung abzulesen, man kann keine weitere, notwendige Rechenoperation außerhalb des Tableaus „vergessen“).

Ferner kann von links nach rechts noch abgelesen werden, dass im Optimum gilt:  $y_1 = 700$ ; also, dass in der Abteilung I eine **Leerkapazität von 700 Stunden** vorliegt, die für dieses Produktionsprogramm nicht eingesetzt werden muss (kann), sodass diese 700 Stunden abgebaut, fremdvermietet oder anderweitig Gewinn bringend eingesetzt werden können.

Da  $y_2$  und  $y_3$  im Optimaltableau nicht auftauchen, bedeutet dies, dass die **Abteilungen II und III voll ausgelastet** sind.

Von oben nach unten wird ermittelt:

$$y_1 = 0; y_2 = 1,25; y_3 = 1.$$

Das sind die **Schattenpreise**.  $y_1 = 0$  ist nur logisch, **denn es macht absolut keinen Sinn, bei einer Überkapazität von 700 Stunden noch Produktionsfazilitäten von einem Drittanbieter hinzu zu kaufen.**

$y_2 = 1,25$ ;  $y_3 = 1$  sind dann diejenigen **Maximalpreise**, die einem **Drittanbieter maximal gezahlt** werden dürften, um in den Abteilungen II und III je eine Produktionsstunde zusätzlich zu mieten oder zu kaufen.

Schließlich noch unsere **Probe**:

$$800 \cdot 1,25 + 1 \cdot 600 - 1.200 = 600 = G. \text{ Die Rechnung war also korrekt.}$$

## 4.4.2 Gestaltung des Produktionsprozesses

Die Gestaltung des Produktionsprozesses umfasst die Kombination der Potenzialfaktoren unter Beachtung der Fertigungsart und der Fertigungsprinzipien für ein bestimmtes Produktionsassortiment. Schwerpunkt ist dabei insbesondere die Auswahl und die räumliche Anordnung der Betriebsmittel. Das bedeutet sowohl die Bestimmung des Standortes für eine Produktionsstätte als auch die Auswahl und Anordnung der Maschinen, Anlagen und Arbeitsplätze.

### 4.4.2.1 Bestimmung des Standortes

Der Standort einer Produktionsstätte hängt von einer Vielzahl von Standortfaktoren, die Sie bereits ausführlich im Studienheft „Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre“ kennen gelernt haben, ab. Eine Auswahl wesentlicher Faktoren soll das verdeutlichen:

#### a) Faktoren zu den Umweltbedingungen:

- Wert, Lage, Größe und Zustand des Grundstückes
- Wert, Größe, Geschosszahl, Zustand u. a. des Gebäudes
- Möglichkeiten der Ver- und Entsorgung mit Energie, Wasser u. a.
- Verkehrsanbindung und Transportmittel
- Vorschriften des Umweltschutzes.

#### b) Faktoren zu den Arbeitskräften:

- Vorhandenes Arbeitskräftepotenzial in Quantität und erforderlicher Qualifikation
- Tarifliche Regelungen zu Arbeitslöhnen, Arbeitszeit, Sozialleistungen u. a.
- Dienstleistungen und soziale Einrichtungen, wie Schulen, Einzelhandel, Kultur u. a.

#### c) Ökonomische Faktoren:

- Steuern
- Staatliche Fördermaßnahmen
- Konkurrenzsituation
- Materialversorgung des Produktionsprozesses.

# Produktionswirtschaft I

In der Regel ergibt sich eine **Entscheidungssituation**, weil aus mehreren möglichen Standorten mit unterschiedlich zu bewertenden Faktoren eine optimale Lösung zu finden ist. Die Entscheidungsvorbereitung kann mithilfe des **Bewertungsverfahrens** nach folgenden Prinzipien vorgenommen werden:

1. Wähle eine Anzahl möglicher Standorte aus.
2. Wähle eine Anzahl der wichtigsten Standortfaktoren aus.
3. Bewerte die Standorte, indem 10 Punkte für einen Standortfaktor auf die möglichen Standorte aufgeteilt werden.
4. Addiere die Punkte für die einzelnen Standorte.

Standort	Standortfaktoren					Gesamt
	Arbeitskräfte	Energieversorgung	Steuern	Transport	Gebäudezustand	
1	5	4	3	3	2	17
2	3	3	5	2	5	18
3	2	3	2	5	3	15
	10	10	10	10	10	50

Abbildung 9: Bewertungsverfahren I, Quelle: Darstellung des Urautors

Die **Auswertung** der Bewertungstabelle favorisiert den **Standort 2 als die günstigste Variante**, weil er die höchste Punktzahl erzielt hat. Allerdings ist auch ersichtlich, dass der Standort 1 nur einen Punkt weniger erreicht hat und somit ebenfalls als günstige Lösung anzusehen ist.

Um eine endgültige Entscheidung zwischen diesen beiden Varianten zu erreichen, ist zu überlegen, ob alle ausgewählten Standortfaktoren tatsächlich gleichwertig anzusehen sind oder ob ihre unterschiedliche Bewertung durch eine Gewichtung der einzelnen Faktoren noch besser unterstrichen werden kann.

In diesem Sinne werden insgesamt 100 Prozent wie folgt auf die Faktoren aufgeteilt, und die Punktzahl wird mit der Gewichtung multipliziert.

Standort	Standortfaktoren					Gesamt
	Arbeitskräfte	Energieversorgung	Steuern	Transport	Gebäudezustand	
Gewichtung	30 %	30 %	20 %	10 %	10 %	100 %
1	150	120	60	30	20	380
2	90	90	100	20	50	350
3	60	90	40	50	30	270
	300	300	200	100	100	1000

Abbildung 10: Bewertungsverfahren II, Quelle: Darstellung des Urautors

**Unter Berücksichtigung der Gewichtung der Faktoren erhält der Standort 1 mit 380 Punkten eindeutig den Vorzug und stellt die optimale Lösung dar.**



## 4.4.2.2 Layoutplanung

Unter Layoutplanung, auch „innerbetriebliche Standortplanung“ genannt, ist die Planung der räumlichen Strukturen des Produktionsbetriebes zu verstehen.

Die räumliche Gestaltung richtet sich dabei nach den grundlegenden Fertigungsprinzipien und unterscheidet zwischen dem

- Prozess-Layout für das Verrichtungs- und Werkstattprinzip
- Produkt-Layout für das Erzeugnis- oder Flussprinzip.

Die Charakteristik dieser Grundformen der Layoutgestaltung entsprechen der Beschreibung der Fertigungsprinzipien.

Die nachstehenden grafischen Darstellungen zeigen ein Produkt, das im Prozess-Layout nacheinander zu verschiedenen Werkstätten gebracht werden muss, während es beim Produkt-Layout kontinuierlich die Fließreihe der Betriebsmittel durchläuft.

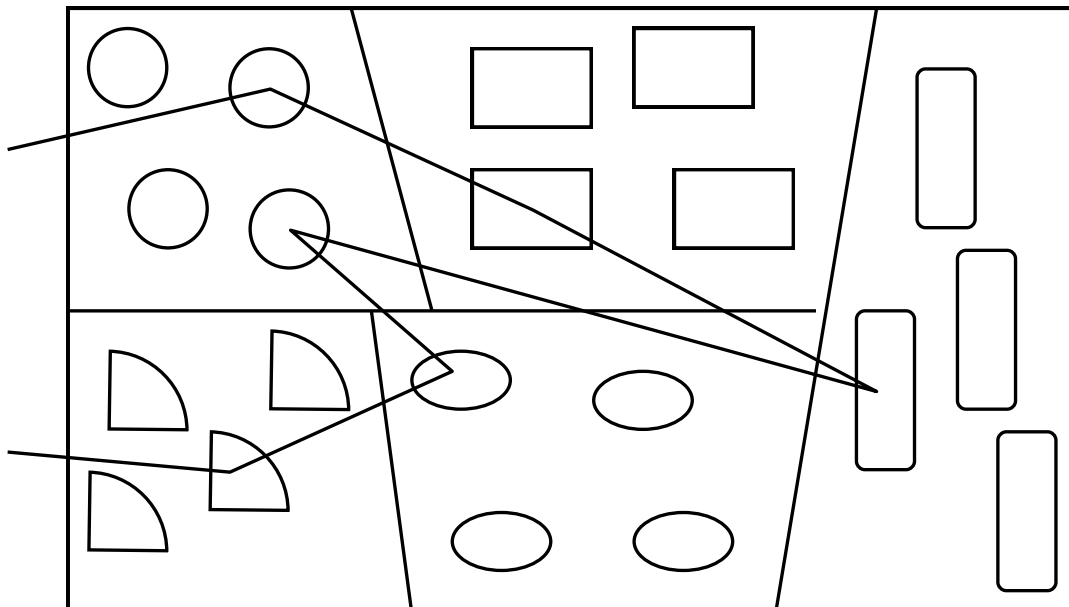


Abbildung 11: Prozess-Layout, Quelle: Darstellung des Urautors

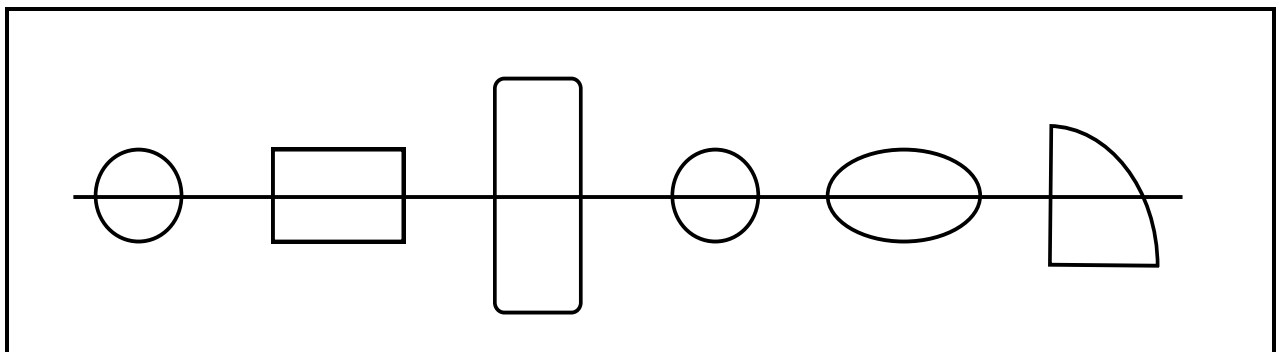


Abbildung 12 Produkt-Layout, Quelle: Darstellung des Urautors

Als weitere Form der räumlichen Anordnung ist das Layout mit fester Position zu nennen, das sich von den beiden erstgenannten dadurch unterscheidet, dass das Produkt einen festen Platz einnimmt (z. B. Gebäude, Brücken, Schiffe u. a.) und die Betriebsmittel an diesen Platz zu bringen sind. Diese Layout - Form ist bei der so genannten "**Baustellenfertigung**" zwingend.

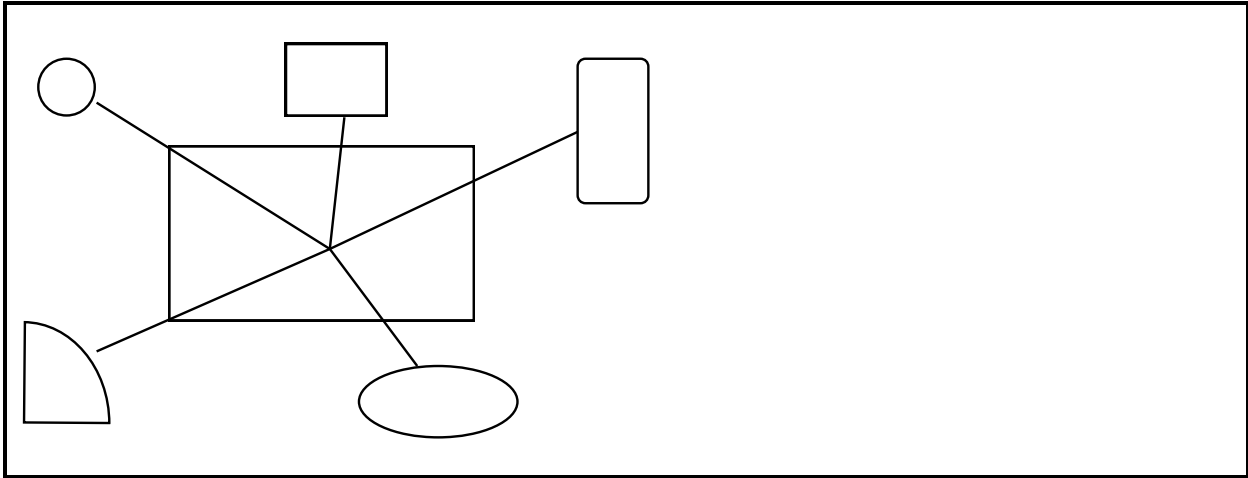


Abbildung 13: Layout mit fester Position, Quelle: Darstellung des Urautors

**Merke:**

**Die Gestaltung des Produktionsprozesses umfasst die Kombination der Potenzialfaktoren unter Beachtung der Fertigungsart und der Fertigungsprinzipien für ein bestimmtes Produktionsassortiment.**

**Die Produktionsprogrammsteuerung wird dabei durch die Verfahren der linearen Optimierung beherrscht, im Kernpunkt steht der Simplex-Algorithmus, während es bei nur 2 Produkten auch die Möglichkeit zu einer grafischen Lösung gibt.**

**Bewertungsverfahren unterstützen die Auswahl eines Standortes für eine Produktionsstätte unter Bewertung verschiedener Standortfaktoren.**

**Bei der Layoutplanung, der räumlichen Gestaltung der Produktionsstätte, wird zwischen Prozess-Layout, Produkt-Layout und Layout mit fester Position unterschieden.**

**Merke:**

Der Gegenstand der Produktionswirtschaft sind der Prozess und das Ergebnis der Leistungserstellung im Betrieb. Durch die Kombination der erforderlichen Einsatzfaktoren werden verschiedene Wirtschaftsgüter produziert, die der Bedürfnisbefriedigung dienen. Bei der industriellen Produktion wird der Prozess der Leistungserstellung als „Fertigung“ bezeichnet.

Das Produktionssystem umfasst die Produktionsfaktoren als Input, den technologischen Prozess und das Produktionsmanagement als Transformation sowie die Wirtschaftsgüter oder Produkte als Output. Dabei werden die Produktionsfaktoren nach ihrer Funktion, Stellung und Nutzung im Fertigungsprozess weiter differenziert, insbesondere in die Elementarfaktoren objektbezogene menschliche Arbeit, Betriebsmittel und Material sowie den dispositiven Faktor, der die Managementfunktionen Leitung, Planung, Organisation und Kontrolle einschließt.

Die Produktionswirtschaft steht im engen Zusammenhang mit weiteren betrieblichen Hauptfunktionen Beschaffung, Absatz, Logistik und Finanzierung.

Das Produktionsmanagement umfasst die Produkt- und Programmgestaltung, die Potenzialgestaltung sowie die Prozessgestaltung und -steuerung.

Reihenverlauf, Parallelverlauf und kombinierter Verlauf sind die Grundformen der zeitlichen Organisation des Fertigungsprozesses. Die Losgröße und die Proportionalität zwischen den einzelnen Arbeitsgängen bestimmen die Möglichkeiten der zweckmäßigen Anwendung der Verlaufsformen sowie die Parallelität, die Kontinuität und den Rhythmus (Takt) im Fertigungsablauf.

Einzel fertigung ist die Herstellung einzelner Produkte oder geringer Mengen gleichartiger Produkte, die sich nicht oder nur in unbestimmten Zeitabständen wiederholt.

Massenfertigung ist die Herstellung einer sehr großen oder gar nicht begrenzten Menge gleichartiger Produkte über einen längeren Zeitraum hinweg.

Sortenfertigung ist als Abart der Massenfertigung die Herstellung qualitativ verwandter, herstellungstechnisch weitgehend identischer Produkte in großen Mengen.

Serienfertigung ist die zeitlich zusammenhängende Herstellung bestimmter Mengen (Serien) gleichartiger Produkte, die im Wechsel mit anderen Produkten und mithilfe bestimmter technologischer Ausrüstungen gefertigt werden.

Das Verrichtungs- oder Werkstattprinzip besagt, dass die für eine bestimmte Verrichtung erforderlichen Betriebsmittel räumlich zusammengefasst werden.

Beim Erzeugnis- oder Flussprinzip werden die Betriebsmittel und Arbeitsplätze nach der technologischen Reihenfolge der Arbeitsgänge, d. h. nach dem Arbeitsablauf beim Erzeugnis geordnet.

In der Praxis der betrieblichen Fertigung haben sich zahlreiche Mischformen der Anwendung der Fertigungsprinzipien herausgebildet. So verbindet die Gruppenfertigung die Vorteile einer flexibleren Fertigung nach dem Werkstattprinzip mit dem schnelleren Durchlauf beim Flussprinzip für einen bestimmten Fertigungsabschnitt.

Die strategische Produktionsprogrammplanung umfasst die Festlegung des Produktionssortiments, der Mengen der einzelnen Produkte und ihre zeitliche Planung nach Jahren und Monaten

## Produktionswirtschaft I

Die Produktionsprogrammplanung stellt den zentralen Aspekt im Ablauf des betrieblichen Herstellungsprozesses dar. Um seine Reibungslosigkeit zu garantieren, hält die Mathematik umfangreiche Verfahren vor, deren Beherrschung für den Produktmanager bzw. für die leitenden Mitarbeiter in der Fertigung unabdingbar sind.

Hierzu gehört die Planung der optimalen Bestellmenge und der Simplex - Algorithmus.

Durch die Kombination der potenziellen Produktionsfaktoren Arbeitskraft und Betriebsmittel werden Leistungspotenziale für die Anforderungen des strategischen Produktionsprogramms geschaffen.

Die Gestaltung des Produktionsprozesses umfasst die Kombination der Potenzialfaktoren unter Beachtung der Fertigungsart und der Fertigungsprinzipien für ein bestimmtes Produktionsassortiment.

Bewertungsverfahren unterstützen die Auswahl eines Standortes für eine Produktionsstätte unter Bewertung verschiedener Standortfaktoren.

Bei der Layoutplanung, der räumlichen Gestaltung der Produktionsstätte, wird zwischen Prozess-Layout, Produkt-Layout und Layout mit fester Position unterschieden.

16. Wählen Sie wichtige Standortfaktoren für drei mögliche Standorte aus und wenden Sie das Bewertungsverfahren mit Gewichtung für die Entscheidungsfindung an!
17. Welche Vor- und Nachteile ergeben sich bei der Anwendung des Produkt-Layouts im Produktionsprozess?
18. Ein Unternehmen fertigt Apfelsaft ( $x_1$ ) und Traubensaft ( $x_2$ ). Für einen Liter Apfelsaft zahlt der Großhändler 0,20 €, für einen Liter Traubensaft zahlt er 0,50 €.

Folgende Absatzrestriktionen sind bekannt:

Die beiden Produkte laufen zunächst über eine Presse, die für das Auspressen von 1L Apfelsaft 2,5 Stunden benötigt, für das Auspressen von 1Liter Traubensaft 1,25 Stunden, und die maximal 4.800 Stunden in der betrachteten Periode laufen kann.

Dann kommen die Produkte in eine Saft-Trenn-und Veredelungsmaschine, die maximal 900 Stunden pro Periode läuft. Dort verweilt 1Liter Apfelsaft 0,25 Stunden, 1 Liter Traubensaft 0,75 Stunden.

Die maximalen Absatzmengen am Markt belaufen sich auf 1.500 Liter Apfelsaft und 2.600 Liter Traubensaft.

Die fixen Produktionskosten betragen 100,--€.

- a) Formulieren Sie die Situation algebraisch als L-P-Problem.
- b) Erstellen Sie zeichnerisch eine Näherungslösung.
- c) Ermitteln Sie mit Hilfe des Simplex-Algorithmus folgende Daten:
  - c1) Das optimale Produktionsprogramm
  - c2) Den Gewinn unter dem optimalen Produktionsprogramm
  - c3) Eventuelle Leerkapazitäten unter dem optimalen Produktionsprogramm
  - c4) Die Schattenpreise
  - c5) Machen Sie eine Probe dafür, ob Ihre mit dem Simplex errechneten Werte korrekt sind.

[Lösungshinweis1 : Trauben und Äpfel fallen vom Himmel. Die variablen Kosten sind also = 0]

[Lösungshinweis2 : Die Aufgabe rechnet sich gut mit Brüchen, es gibt natürlich 2 Variable und 4 Schlupfvariable!]

## Produktionswirtschaft I

19. Das Unternehmen „Wichtelmann und Co“ fertigt 5 Sorten von Gartenzwergen aus Ton, und zwar folgende Typen:

Zwerg 1: Hugo, Bergbauzwerg mit Grubenlicht, Produktionskosten: 8,--€

Zwerg 2: Jan, Gärtnerzwerg mit Schaufel, Produktionskosten: 9,--€

Zwerg 3: Hotzenplotz, Räuberzwerg mit Pistole und Axt, Produktionskosten: 7,--€

Zwerg 4: Freddy, Seemannszwerg mit Akkordeon, Produktionskosten: 9,--€

Zwerg 5: Erwin, mit Pfeife im Mund und Skatblatt in der Hand, Produktionskosten: 8,--€

Die Zwerge werden zu einem einheitlichen Preis von 10,--€ verkauft.

Hergestellt werden die Zwerge aus 3 verschiedenen Tonarten, die mit A, B und C bezeichnet werden sollen.

Die Vorräte der Firma Wichtelmann für eine letzte Produktion der begehrten Zwerge sind allerdings begrenzt. So stehen von der Tonart A nur noch 100 kg zur Verfügung, von der Tonart B noch 80 kg und von der Tonart C nur 50 kg.

Der folgenden Tabelle ist zu entnehmen, wieviel kg der jeweiligen Tonarten die Produktion eines der jeweiligen Zwerge kostet:

Tonart	Zwerg 1	Zwerg 2	Zwerg 3	Zwerg 4	Zwerg 5
A	1	2	1	0	1
B	0	1	1	1	1
C	1	0	1	1	0

a) Formulieren Sie die Situation algebraisch als L-P-Problem.

b) Ermitteln Sie mit Hilfe des Simplex-Algorithmus folgende Daten:

b1) Das optimale Produktionsprogramm

b2) Den Gewinn unter dem optimalen Produktionsprogramm

b3) Eventuelle Leerkapazitäten unter dem optimalen Produktionsprogramm

b4) Die Schattenpreise

b5) Machen Sie eine Probe dafür, ob Ihre mit dem Simplex errechneten Werte korrekt sind.

[ Lösungshinweis: Für diese Aufgabe benötigt man definitiv nicht einmal einen Taschenrechner, sondern nur das Verständnis des Systems].

zu 1) Gegenstand der Produktionslehre ist das Erstellen von Gütern und / oder Dienstleistungen im Rahmen des Betriebszweckes zur Erfüllung der volkswirtschaftlichen Gesamtaufgabe, nämlich der Befriedigung von Bedürfnissen von Wirtschaftssubjekten.

zu 2) Der Input in die Produktion besteht aus Roh-Hilfs- und Betriebsstoffen, menschlicher Arbeit, der Leistung von Betriebsmitteln aller Art sowie von Informationen und dem Zusammenwirken dieser Elemente über den dispositiven Faktor.

Der Output besteht aus Produkten verschiedener Art, die zu bestimmten Gruppen zusammengefasst werden können (z.B.: Gebrauchsgüter und Verbrauchsgüter, Investitionsgüter und Konsumgüter), und aus Dienstleistungen.

zu 3) Ausgehend von der absatzorientierten Produkt- und Programmgestaltung werden die Produktionsfaktoren (Potenzial- und Repetierfaktoren) sowie der Prozessablauf der Leistungserstellung festgelegt. Die Absatzwirtschaft dient dann der endgültigen Lösung der betrieblichen Aufgabe der Verwendung der produzierten Güter.

zu 4) Dienstleistungen sind immateriell, nicht lagerfähig und nicht transportabel in ihrer originären Form. Dennoch stellen sie marktmäßig absetzbare Leistungen eines Unternehmens dar und sind daher funktional Realprodukten gleich zu setzen.

zu 5) Das Uno - actu - Prinzip bei Dienstleistungen sagt aus, dass bei ihrer Hervorbringung zeitlich Produktion und Konsumtion zusammenfallen.

zu 6) Reihenverlauf: Siehe Abb. 3 und Beschreibung  
Parallelverlauf: Siehe Abb. 3 und Beschreibung  
Kombinierter Verlauf: Siehe Abb. 3 und Beschreibung

zu 7) Unterschiede zwischen Einzel- und Massenfertigung bestehen bei :

	<b>Einzelfertigung</b>	<b>Massenfertigung</b>
Art der Produkte	ähnlich oder gleich	gleich
Anzahl der Produkte	einzel, gering	sehr groß
Fertigung für	Kundenauftrag	Fertigwarenlager
Arbeitsverrichtung beim Folgeprodukt	ähnlich	gleich
Rhythmus der Arbeitsverrichtungen	unterschiedlich	gleich
Flexibilität der Fertigung	hoch	keine
Automatisierungsgrad	gering	hoch

# Produktionswirtschaft I

zu 8) Die Praxis versucht, Vorteile der einzelnen Verfahren zu nutzen und Nachteile möglichst auszuschalten, was durch Mischformen geschieht, wie etwa der Gruppenfertigung. Ein Beispiel hierfür könnte die Herstellung einer modernen Einbauküche sein, deren Komponenten zwar in Fließfertigung erstellt werden, die aber beim Kunden von einem Team verbaut wird. Dabei handelt es sich um eine Werkstattfertigung mit dem besonderen Aspekt, dass sogar vor Ort errichtet wird (= Baustellenfertigung).

zu 9) Tabelle:

Voraussetzungen	Vorteile	Nachteile
Betriebsmittel mit universellem Charakter	Wechselnde Erzeugnisfolgen möglich	Notwendige Zwischenlager verschlingen Zeit und Kosten.
Hoher Ausbildungsstand und vielseitige Fertigkeiten der Maschinenarbeiter	Geeignet für Einzelserien - und Kleinserienfertigung	Hohe variable Kosten, vor allem im Personalbereich
Gut funktionierende Arbeitsvorbereitung	Relativ geringe Fixkosten	Hoher Planungs- und Steuerungsaufwand im Maschinenbereich
	Hohe Reagibilität auf Kundenwünsche	Oftmals viele Kleinaufträge, die Organisationskosten hochtreiben aber weniger lukrativ sind
	Hohe Anpassungsfähigkeit auf sich ändernde Fertigungssituationen	
	Geringe Störanfälligkeit des Arbeitsablaufes	
	Störungen einzelner Werkstätten legen nicht sofort die Gesamtproduktion lahm	
	Umstellung auf neue Produkte wird vereinfacht	
	Hohe Flexibilität mit guten Outsourcing-Möglichkeiten.	
	Keine Arbeitsmonotonie bei den Mitarbeitern	

zu 10) Standardkapazität: An der Leistungsmenge orientierte Größe des erreichbaren Leistungsvermögens in einem Zeitabschnitt

Effektive Kapazität: Umrechnung der Standardkapazität unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren.

Verfügbare Kapazität: Normale Arbeitszeit der Arbeitskräfte bzw. Laufzeit der Maschinen (Anzahl der Arbeitstage • Stunden pro Tag)

zu 11) Zunächst sind bei einer solchen Aufgabe die Parameter aus dem Text heraus festzulegen:

$$T = 360; \quad B = 10.000; \quad q_c = 2; \quad k_B = 180$$

$$\Rightarrow k_l = 0,1 \cdot 2 + 0,2 = 0,4$$

$$\text{Somit ist: } r_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 180 \cdot 10.000}{0,4}} = 3.000 \text{ [Mengeinheiten]}$$



## Produktionswirtschaft I

$$\Rightarrow n_{\text{opt}} = \frac{10.000}{3.000} = 3,333... \quad \text{und} \quad \Rightarrow t_{\text{opt}} = \frac{360}{3,333...}$$

Für die einzelnen Komponenten der Lagerkosten heißt dies nun:

$$K_B = k_B \cdot n_{\text{opt}} = 180 \cdot 3,333... = 600 \text{ [Geldeinheiten]}$$

$$\text{und: } K_I = 0,5 \cdot r_{\text{opt}} \cdot k_I = 0,5 \cdot 3.000 \cdot 0,4 = 600 \text{ [Geldeinheiten]}$$

$$\text{also: } K_{\text{ges}} = 600 + 600 = 1.200$$

zu 12) Wie im Hinweis gegeben, muss zunächst  $q_c$  berechnet werden, der Einstandspreis = Beschaffungspreis pro Stück. Wenn der Gewinnzuschlag 20% beträgt, ist der Verkaufspreis 120%, also ist  $q_c = 1,8 : 1,2 = 1,5$ ; also 1,50 €.

$$\text{Dann ist } r_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.000 \cdot 180}{1,5 \cdot 0,15}} = 3.098$$

zu 13) Es kann natürlich nur verarbeitet werden, was zuvor auch beschafft wurde. Sollte sich bei der Bestellmengenplanung herausstellen, dass gewünschte, ggf. sehr große Bestellmengen, aus Kostengründen oder Lagergründen nicht möglich sind, ist zunächst die angestrebte Losgröße nicht realisierbar und muss sich nach der optimalen Bestellmenge richten.

Da eine solche Situation aber unbefriedigend wäre, müsste das Unternehmen an den Eckdaten seines Produktionsvorhabens Veränderungen vornehmen.

zu 14) Es kann ggf. nicht realisiert werden, weil:

- Lieferant liefert nicht in der gewünschten Ordermenge.
- Haltbarkeit der Güter ist beschränkt.
- Güter können während Transport oder Lagerung nicht ausreichend gesichert / versichert werden.
- Obsoleszenzrisiko der Güter bei langer Lagerdauer
- Hohe saisonale Bedarfsschwankungen

zu 15)

1. Es könnte nötig sein, mehrere Güter gleichzeitig für ein Produktionsvorhaben zu benötigen und lagern zu müssen, sodass eine Lagerraumkonkurrenz entsteht.
2. Saisonale Schwankungen erzwingen unterschiedlich lange Lagerzyklen und damit differierende Bestelldmengen
3. Der Bedarf wird sofort zu Beginn der Periode entnommen (muss entnommen werden), sodass keine Lagerhaltungskosten berücksichtigt werden müssen.
4. Die Bestellkostensätze können von Periode zu Periode differieren.
5. Bei langen Lagerzeiten muss unter Umständen ein Diskontierungsfaktor eingerechnet werden.

# Produktionswirtschaft I

6. Es können bei der Bestellung Rabattstaffeln erzielt werden.

Wenn ansonsten die Bedingungen des HARRIS - Modells eingehalten werden, hat die Literatur diverse Varianten an Modellen entwickelt, die beispielsweise bei BLOECH (**vgl. Literaturverzeichnis**) nachgelesen werden können

zu 16) Folgendes Problem hat der Autor noch zusätzlich geschaffen, um das gewichtete Auswahlverfahren zu demonstrieren (das ungewichtete Auswahlverfahren kann sicher als weniger wichtig vernachlässigt werden, weil jeder Entscheider und jedes Gremium in einer bestimmten Auswahl-situation bestimmte Prioritäten an den Tag legen dürfte, auch wenn hierbei eine gewisse Subjektivität einfließen kann).

Die Landesregierung geht nach der CORONA-Krise in die letzte Phase der Bewertung von Wirtschaftsgymnasien, welche privatwirtschaftlich ausgebaut werden sollen . Dazu wendet sie folgendes Gewichtung, Untergewichtung und Bewertungsschema an:

1. Größe (0,2)	1.1	Anzahl der Studienplätze	(0,25)
	1.2	Anzahl der Schüler	(0,25)
	1.3	Größe des Gebäudes	(0,45)
	1.4	Menge der Bücher in der Bibliothek	(0,05)
2. Verkehrsanbindung (0,2)	2.1	Autobahnanbindung und Parkplätze	(0,9)
	2.2	Öffentliche Verkehrsmittel	(0,05)
	2.3	Entfernung Flughafen	(0,05)
3. Qualität der Lehre: (0,6)	3.1	Alter der der Dozenten	(0,25)
	3.2	Auswahl der Dozenten	(0,55)
	3.3	Flexibilität der Stundenpläne	(0,1)
	3.4	Ehrgeiz der Schüler	(0,1)

Die untersuchten Gymnasien sind das Schiller-Gymnasium, das Victoria-Luise-Gymnasium und das Albert-Einstein-Gymnasium.

An Noten werden Zensuren von 1,0 – 5,0 vergeben. Die Abstufung erfolgt in Drittelnotenschritten, das Endergebnis ist so genau wie möglich anzugeben!

In der folgenden Übersicht sind die Ergebnisse der Bewertungskommission zusammengestellt:

Merkmal	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4
Schiller	1,0	2,0	3,0	3,0	2,3	1,7	2,0	2,0	2,0	3,0	3,3
Vikilu	4,0	3,3	2,3	3,3	3,7	2,0	2,3	3,0	4,0	3,3	3,7
AEG	3,7	3,3	3,7	3,7	3,7	3,3	5,0	4,0	3,7	1,7	1,7

# Produktionswirtschaft I

Aufgabe: Erstellen Sie eine Nutzwertanalyse, leiten Sie ein Ranking ab und helfen Sie der Bundesregierung bei ihrer Entscheidung.

Dieses Problem kann nun gelöst werden.

Der Score für das "Schiller" beträgt:

$$0,2 \cdot 0,25 \cdot 1 + 0,2 \cdot 0,25 \cdot 2 + 0,2 \cdot 0,45 \cdot 3 + 0,2 \cdot 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 0,9 \cdot 2,3 + 0,2 \cdot 0,05 \cdot 1,7 + 0,2 \cdot 0,05 \cdot 2 + 0,6 \cdot 0,25 \cdot 2 + 0,6 \cdot 0,55 \cdot 2 + 0,6 \cdot 0,1 \cdot 3 + 0,6 \cdot 0,1 \cdot 3,3 = 2,239$$

Analog sind der Score für die "Vikilu" = 3,504 und für das "AEG" = 3,494.

Da hier im Bewertungssystem klassische Schulnoten statt Punkten vergeben wurden, entscheidet das kleinste Score für das "Schiller"

zu 17) Das Produkt-Layout entspricht der Anwendung des Erzeugnis- oder Flussprinzips.

Zu den Vor- und Nachteilen diene diese Tabelle:

Vorteile	Nachteile
Kontinuierliche Fertigung großer Stückzahlen	Schlechte Anpassungsfähigkeit an sich plötzlich wandelnde Marktgegebenheiten.
Für Massen - und Großserienfertigung gut geeignet	Fremdbestimmung von Arbeitstempo und Arbeitsaufgabe
Kurze Durchlaufzeiten, die minutiös vorher bestimmbar sind	Hohe Monotonie der Arbeitsaufgabe kann zu gesundheitlichen Problemen bei den Angestellten führen
Minimale Lager - und Transportkosten durch weitgehende Anwendung des Just - in - Time - Prinzips	Hohe Störanfälligkeit der Produktion beim Ausfall einer Teiltätigkeit, gleich, ob Mensch oder Maschine
Hoher Auslastungsgrad von Maschinen und Arbeitern	Geringer Anlernaufwand für die Arbeiter

zu 18)

zu a) Das LP - Problem lautet:

$$\text{Maximiere } Z = 0,2 x_1 + 0,5 x_2 - 100; \quad x_1; x_2 \geq 0$$

unter den folgenden Nebenbedingungen:

$$\text{I: } 2,5 x_1 + 1,25 x_2 \leq 4.800$$

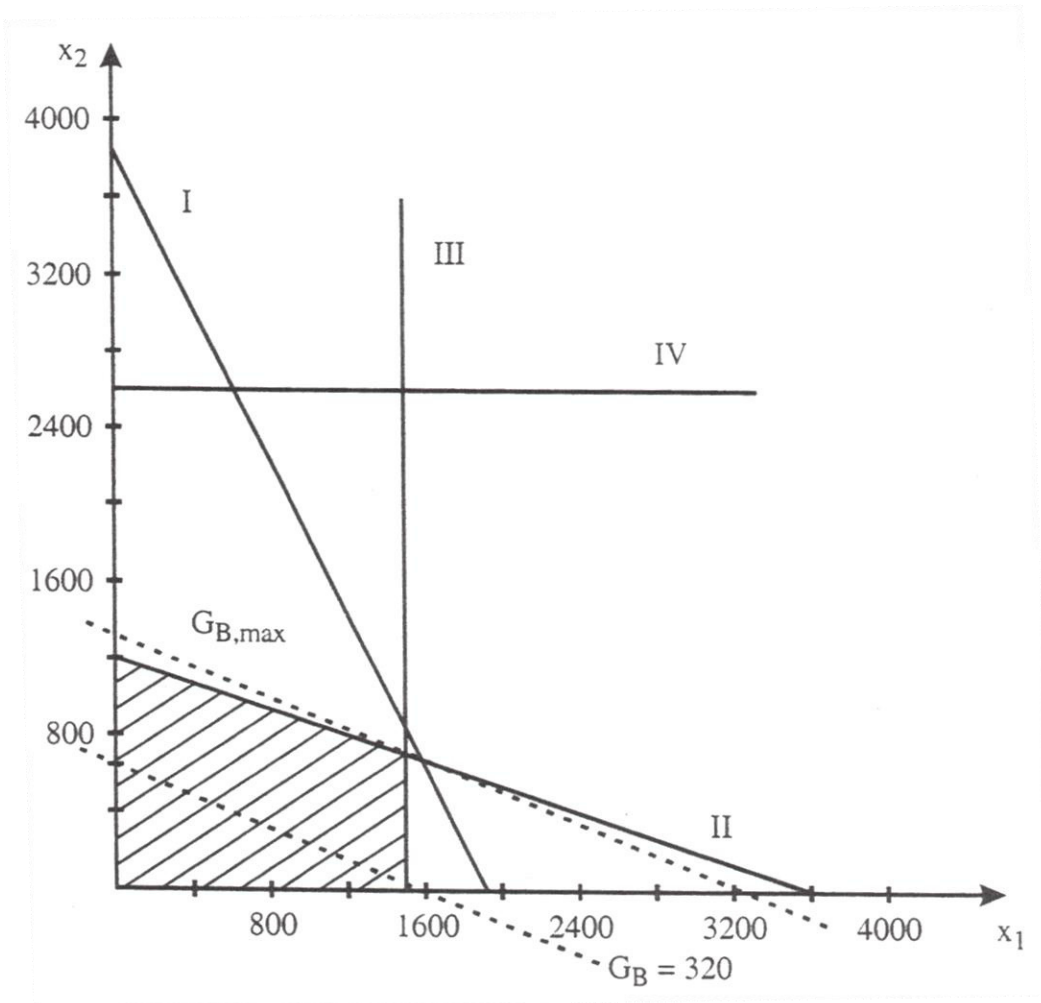
$$\text{II: } 0,25 x_1 + 0,75 x_2 \leq 900$$

$$\text{III: } x_1 \leq 1.500$$

$$\text{IV: } x_2 \leq 2.600$$

# Produktionswirtschaft I

zu b) Grafisch ließe sich dies ungefähr so darstellen:



zu c) Als Tableaus ergeben sich:

## Ausgangstableau:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	T
$y_1$	2,5	1,25	1	0	0	0	4.800
$y_2$	0,25	0,75	0	1	0	0	900
$y_3$	1	0	0	0	1	0	1.500
$y_4$	0	1	0	0	0	1	2.600
Z	-0,2	-0,5	0	0	0	0	-100

# Produktionswirtschaft I

## 2. Tableau:

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	T
$y_1$	$2,08\bar{3}$	0	1	$-1,\bar{6}$	0	0	3.300
$x_2$	$0,\bar{3}$	1	0	$1,\bar{3}$	0	0	1.200
$y_3$	1	0	0	0	1	0	1.500
$y_4$	$-0,\bar{3}$	0	0	$-1,\bar{3}$	0	1	1.400
Z	$-0,0\bar{3}$	0	0	$0,\bar{6}$	0	0	500

## 3. Tableau = Optimaltableau

Variable	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	T
$y_1$	0	0	1	$-1,\bar{6}$	$-2,08\bar{3}$	0	175
$x_2$	0	1	0	$1,\bar{3}$	$-0,\bar{3}$	0	700
$x_1$	1	0	0	0	1	0	1.500
$y_4$	0	0	0	$-1,\bar{3}$	$0,\bar{3}$	1	1.900
Z	0	0	0	$0,\bar{6}$	$0,0\bar{3}$	0	550

### Interpretation des Optimaltableaus:

Das optimale Produktionsprogramm beträgt 1.500 Liter Apfelsaft und 700 Liter Traubensaft, was zu einem Gewinn von 550,- Geldeinheiten führt.

Auf Anlage I gibt es eine Leerkapazität von 175 Litern "Auspresskapazität"; am Markt könnten noch 1.900 Liter Apfelsaft abgesetzt werden, es ist aber keiner mehr da.

Die Schattenpreise betragen 0,67 Geldeinheiten für eine Stunde auf der Veredelungsmaschine, Der Schattenpreis für  $y_3 = 0,0\bar{3}$  ist schwer zu interpretieren, zu diesem Preis würde das Unternehmen Apfelsaft abnehmen, um ihn ggf. weiter zu verkaufen, Angebote oberhalb von ca. 3 Cent pro Liter wären nicht lukrativ.

Die Probe gelingt:  $G = 550 = 0,\bar{6} \cdot 900 + 0,0\bar{3} \cdot 1.500 - 100$  ergibt eine wahre Aussage.

# Produktionswirtschaft I

zu 19)

a) Das LP - Problem lautet wie folgt:

$$\text{Maximiere: } G = 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 + 2x_5$$

$$x_1; x_2; x_3; x_4; x_5 \geq 0$$

unter den Nebenbedingungen:

$$\text{I: } x_1 + 2x_2 + x_3 + x_5 \leq 100$$

$$\text{II: } x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 80$$

$$\text{III: } x_1 + x_3 + x_4 \leq 50$$

zu b)

Eine zeichnerische Lösung ist wegen der Vielzahl (5) der Zielvariablen nicht möglich. Es ergeben sich folgende Tableaus:

### Ausgangstableau

Variable	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1$	1	2	1	0	1	1	0	0	100
$y_2$	0	1	1	1	1	0	1	0	80
$y_3$	1	0	1	1	0	0	0	1	50
Z	-2	-1	-3	-1	-2	0	0	0	0

### 2. Tableau:

Variable	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	T
$y_1$	0	2	0	-1	1	1	0	-1	50
$y_2$	-1	1	0	0	1	0	1	-1	30
$x_3$	1	0	1	1	0	0	0	1	50
Z	1	-1	0	2	-2	0	0	3	150

# Produktionswirtschaft I

## 3. Tableau:

Variable	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	T
y <sub>1</sub>	1	1	0	-1	0	1	-1	0	20
x <sub>5</sub>	-1	1	0	0	1	0	1	-1	30
x <sub>3</sub>	1	0	1	1	0	0	0	1	50
Z	-1	1	0	2	0	0	2	1	210

## 4. Tableau = Optimaltableau

Variable	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	T
x <sub>1</sub>	1	1	0	-1	0	1	-1	0	20
x <sub>5</sub>	0	2	0	-1	1	1	0	-1	50
x <sub>3</sub>	0	-1	1	2	0	-1	1	1	30
Z	0	2	0	1	0	1	1	1	230

### Interpretation:

Das optimale Produktionsprogramm ist (20; 0; 30; 0; 50) und führt zu einem Gewinn von 230 Geldeinheiten.

Die Leerkapazitäten betragen für jede Ton-Art 0 kg.

Die Schattenpreise für jedes kg Ton betragen 1,-- Geldeinheiten.

Probe:  $1 \cdot 100 + 1 \cdot 80 + 1 \cdot 50 = 230 = G$ . Wahre Aussage, Optimum bewiesen.

## Literaturempfehlungen und Quellenverzeichnis

**Bloech, Jürgen et alii:** Einführung in die Produktion, 7. korrigierte und aktualisierte Auflage, Springer Verlag, Göttingen 2014.

**Blohm, Hans et alii:** Produktionswirtschaft, 5. vollständig überarbeitete Auflage, Verlag NWB, Herne 2016.

**Corsten, Hans; Gössinger, Rolf:** Produktionswirtschaft, 14. Auflage, De Gruyter-Verlag, Berlin 2016.

**Dyckhoff, Harald, Spengler, Thomas:** Produktionswirtschaft, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer - Verlag, Berlin 2010.

**Ebel, Bernd:** Produktionswirtschaft, 9. vollständig überarbeitete Auflage, Kiehl-Verlag, Ludwigshafen 2009.

**Fandel, Günter:** Produktion I, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2009.

**Fandel, Günter:** Produktions - und Kostentheorie, 8. illustrierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2010.

**Kiener, Stefan et alii:** Produktionsmanagement, 11. Auflage, De Gruyter-Verlag, Berlin / Boston 2017.

**Anmerkung:** Bei dieser recht kurzen Literaturliste wurde Wert darauf gelegt, dass vor allem die Bücher aus dem Springer-Verlag in der ONLINE-Bibliothek der DIPLOMA erhältlich sind.