

*Lernskript*  
**Produktionswirtschaft**

*BETRIEBSWIRTSCHAFTSLEHRE II*

**F** erstellt von  
Martin Böhme  
im Dezember 1998

Frei nach  
Professor Dyckhoff  
Lehrstuhl für Unternehmenstheorie  
RWTH Aachen

## Inhalt

	Buch	Skript
0. Einführung	S.1	S.3
<b>Kapitel A: Technologie</b>	S.17	S.5
1. Objekte und Aktivitäten	S.18	S.5
2. Techniken und Restriktionen	S.52	S.9
3. Additive Technologie	S.81	entfällt
<b>Kapitel B: Produktionstheorie</b>	S.117	S.12
4. Ergebnisse der Produktion	S.118	S.12
5. Schwaches Erfolgsprinzip	S.135	S.17
6. Lineare Produktionstheorie	S.160	entfällt
<b>Kapitel C :Erfolgstheorie</b>	S.187	S.23
7. Erfolg der Produktion	S.188	S.23
8. Starkes Erfolgsprinzip	S.210	S.32
9. Lineare Erfolgstheorie	S.233	entfällt
<b>Kapitel D: PPS</b>	S.267	S.38
10. Bedarfsermittlung und Kostenkalkulation	S.268	S.38
11. Anpassung an Beschäftigungsschwankungen	S.290	S.42
12. Losgrößenbestimmung	S.312	S.46
13. Dynamische Aspekte der PPS	S.331	S.50
14. Resümee und Ausblick	S.353	entfällt

### Bemerkung des Autors:

Dieses Skript faßt lediglich die wesentlichen Punkte der Theorie der Produktionswirtschaft, wie sie im Buch „Grundzüge der Produktionswirtschaft“ von Harald Dyckhoff beschrieben wird, zusammen. Zur Klausurvorbereitung sei hier noch unabdingbar das zugehörige Übungsbuch zu empfehlen.

Dieses Skript stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit des behandelten Stoffes. Es ist jedoch des Autors Absicht in dieser Hinsicht sein Bestmögliches zu tun.

## 0. Einführung (S.1)

Die Produktionswirtschaftslehre betrachtet Phänomene der Produktion aus einer wirtschaftlichen Perspektive.

### 0.1. Gegenstand der Produktionswirtschaftslehre

Die gängige Vorstellung über das Wirtschaften ist die einer menschlichen Tätigkeit, welche sich zwischen den beiden Polen Produktion und Konsumtion abspielt sowie in und zwischen Wirtschaftseinheiten stattfindet. *Wirtschaftseinheiten* oder *-subjekte* sind abgrenzbare, individuell identifizierbare Personen oder von Menschen gelenkte, weitgehend unabhängige und planvoll handelnde Einrichtungen innerhalb eines umfassenden *ökonomischen Systems*. Zwischen ihnen und den sie umgebenden, noch umfassenden Systemen –der wirtschaftlichen, sozio-kulturellen, politischen, rechtlichen, technischen und natürlichen Umwelt- finden *Interaktionen* statt, bei denen *Objekte* materieller und immaterieller Art wie Sachen, Dienste, Rechte und Informationen ausgetauscht werden.

Die wirtschaftliche Umwelt besteht aus den jeweils anderen Wirtschaftseinheiten und ihrer Verflechtung innerhalb der Volks- und Weltwirtschaft. Die Wirtschaftseinheiten stellen Elemente des ökonomischen Systems dar. Sie sind über die Interaktionen untereinander und mit der künstlichen wie natürlichen Umwelt eng verflochten.

Interaktionen zwischen den Wirtschaftseinheiten – wie Kauf, Miete, Schenkung, Raub – verändern die ausgetauschten Objekte an sich nicht, sondern lediglich ihre Besitzverhältnisse. Der Prozeß der Klärung und Vereinbarung eines Austausches von Objekten oder Leistungen wird als *Transaktion* bezeichnet. Interaktionen bzw. Transaktionen sind kein unmittelbarer Gegenstand der Produktionswirtschaft.

Im Mittelpunkt der Produktionswirtschaft stehen die *Transformationen*. Sie sind durch eine qualitative, räumliche oder zeitliche Veränderung von Objekten gekennzeichnet. Die rein räumliche oder zeitliche Veränderung heißt speziell auch *Transfer*, weshalb unter Transformationen vielfach nur qualitative Veränderungen verstanden werden.

Von Interesse sind diejenigen Transformationen, welche von Wirtschaftseinheiten hervorgerufen werden und grundsätzlich in ihnen, d.h. in ihrem *Verfügungsbereich*, stattfinden. Eine solche durch Menschen veranlaßte und zielgerichtet gelenkt sich systematisch vollziehende Transformation wird *Produktion* genannt. Hier soll die Produktion sehr weit im Sinne eines *Wertschöpfungsprozesses* verstanden werden.

☉ Bei der Produktion steht die Erzeugung von Werten im Vordergrund. Dagegen ist die *Konsumtion* regelmäßig mit einer überwiegender Wertevernichtung verbunden. Vereinfacht bedeutet Konsum(tion) Handeln zur unmittelbaren Befriedigung eigener Bedürfnisse; Produktion hingegen Handeln zur Befriedigung *fremder* Bedürfnisse oder zur *mittelbaren* – etwa zeitlich verschobenen – Befriedigung eigener Bedürfnisse. Real muß man Produktion und Konsumtion als zwei Seiten einer Medaille auffassen, nämlich als werteerzeugenden bzw. wertvernichtenden Aspekt ein und derselben Aktivität.

Eine Wirtschaftseinheit, welche sich hauptsächlich der Wertschöpfung verschrieben hat, heißt *Betrieb*. Betriebe sind also definitionsgemäß produzierende Wirtschaftseinheiten. Produktion ist danach die Kernfunktion jedes Betriebes, insbesondere jede Unternehmung schlechthin.

Zum besseren Verständnis ist es zweckmäßig, den Betrieb als ein System aufzufassen, welches als ein produzierendes Subsystem des ökonomischen Systems, d.h. als ein *Produktionssystem*, selber wieder ein gegliedertes Ganzes mit einer mehr oder minder ausgeprägten inneren Struktur bildet. Die Innenstruktur eines Produktionssystems wird durch seine Sub- und Teilsysteme beschrieben. Indem innerhalb eines System verschiedene Teilgebilde abgegrenzt und identifiziert werden, erhält

man *Subsysteme*, so beispielsweise Werke, Anlagen, Baustellen oder sogar einzelne Arbeitsplätze. Durch die Auswahl bestimmter Arten von Beziehungen werden Teilsysteme definiert, etwa das betriebliche Materialflusssystem.

Die vertiefte, ökonomisch orientierte Analyse solcher betrieblicher Produktionssysteme definiert die Produktionswirtschaftslehre als eine sogenannte spezielle Betriebswirtschaftslehre.

## 0.2 Theorie betrieblicher Wertschöpfung und Produktionsmanagementlehre

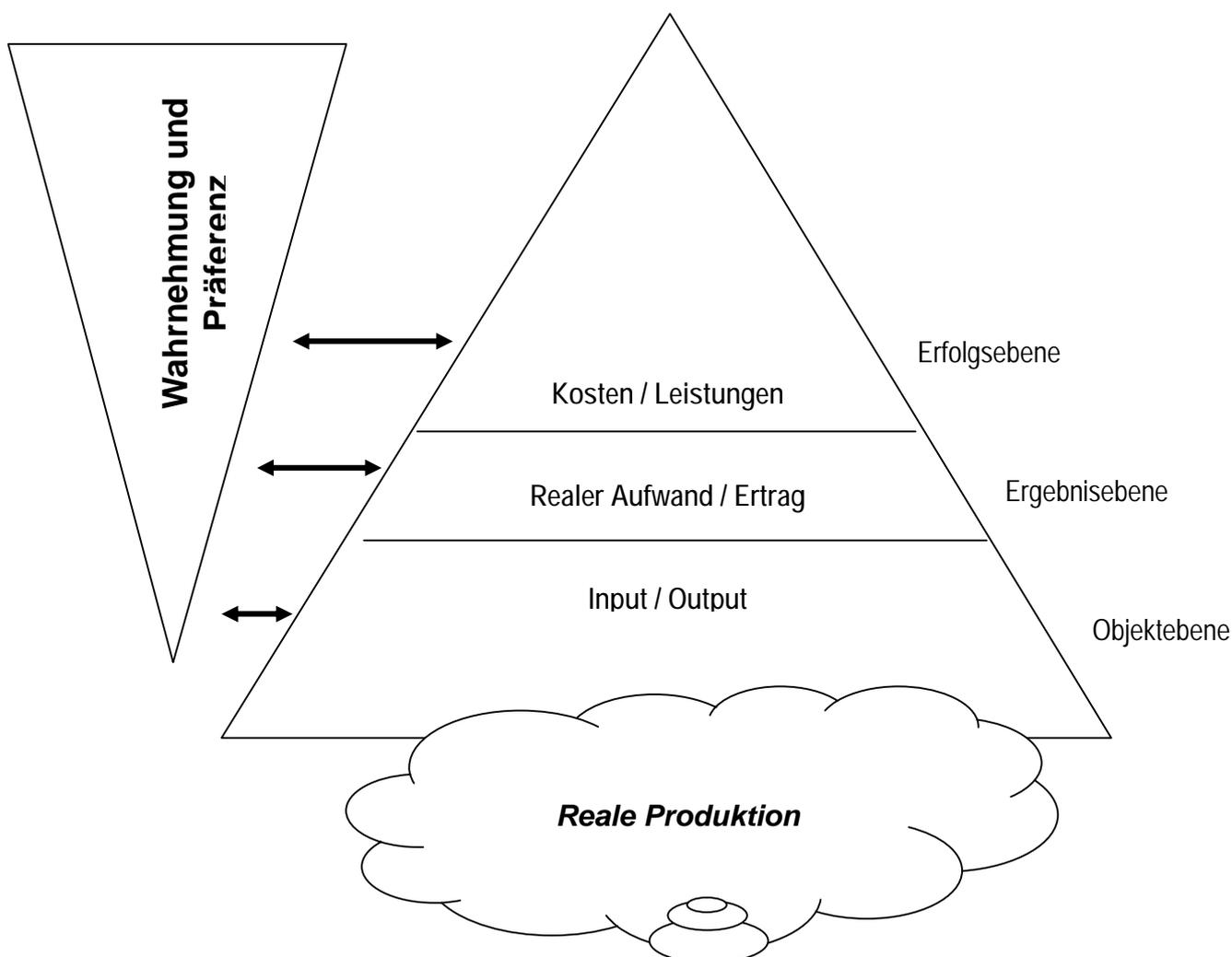
+ S.6-8 ausgelassen !! WICHTIG ??

## 0.3 Aufgabe und Struktur der Theorie betrieblicher Wertschöpfung

Unter der *Theorie betrieblicher Wertschöpfung* wird die zweckorientierte Gesamtheit der Grundannahmen und Schlußfolgerungen verstanden, welche sich auf Modelle des Transformationsprozesses im Rahmen von Produktionssystemen beziehen.

Einmal steht nach wie vor die Sachgütererzeugung in Industriebetrieben im Zentrum, so daß man besser von einer Theorie *industrieller* Wertschöpfung spricht.

Aufbau: (S.11)



Ausgangspunkt ist der reale Produktionsprozeß. Gemäß der Wahrnehmung und der Interessenlage des Produzenten wird er auf der untersten Ebene, der *Objektebene*, modellmäßig in seinen Input/Output-Beziehungen erfaßt. Die Theorie der Objektebene bildet insofern noch keine eigentlich

ökonomische Theorie und kann als *Technologie*, d.h. als Lehre von der Produktionstechnik, verstanden werden.

Die mittlere Ebene betrachtet die Ergebnisse der Produktion auf Basis rudimentärer Präferenzäußerungen. Auf dieser *Ergebnisebene* werden der *reale Aufwand* und *Ertrag* in Gestalt mehrdimensionaler Kennziffern, meist physikalischer Mengengrößen, analysiert. Mit ihrer Hilfe können Ergiebigkeitsmaße sowie über den Effizienzbegriff ein schwaches Erfolgsprinzip als verallgemeinerte Fassung des traditionellen Wirtschaftlichkeitsprinzips formuliert werden. Die auf dieser Ebene entwickelte Theorie wird als *Produktionstheorie* bezeichnet.

Die oberste Ebene behandelt den Erfolg der Produktion im Sinne einer eindimensionalen Kennziffer, welche die gesamte oder auch nur einen bestimmten Teilaspekt der Wertschöpfung beschreibt und im Normalfall aus den *Kosten und Leistungen* resultiert. Die Forderung nach maximalem Erfolg charakterisiert das starke Erfolgsprinzip der *Erfolgsebene*. Demgemäß kann man von einer *Erfolgstheorie* sprechen.

## KAPITEL A: TECHNOLOGIE

### 1 Objekte und Aktivitäten (S.18)

- + Produktion ist eine zeitbeanspruchende Handlung oder Aktivität
- + Die geschaffenen Werte machen sich an bestimmten Objekten des Vorgangs fest, deren Erzeugung oder Vernichtung Sachziele des Handelns sind, um auf diese Weise gewisse vorgegebene Zwecke zu erreichen.

#### 1.1 Objekte produktionswirtschaftlichen Handelns

Unter einem *Objekt* wirtschaftlichen Handelns kann man eine abgrenzbare und selbständig übertragene Menge zugeteilter Verfügungsrechte und -pflichten verstehen. Hier ist es zweckmäßig, ein Objekt produktionswirtschaftlichen Handelns spezifischer als Sache oder vergleichbare unkörperliche Bestandsgröße im Rahmen des Ausführungssystems der Produktion zu kennzeichnen, welche auf den Transformationsprozeß einwirkt, an ihm beteiligt, von ihm betroffen oder von ihm hervorgerufen ist. Als *Subjekte* produktionswirtschaftlichen Handelns sind dagegen die angehörigen des Führungssystems zu verstehen. Ihr Einfluß auf das Ausführungssystem, auch als *dispositiver Faktor* bezeichnet. Der umgekehrte Fall wird hier nicht behandelt.

Damit *Objekte* produktionswirtschaftlicher Handlungen beachtet werden, müssen sie drei Bedingungen erfüllen:

- + Das Objekt selber sowie seine wesentlichen Eigenschaften sind *bekannt* bzw. erforscht
- + Das Objekt ist *verfügbar*, d.h. räumlich, zeitlich sowie rechtlich im Verfügungs- oder Wirkungsbereich des Produktionssystems.
- + Das Objekt ist für die betrachtete produktionswirtschaftliche Fragestellung *relevant*.

Solange wichtige Eigenschaften von Objekten unbekannt sind, werden diese Objekte bei der Gestaltung und Lenkung von Produktionsprozessen ignoriert. Durch die Geographie bedingte räumliche Verfügbarkeit von Rohstoffen und Landschaften sowie sozio-kulturelle Spezifika von Staaten, einschließlich der Infrastruktur und Qualifikation der Arbeitskräfte, sind

wesentlichen Bestimmungsfaktoren von Standortvor- und -nachteilen der Produktion. Rechtliche Verfügbarkeit äußert sich zum Beispiel in Patenten und Schutzrechten.

Unter den relevanten Objekten sind zwei Gruppen besonders hervorzuheben, weil sie die entscheidende Rolle für den betrachteten Transformationsprozeß spielen. Bestimmte Objekte zeichnen sich nämlich dadurch aus, daß das Produktionssystem ihretwegen betrieben wird. Sie bilden den **Betriebszweck**. Die Erzeugung oder Vernichtung dieser Objekte definieren die Sachziele für den Betrieb des Prozesses. Ein Produktionssystem, dessen Zweck hauptsächlich in der Erzeugung (Hervorbringung, Ausbringung, Herstellung) bestimmter Objekte besteht ist ein **Erzeugungssystem**, d.h. ein Produktionssystem im eigentlichen Sinne. Ein Produktionssystem, dessen Hauptzweck in der Vernichtung (Beseitigung, Entledigung, Umwandlung) bestimmter Objekte besteht heißt **Reduktionssystem**, eine zugehörige Transformation entsprechend **Reduktion**.

Ein Objekt heißt **(Haupt-)Produkt**, wenn seine Erzeugung ein Sachziel der Transformation ist: alle anderen Erzeugnisse sind **Nebenprodukte** (oder Ausbringungsfaktoren). Ein Objekt, dessen Vernichtung ein Sachziel ist, wird als **(Haupt-)Redukt**, alle anderen als Nebenprodukte oder **Einsatzfaktoren** bezeichnet.

Nebenprodukte sind somit Erzeugnisse, die in der Produktion anfallen, ohne daß der Zweck der jeweiligen Handlung darauf gerichtet ist.

### 1.1.2 Erscheinungsformen, Eigenschaften und Meßbarkeit

Objekte können gemäß ihrer Erscheinungsform grundsätzlich materieller oder immaterieller Natur sein. **Materielle Objekte** werden auch Sachobjekte oder kurz *Sachen* genannt; bei ihnen handelt es sich um feste, flüssige oder gasförmige *Stoffe* oder *Energie*. **Immaterielle Objekte** sind alle anderen unkörperlichen, identifizierbaren und abgrenzbaren Phänomene mit Potentialcharakter, insbesondere *Rechte* und *Informationen* sowie *Arbeiten* und *Dienste*.

Der Potentialcharakter von Rechten und Informationen liegt auf der Hand. Im ersten Fall handelt sich um garantierte Ansprüche in bezug auf bestimmte Objekte, beispielsweise hinsichtlich ihrer Nutzung, ihrer Veräußerung oder ihrer Veränderung. Eine Information ist durch das Potential gekennzeichnet, Kenntnisse und Wissen über bestimmte Objekte bereitzustellen.

Ein Objekt ist durch seine Qualität sowie durch Ort und Zeit seiner Verfügbarkeit bestimmt. Die **Qualität** wird durch Eigenschaften physischer, technischer, funktioneller, ästhetischer oder symbolischer Art definiert.

Für die Unterscheidung von Objekten gelten ähnliche Überlegungen wie zuvor hinsichtlich ihrer Wahrnehmung und Beachtung. Ob zwei Objekte bei der Produktion als qualitativ gleichartig oder aber verschieden anzusehen sind, hängt in erster Linie nur von den Eigenschaften ab, die für den Transformationsprozeß des betrachteten Produktionssystems sowie für die jeweilige Fragestellung des Produktionsmanagement relevant sind. Abhängig von der gegebenen Entscheidungssituation werden solchermaßen ähnliche Objekte vom Produzenten nicht weiter unterschieden und zu homogenen Klassen (Sorten, Typen, Familien, Varianten) zusammengefaßt; hier werden sie in der Regel als **Objektarten** bezeichnet.

Außer durch ihre qualitative Eigenschaften ist eine Objektart im allgemeinen noch durch den Ort und die Zeit ihrer Verfügbarkeit für den Produzenten bestimmt.

Eine wesentliche Prämisse der Theorie betrieblicher Wertschöpfung bezieht sich auf die **quantitative Meßbarkeit** des Umfangs einer Menge von Objekten gleicher Art. Bei einzelnen identifizierbaren Stückobjekten entspricht dies ihrer natürlichen Anzahl. Schüttobjekte wie etwa Wasser, Sand und

sonstige beliebig teilbare Objekte lassen sich mittels physikalischer Maße quantitativ in beliebigen reellen Zahlen erfassen. Die Quantitäten eines Objektes bzw. einer Objektart, bei der es nur auf das Vorhandensein ankommt, z.B. eines Patents, wird üblicherweise durch den Binärcode 1 für existent bzw. verfügbar und 0 für nicht existent bzw. nicht verfügbar beschrieben.

## 1.2 Produktionsaktivität als Input/Output-Prozeß

Wirtschaftliche Größen lassen sich nach ihrem Zeitbezug grob in *Bestandsgrößen* ( oder Zustandsgrößen) und in *Stromgrößen* einteilen.

Sämtliche wichtigen produktionswirtschaftlichen Größen der nachfolgenden entwickelten Theorie betrieblicher Wertschöpfung lassen sich auf fünf nicht negative Grundgrößen zurückführen oder in enge Beziehung mit ihnen bringen. Es sind eine Bestands- und vier Stromgrößen:

$s_{kot}$  – ( *Objekt-*) *Bestand*: im Zeitpunkt  $t$  am Ort  $o$  für das betrachtete Produktionssystem verfügbarer Bestand an Objekten der Qualität  $k$ .

$u_{kot}$  – *Ausbringung(smenge)*: oder Erzeugnismenge, auch Eigenfertigung: während oder bis zum Ende der Periode  $t$  am Ort  $o$  innerhalb des Produktionssystems vom Transformationsprozeß erzeugte Quantität an Objekten der Qualität  $k$

$v_{kot}$  – *Einsatz(menge)* oder Verbrauchs bzw. Gebrauchsmenge, auch Eigenverbrauch: während der Periode  $t$  am Ort  $o$  innerhalb des Produktionssystems im Transformationsprozeß eingesetzte Quantität an Objekten der Qualität  $k$

$x_{kot}$  – *Eintrag(smenge)* oder Fremdzugang (- input), auch Fremdbezug: zu Beginn oder während der Periode  $t$  am Ort  $o$  dem Produktionssystem von außerhalb zugeführte Quantität an Objekten der Qualität  $k$ .

$y_{kot}$  - *Austrag(smenge)* oder Fremdagang (-output), auch Absatz- oder Emissionsmenge: während oder bis zum Ende der Periode  $t$  am Ort  $o$  vom Produktionssystem nach außerhalb abgeführte Quantität an Objekten der Qualität  $k$ .

Bei den Stromgrößen  $v$  und  $u$  handelt es sich um den Input und Output des Transformationsprozesses, bei  $x$  und  $y$  um den Input und Output des Produktionssystems. Daß beide Input- bzw. Outputkategorien nicht miteinander übereinstimmen, hat vor allem drei Gründe:

1. *Zwischenprodukte*: Im System erzeugte Objekte ( $u$ ) werden in nachfolgenden Prozessen wieder verbraucht ( $v$ ), ohne daß sie das System verlassen.
2. *Handelswaren*: Fremdbezogene Waren ( $x$ ) werden unmittelbar weiterverkauft ( $y$ ), ohne daß sie einer Transformation unterzogen werden.
3. *Bestandshaltung*: Aus einer Vorperiode stammende Objekte des Anfangsbestandes ( $s_{i-1}$ ) werden im Prozeß eingesetzt oder aber verlassen unmittelbar das System; während der Periode erzeugte oder aber eingetragene Objekte erhöhen den Endbestand ( $s_i$ ).

### 1.2.2 Fundamentale dynamische Mengenbilanzgleichung

Für dauerhafte, materielle Objektarten  $k$  muß aufgrund des Massen- und Energieerhaltungssatzes der Physik an einem Ort  $o$  für eine Periode  $t$  zwischen den beiden Zeitpunkte  $t-1$  und  $t$  grundsätzlich folgende *dynamische Mengenbilanz* gelten:

$$s_{ko, t-1} + x_{kot} + u_{kot} = v_{kot} + y_{kot} + s_{kot}$$

Die obige Bilanz hat den Charakter einer Definitionsgleichung für die Fortschreibung des Systembestandes in der Zeit, sofern die verschiedenen Stromgrößen bekannt sind. Eine Inventur dient

dann dazu festzustellen, ob der rechnerische Bestand ( Soll-Bestand ) mit dem tatsächlich vorhandenem Bestand ( Ist-Bestand ) übereinstimmt oder anderenfalls zu korrigieren ist. Die obige Bilanzgleichung liegt allen sogenannten Stoff- und Energiebilanzen des ökologischen Rechnungswesens zugrunde.

Entsprechend der Bilanzgleichung wird der Anfangsbestand im Laufe der Periode durch Zugänge von außerhalb und innerhalb des Systems erhöht. Ihre Summe ergibt den *Gesamtinput* und bestimmt damit den *Durchsatz*. *Primärinput* bezeichnet diejenigen Objekte, welche dem System in einer Periode auch ohne Eigenfertigung zur Verfügung stehen, sie es als Anfangsbestand oder als Fremdzugang während der Periode; die selbst erstellten Objekte einer Periode bilden somit die Differenz zwischen dem Gesamtinput und dem Primärinput und werden *Sekundärinput* genannt. Entsprechend gilt für den *Primäroutput* und den *Sekundäroutput* in Hinblick auf den Eigenverbrauch. Input und Output sind hierbei so zu verstehen, daß sie den Systembestand erhöhen bzw. senken, wogegen Prozeßinput ihn vermindert, Prozeßoutput ihn vergrößert. Sekundärinput und –output bestimmen somit als Output und Input des Transformationsprozesses die *Innenverflechtungen* des Produktionssystems, Primärinput und –output dagegen die *Außenverflechtungen* nur dann, wenn man die Systemgrenze zeitlich dermaßen zieht, daß vorangehende und nachfolgende Perioden nicht mehr zum betrachteten System gehören. Anderenfalls muß man von *zeitlichen Verflechtungen* sprechen.

Die Bestandsveränderung von Objekten der Qualität  $k$  am Ort  $o$  während der Periode  $t$  durch

$$dS_{kot} = S_{kot} - S_{ko,t-1}$$

### 1.2.3 Produktionsaktivität einer Periode

- + *originärer Faktor*: Prozeßinput ohne Prozeßoutput ( $u_k=0$ )
- + *Endprodukt* oder *originäres Erzeugnis*: Prozeßoutput ohne Prozeßinput ( $v_k=0$ )
- + *Zwischenprodukt* oder *derivativer Faktor*: sowohl Prozeßinput als auch Prozeßoutput ( $v_k>0$  und  $u_k>0$ )

### 1.2.4 Spezialfall ohne Zwischenprodukte und Handelswaren

S. 31

## 1.3 Darstellungsformen einer Produktaktivität

### 1.3.1 Algebraische, tabellarische und grafische Darstellung

Wenn Objektarten nur als Input oder Output vorkommen ist es zweckmäßiger und anschaulicher, Input- und Outputarten separat in zwei Spalten aufzuführen und die Nullen wegzulassen. Ergebnis ist eine vereinfachte *Input/Output-Tabelle* kurz *I/O-Tabelle*.

+Beispiel S.33

Eine noch bessere Visualisierung erlaubt der *Input/Output-Graph* kurz *I/O-Graph*. Er besteht aus Kreisen für die Objektarten des Input und output sowie einem Kasten für den Transformationsprozeß, welcher durch Pfeile vom Input über den Prozeß zum Output verbunden sind.

+Beispiel S.34

Tabellarische und grafische Darstellungen von Produktionsaktivitäten sind zwar anschaulicher als algebraische, aber auch weniger platzsparend. Für allgemeine Aussagen sind *Input/Output-Vektoren*, kurz *I/O-Vektoren* besser geeignet. Ein solcher Vektor ist letztlich nichts anderes als eine spalten- oder zeilenförmige Liste von Zahlen definierter Länge, bei denen die Zahlen allein aufgrund ihrer Reihenfolge bzw. Stelle in der Liste bestimmten Objektarten eindeutig zugeordnet werden können.

+Beispiele S.35

- + Entweder als  $(x;y)$  Darstellung wobei dann  $x$  Inputwerte und  $y$  Outputwerte sind und also immer positiv sind oder als  $z -$  Darstellung wobei dann Inputwerte negativ und Outputwerte positiv sind.

### 1.3.2 Darstellungen in der Praxis

Eigentlich nur Beispiele; sind alle auf S. 36ff

### 1.4 Systematik wichtiger Produktionsbegriffe

Der Unternehmungsprozeß läßt sich in drei Bestandteile gliedern:

	Einsatz	↓Transformation	↓Ausbringung
oder auch	Input	↓Throughput	↓Output

Gemäß dieser Einteilung lassen sich Einsatzobjekte, Prozeßfaktoren und Ausbringungsobjekte unterscheiden.

Den eigentlichen Throughput bilden die Prozeßfaktoren. Es handelt sich bei ihnen nicht um Objekte, sondern um anderweitige systeminterne oder – externe Faktoren mit Einfluß auf den Transformationsprozeß. Sie werden entsprechend ihrer *Disponibilität* durch den Produzenten in zwei Klassen eingeteilt:

- ↓ Die *Steuergrößen*  $\rho$  sind disponibel, d.h. beeinflussbar und somit instrumentell nutzbar. ( z.B. Geschwindigkeit einer Maschine )
- ↓ Die *Umweltparameter*  $\sigma$  sind indisponibel, d.h. als Nebenbedingungen exogen gegeben und somit Daten der jeweiligen Entscheidungssituation. ( z.B. gesetzliche Grenzwerte für Emissionen )

S.44

Die Einsatzfaktoren werden üblicherweise in die Elementarfaktoren, den dispositiven Faktor und die Zusatzfaktoren differenziert. Zu den *Elementarfaktoren* gehören die menschliche Arbeit, die Betriebsmittel sowie die Arbeitsobjekte (Werkstoffe). Von den Einsatzfaktoren lassen sich eigentlich nur bestimmte Elementarfaktoren eindeutig dem Input zurechnen. Sie werden *Repetier-* oder *Verbrauchsfaktoren* genannt. Die anderen sind gleichzeitig auch mit dem Prozeß selber oder wie bei den *Potential-* oder *Gebrauchsfaktoren* sogar mit dem Output eng verknüpft.

Potentialfaktoren sind einzeln identifizierbare Objekte, welche ihre *Qualität* während der Transformation nicht oder nur unwesentlich ändern, wohl aber naturgemäß die Zeit ihrer Verfügbarkeit, gegebenenfalls auch ihren Ort (z.B. Lkw ). Die beiden wichtigsten Gruppen sogenannter *aktiver* Potentialfaktoren bilden die menschlichen Arbeitskräfte und die Maschinen; passiv sind Grundstücke und Gebäude.

[ Soweit sie keinen Engpaß bilden und ihre Nutzung kostenlos ist, werden Potentialfaktoren bei kurzfristigen Produktionsanalysen in der Regel überhaupt nicht beachtet (z.B. Erdgravitation ). Andernfalls wird die Inputquantität üblicherweise anhand der Einsatzzeit gemessen ( z.B. in Maschinenstunden ). ]

Das maximale Nutzungspotential eines Potentialfaktors während einer Periode wird als *Kapazität* bezeichnet.

*Repetierfaktoren* ändern ihre Qualität im Gegensatz zu den Potentialfaktoren bei der Produktion substantiell und gehen als einzelne Objekte einer Art unter. Entweder gehen sie als Roh- und Hilfsstoffe *direkt* in ein Hauptprodukt ein, bei Rohstoffen als wesentliche Bestandteile, oder sie werden *indirekt* als Betriebsstoffe ( z.B. Schmiermittel ) für den Einsatz anderer Faktoren verbraucht. Der Input einer Objektart kann deshalb durch die Anzahl bzw. Menge untergegangener Objekte gemessen werden. Das Nutzungspotential einer solchen Objektart wird durch die insgesamt für den Transformationsprozeß einer Periode *verfügbaren Menge* bestimmt (= Gesamtinput in Mengenbilanzgleichung ).

Die Unterscheidung in Potential- oder Repetierfaktoren ist nicht immer sehr einfach. So sind auch bei Potentialfaktoren Änderungen quantitativ im Hinblick auf ihr Nutzungspotential möglich, etwa eine Abnahme aufgrund von Verschleiß bei Maschinen oder sogar eine Zunahme aufgrund von Lerneffekten bei Arbeitskräften.

Repetierfaktoren unterscheiden sich im Grunde nur dadurch von Potentialfaktoren, daß sie als einzelne Objekte ihr spezifisches Nutzungspotential während einer Produktionsperiode vollständig verbrauchen.

Die Unterscheidung in Potential- und Repetierfaktoren ist deshalb entscheidend auch von der Dauer der betrachteten Produktionsperiode sowie der Nutzungsintensität abhängig.

Sieht man von der zeitlichen Verfügbarkeitsproblematik ab, sind Potentialfaktoren, so gesehen, sowohl Einsatz- als auch Ausbringungsobjekte der Transformation, wobei sie in die Nebenprodukte einzureihen sind, speziell solche zur *Verwertung*. Erzeugnisse, die nach einer entsprechenden Aufbereitung, z.B. mittels Verbrennung, an die Umwelt abgegeben werden sollen, heißen Nebenprodukte zur *Beseitigung*. Unmittelbar vom Produktionssystem an die natürliche Umwelt abgegebener Output ist eine *Emission*.

Die Hauptprodukte als Sachziele der Erzeugung können nach den allgemeinen Erscheinungsformen von Objekten materiell oder immateriell sein. Im ersten Fall heißen sie *Sachleistungen*. Alle anderen, immateriellen Hauptprodukte werden in dieser Systematik in einen tertiären Sektor zusammengefaßt, der pauschal als Dienstleistungswirtschaft bezeichnet wird.

*Dienstleistungen* im Sinne immaterieller Hauptprodukte, z.B. die fertige Frisur, liegt eine ergebnisorientierte Perspektive zugrunde. Die Immaterialität der Dienstleistung resultiert so gesehen daraus, daß zu ihrer Erzeugung keine Rohstoffe als substantiell eingehende Arbeitsobjekte eingesetzt werden, welche als interne Einsatzfaktoren autonom durch den Produzenten disponierbar sind, d.h. ein materieller Output der Transformation ist Ergebnis nur solcher Rohstoffe, die externe Faktoren darstellen.

( hier sind, glaub ich, noch ein paar Erläuterungen fällig !! MB )

Daneben gibt es noch eine prozeßorientierte Sicht, bei der die Durchführung des Transformationsprozesses unter Einbindung des Kunden als externen Faktor das eigentliche Sachziel bildet; z.B. Theateraufführungen.

Um einen Dienst handelt es sich bei einer Verrichtung, wenn sie den Bedarf eines systemfremden Leistungsempfängers unter unmittelbarer Einbindung des Empfängers oder eines von ihm zu Verfügung gestellten Arbeitsobjektes als externem Faktor befriedigt; z.B. Reparatur eines Kundenfahrzeugs.

Umgekehrt können Dienste auch Systeminput sein, wenn eine systemfremde Produktiveinheit im Rahmen des Transformationsprozesses eine Verrichtung durchführt und damit einen aus den Sachzielen abgeleiteten Systembedarf befriedigt; z.B. Fahrzeugreperatur durch den Lieferanten. Alle anderen zweckdienlichen Verrichtungen innerhalb des Produktionssystems heißen *Arbeit*; z.B. Fahrzeugreperatur durch den werkseigenen technischen Dienst.

Wesentlich für die Produktion von Dienstleistungen ist zwar ihre Immaterialität und mangelnde Lagerfähigkeit. Allerdings finden sich ähnliche Bedingungen zum Teil auch bei der Sachgüterproduktion, so zum Beispiel bei der Erzeugung elektrischer Energie. Umgekehrt sind Sachleistungen für den Kunden auch nur Mittel, um aus ihnen verschiedene immaterielle Nutzen zu ziehen. Von daher ist der Unterschied zwischen Sach- und Dienstleistungen in mancherlei Hinsicht gar nicht so groß. Aus technologischer Sicht sind Sach- und Dienstleistungsprozesse oft sogar identisch.

Durch die Annahme der quantitativen Meßbarkeit der beachteten Objektarten (1.1.2) findet nicht unbedingt eine Vernachlässigung der Dienstleistungen gegenüber den Sachgütern statt.

Vielmehr kann von einer Diskriminierung der handwerklichen gegenüber der industriellen Produktion gesprochen werden. Industrielle Prozesse vollziehen sich nach verbreiteter Auffassung in gewerblichen Betrieben, die Sachgüter dem Prinzip der Arbeitsteilung unter maßgeblichem Einsatz von Maschinenerzeugen und diese auf großen Märkten absetzen. Auch in der Dienstleistungswirtschaft haben die modernen Verkehrs-, Informations- und Kommunikationstechniken sogenannte economies of scale ermöglicht. Teilweise wird deshalb auch schon von einer Dienstleistung *industrie* gesprochen.

Hauptprodukte und Hauptredukte sind wegen ihres Sachzielcharakters als die Haupteinflußfaktoren der Produktion anzusehen. Ihre Quantitäten bestimmen die *Beschäftigung* des Produktionssystems.

## 2 Techniken und Restriktionen (S.52)

### 2.1 Techniken der Produktion

Die Aktivität eines Produktionssystems besteht in der zielgerichteten, wertschöpfenden Transformation von Input in Output. Geht man vereinfachend von einperiodigen Aktivitäten ohne explizite Berücksichtigung von Zwischenprodukten und Handelswaren sowie quantitativer Meßbarkeit von Objektmengen aus, so lassen sich die Aktivitäten als Input/Output-Vektoren der Art  $(x;y)$  oder  $z$  darstellen. (Beispiel S.53)

Mit der vektoriellen  $z$ -Darstellung von Aktivitäten äußert sich die Antwort auf die Frage, welche Aktivitäten mit einem Produktionssystem überhaupt möglich sind, in bestimmten Punktmengen eines mehrdimensionalen, reelwertigen Zahlenraumes  $\mathbb{R}^k$ , dessen Dimension  $k$  der Anzahl beachteter Objektarten entspricht.

Sämtliche Aktivitäten der Menge  $T$  lassen sich also als additive Kombinationen der beiden Grundaktivitäten darstellen. Eine Menge, die auf diese oder andere Weise sämtliche technisch im Prinzip möglichen Aktivitäten eines Produktionssystems beschreibt, heißt Technikmenge oder kurz *Technik*, sie wird mit  $T$  symbolisiert. Sie ist die Menge aller denkmöglichen Realisierungen eines bestimmten Typs von Produktionssystemen. So ist beispielsweise bei der langfristigen, strategischen Unternehmensplanung von Bedeutung, wenn es etwa darum geht, welche und wie viele Fabriken zur Herstellung eines neuen Produktes errichtet werden sollen.

## Beispiel S.54

Techniken und andere Produktionsmöglichkeitenmengen werden im folgenden in der Regel als Mengen von Vektoren  $z$  formuliert, bei denen negative Zahlen einen Input und positive einen Output der betreffenden Objektart bedeuten.

## 2.2 Grundlegende Technikformen

### 2.2.1 Größeneffekte

Größenvariation (auch Skalen- oder Niveauvariation )

Gilt für ein bestimmtes  $\lambda > 0 : z \in T \Leftrightarrow \lambda z \in T$

so definiert  $\lambda$  eine mögliche Veränderung des Skalenniveaus bzw. der Größe der Produktion  $z$ . Dabei werden alle Input- und Outputquantitäten proportional verändert, z.B. für  $\lambda = 2$  verdoppelt.

Ob Größen- oder Skalenvariationen prinzipiell möglich sind, hängt von der jeweiligen Technik ab. Eine Technik heißt

- F** *größenprogressiv*, wenn Niveauerhöhungen ( $\lambda > 1$ )
- F** *größenregressiv*, wenn Niveausenkungen ( $0 < \lambda < 1$ )
- F** *größenproportional*, wenn Niveauveränderungen ( $\lambda \geq 0$ )

für jede mit dieser Technik mögliche Produktion stets selber wieder technisch mögliche Produktion ergeben. Größenproportionalität als simultane Größenprogression und -degression wird auch als *Linear-Homogenität* bezeichnet. (Beispiel S.58)

### 2.2.2 Additivität

Bei einer additiven Technik ergibt die Kombination zweier möglicher Produktionen wieder eine Produktion. Der Vektor  $z_1 + z_2$  wird als (Additiv-)Kombination der beiden Aktivitäten  $z_1$  und  $z_2$  bezeichnet. Dies setzt meist voraus daß es keine Synergie- oder Störeffekte zwischen den einzelnen Produktionen geben. Am ehesten ist diese Bedingung erfüllt wenn die Produkte zeitlich parallel, jedoch räumlich und organisatorisch getrennt in eigenen Fertigungssegmenten erzeugt werden (*Parallelproduktion*). Die Input- und Outputquantitäten der verschiedenen Produktionsaktivitäten addieren sich dann für jede betrachtete Objektart einzeln zum gesamten jeweiligen Input und Output der Periode.

Additivität erlaubt beliebig häufige Wiederholung bzw. parallele Ausführungen ein und derselben Produktion. Jede  $\lambda$ -fache Kombination  $\lambda z$  von  $z$  mit sich selbst (für  $\lambda \in \mathbb{Z}$ ) ist möglich. Additive Techniken sind somit immer auch diskret größenprogressiv.

### 2.2.3 Linearität und Konvexität

Eine Technik, die sowohl additiv als auch größenproportional ist, heißt *linear*. Für eine solche Technik  $T$  gilt stets, daß alle nicht negativen Linearkombinationen möglicher Produktionen selber auch möglich sind:

$$z_1, z_2 \in T \quad \lambda_1, \lambda_2 \geq 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda_1 z_1 + \lambda_2 z_2 \in T$$

**Konvexität** einer Menge bedeutet grafisch, daß die Strecke zwischen je zwei Punkten ganz zur Menge gehört. Der Ausdruck  $\lambda_1 z_1 + \lambda_2 z_2$  heißt *Konvexkombination* der Aktivitäten  $z_1$  und  $z_2$ , wobei die Skalenfaktoren  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  den jeweiligen Bruchteil angeben, mit dem eine Aktivität zum Zuge kommt. Zwei Produktionen lassen sich bei Konvexität also nicht beliebig kombinieren, sondern jeweils nur anteilig.

Inhaltlich bringt die Konvexität zwei gravierende Einschränkungen mit sich. Zum einen ist jede konvexe Technik mit möglichem Stillstand zwangsläufig größendegressiv. Zum anderen setzt sie ebenso wie die Größendegression - und natürlich auch die Linearität - die beliebige Teilbarkeit nicht nur der Aktivitätsniveaus, sondern vielmehr noch der Objektquantitäten voraus. (Beispiel S.60)

Lineare Techniken bilden somit Spezialfälle konvexer Techniken.

## 2.3 Produktionsmöglichkeiten

Randbedingungen für reale Produktionsmöglichkeiten können von außen vorgegeben sein. So sind maximale Input- und Outputquantitäten regelmäßig eine Folge von Engpässen auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten sowie vorgegebener Emissionsgrenzwerte. Umgekehrt können etwa für verschiedene Objektarten vordisponierte Mindesteinsatz- oder ausbringungsquantitäten durch anderweitige Vorentscheidungen innerhalb des Produktionssystems festgelegt sein, z.B. aufgrund längerfristiger, verbindlicher Verträge mit Lieferanten oder Kunden. Derartige in den externen Rahmenbedingungen einer konkreten Entscheidungssituation begründete Beschränkungen definieren das *Restriktionsfeld*  $R$ , mit  $R \subset \mathbb{R}^k$  im Falle der  $z$ -Darstellungsweise. Es beschreibt diejenige Menge an Aktivitäten, welche ohne Beachtung der technischen Möglichkeiten realisierbar wären. Tatsächlich möglich, d.h. realisierbare Produktionen, sind allerdings nur diejenigen Input/Output-Vektoren, welche sowohl technisch möglich sind als auch den Restriktionen genügen. Die sogenannte *Produktionsmöglichkeitenmenge*  $Z$ , im folgenden kurz als *Produktionsfeld* bezeichnet, ergibt sich demnach als Schnittmenge der Technik mit dem Restriktionsfeld:

$$Z = T \cap R$$

In ihrer einfachsten und häufigsten Form bilden Restriktionen absolute Schranken für einzelne Input- oder Outputquantitäten. (Beispiel S.63)

S.64 ??was wichtig ??

## 2.4 Darstellung der Produktionsmöglichkeiten

Für additive bzw. lineare Techniken eignen sich besonders die abstrakten *Input/Output-Graphen*. Dagegen sind *Produktionsdiagramme* auch für nichtlineare Techniken zu verwenden, wenn auch nur bei einigen wenigen Objektarten.

### 2.4.1 Zwei- oder mehrdimensionale Produktionsdiagramme

Zweidimensionale Techniken oder Produktionsfelder können auf natürliche Weise in zweidimensionale Diagramme eingezeichnet werden, bei denen die Koordinatenachsen die Quantitäten der beiden einzigen beachteten Objektarten erfassen. (Beispiel S.60)

Dreidimensionale Aktivitätsmengen sind in Büchern nur in Form zweidimensionaler Projektionen darstellbar oder als Schnitte (Beispiel S.67). Noch höherdimensionale Mengen sind generell nur noch ausschnittsweise hinsichtlich der Beziehungen zweier oder dreier besonders interessierter Objektarten in derartigen Diagrammen beschreibbar (Beispiel S.66). In Sonderfällen können auch höherdimensionale Techniken zweidimensional vollständig beschrieben werden, wie im vierdimensionalen Beispiel S.70.

#### Erzeugnisprogramm-Diagramm

Projektion des algebraisch formulierten Produktionsfeldes auf die Dimensionen der Hauptprodukte. Jeder Punkt in dem Quadranten beschreibt ein Erzeugnisprogramm. Zulässig, d.h. realisierbar aufgrund von Technik und Restriktionen, sind die Punkte die „innerhalb“ der begrenzenden Geraden liegen. Die begrenzenden Geraden entsprechen den Ungleichungen des Produktionsfeldes, wenn diese jeweils mit Gleichheit erfüllt sind.

Ein solches Diagramm kann auch als Output-Diagramm oder als Output/Output-Diagramm bezeichnet werden. (im Gegensatz zum Input/Output-Diagramm)

S.67 - 70 ausgelassen.

ERNEUTES Prüfen auf RELEVANZ !!!

## 2.5 Systematische Modellierung realer Produktion

Um die Komplexität realer Produktionssysteme vereinfacht darzustellen benutzt man die systematische Modellierung. Anstatt fertige Modelle in mehr oder weniger begründeter Reihenfolge zu präsentieren, zeichnet sich eine konstruktiv ausgerichtete Theorie durch die Behandlung von Modellelementen für grundlegende Produktionstypen und ihre systematische Verknüpfung zu größeren Produktionsmodellen aus. So sollte es beispielsweise möglich sein, die Techniken zweier aufeinanderfolgender oder zweier paralleler Produktionsstufen innerhalb der Wertschöpfungskette in geeigneter Weise miteinander zu koppeln und zu einem einzigen, verbundenen System zu konsolidieren. Durch die Verknüpfung von Produktionssystemen beginnend mit solchen eines bekannten grundlegenden Techniktyps, lassen sich so sukzessiv umfangreiche Systeme mit komplexen Techniken konstruieren.

Hilfreich bei der Konstruktion ist der Systemgedanke.

*Subsysteme*, die selber nicht mehr in weitere Subsysteme aufgelöst werden können, werden als *Produktionsstellen* bezeichnet. Die Modelle der Subsysteme sind Komponenten bzw. Bausteine des Gesamtmodells. Ihre Kopplung erfolgt in der Regel über die Durchsätze der beachteten Objektarten.

## 3 Additive Technologie (S.81)

ENTFÄLLT !

## KAPITEL B PRODUKTIONSTHEORIE

Während die Objektebene als technisch und die Erfolgsebene als ökonomisch qualifiziert werden können, spielt die Ergebnisebene, die mittlere der drei Betrachtungsebenen, eine gewisse Zwitterrolle.

Einerseits orientiert sie sich noch stark an physischen und technischen Sachverhalten und Kennziffern, andererseits werden schon *Beurteilungen* vorgenommen, d.h. Bewertungen in einer noch schwachen Form.

## 4 Ergebnisse der Produktion (S.118)

### 4.1 Beurteilung der Produktion

Üblicherweise werden Objekte wirtschaftlichen Handelns im Rahmen ökonomischer Theorien anhand von Marktpreisen bewertet. Es gibt jedoch mehrere Gründe, weshalb eine solche Vorgehensweise bei produktionswirtschaftlichen Analysen nicht ausreicht. Sie lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

1. Für manche Objekte gibt es (noch) keine Marktpreise.
2. Die Marktpreise stellen keinen geeigneten Bewertungsmaßstab dar.

Fehlende Marktpreise sind kennzeichnend für die freien Güter und typisch für viele öffentliche Güter, wie z.B. Luft oder Sonnenlicht. Schädliche oder gefährliche Objekte, die niemand haben will, besitzen ebenfalls keinen Marktpreis, z.B. radioaktiv verseuchte Gegenstände. Für die Produktionswirtschaft darüber hinaus von besonderer Bedeutung sind spezielle Zwischenprodukte, die innerhalb eines Produktionssystems entstehen und genutzt werden, für die aber außerhalb des Produktionssystems kein Bedarf existiert, z.B. Schablonen für Schnittmuster.

Marktpreise kennzeichnen den *Tauschwert* der Objekte und haben insoweit eher einen objektiven Charakter. Für produktionswirtschaftliche Zwecke, insbesondere bei innerbetrieblicher Fragestellungen, ist aber häufig der *Gebrauchswert* (Nutzwert) von eben so großer Bedeutung. Er kann aufgrund seiner Subjektivität und seiner situativen Relativität vom Tauschwert abweichen, so etwa bei der Nutzung einer Maschine, die zwar vollständig abgeschrieben und technisch überholt ist, jedoch einen Engpaß der Produktion darstellt.

Das Subjekt der Beurteilung bzw. der Bewertung ist der Produzent. Er beurteilt im Rahmen der ihm obliegenden Führung des Produktionssystems anhand bestimmter *Zielsetzungen* die Nützlichkeit oder gegebenenfalls die Schädlichkeit der Objekte und der durch eine Produktionsaktivität hervorgerufenen Veränderungen. Die Ziele legen damit fest, was aus der subjektiven Sicht und in der jeweiligen Situation des Produktionssystems zu einer Wertschöpfung bzw. zu einer Schadschöpfung führt.

In der Produktionswirtschaft werden anstelle monetärer Zielgrößen vielfach physikalische Ersatzgrößen verwendet, anhand derer mittels verschiedener Kennziffern die *Ergiebigkeit* der Produktion gemessen und beurteilt werden soll.

### 4.2 Objektkategorien verschiedener Erwünschtheit

Der Wunsch eines Subjektes über ein Objekt verfügen zu können, beruht auf der Kenntnis bestimmter dem Objekt anhängender Nutzungsmöglichkeiten, die dazu dienen können, Bedürfnisse des Subjektes zu befriedigen (z.B. Pkw als Transportmittel (*Gebrauchsnutzen*) und zum Prestige des Fahrers (*Erlebnisnutzen*)).

#### *Nutzenbündel*

Objekt als

### *Lastenbündel*

Allgemein betrachtet sind wirtschaftlich relevante Objekte als Bündel von nützlichen und schädlichen Eigenschaften anzusehen. Je nachdem, ob die guten die schlechten Eigenschaften überwiegen oder umgekehrt die schlechten die guten oder ob sich alle gerade ausgleichen, kann man drei Kategorien beachteter Objekte unterscheiden:

- F** Ein *Gut* ist ein Objekt, über das man verfügen möchte; *Güter* sind regelmäßig solche beachteten Objekte, deren Relevanz aus ihre Eignung zur Verwirklichung bestimmter Zwecke, d.h. für Produktion oder Konsumtion, sowie aus ihrer relativen Knappheit resultiert und sie deshalb einen positiven Gebrauchs- und Tauschwert besitzen.
- F** Ein *Übel* ist ein Objekt, das man nicht haben bzw. aus seinem Verantwortungsbereich entfernen möchte; *Übel* sind in der Regel deshalb relevant, weil sie als störend empfunden oder sogar als schädlich eingestuft werden sowie im relativen Überschuß vorhanden sind, so daß sie negativ bewertet werden.
- F** Gegenüber einem *Neutrum* ist man im Rahmen gewisser Fühlbarkeitsschwellen indifferent; es wird als wertlos angesehen. Neutrale Objekte finden meistens nur deshalb überhaupt Beachtung, weil sie technisch und aufgrund gegebener Restriktionen eine nicht vernachlässigbare Rolle im Produktionssystem spielen; z.B. der Verschnitt beim Zuschneiden.

Der Gutscharakter von Objekten äußert sich darin, daß die Menschen sie überwiegend begehren und gegebenenfalls bereit sind, ein Entgelt für ihren Erwerb zu entrichten. Umgekehrt sind Übel dadurch gekennzeichnet, daß der Besitzer sich ihrer entledigen will und gegebenenfalls bereit ist, dafür ein Entgelt zu entrichten; bei Übeln kann eine geordnete Entsorgung auch zum Wohle der Allgemeinheit, insbesondere zum Schutz der Umwelt, geboten sein.

Die Einteilung in die drei Objektkategorien ist relativ und situationsbedingt, d.h. abhängig von Ort, Zeit und sonstigen Umständen, in denen sich das betrachtete Produktionssystem befindet. Eine andere Situation kann dazu führen, daß derselbe Produzent die Objekte neu beurteilt. Zwei wesentliche situative Umstände außer Ort und Zeit sind die vorhandenen Informationen (z.B. FCKW) und Objektquantitäten (z.B. REA-Gips).

In der Regel kann davon ausgegangen werden, daß Hauptprodukte als Güter und Redukate als Übel eingestuft werden.

## 4.3 Ergebnisorientierte Analyse der Produktion

Produktion verändert über die Transformation von Input in Output zielgerichtet die Objekte und ihre Bestände. Diese Veränderungen sind die unmittelbaren Ergebnisse der Produktion.

### 4.3.1 Realer Aufwand und Ertrag

Die negativen Ergebnisse einer Produktion werden als *realer Aufwand*, die positiven als *realer Ertrag* bezeichnet.

Da Güter erwünschte Objekte sind, ist der Output von Gütern als Ergebnis der Produktion ebenfalls erwünscht. Die durch die Ausbringung bewirkte Erhöhung eines Güterbestandes bedeutet Ertrag. Er wird in physischen Einheiten der jeweiligen Objektart gemessen und stellt so eine reale oder mengenmäßige Größe dar. Ertrag ist somit hier ein mehrdimensionales Phänomen, da die Ertragsquantitäten der einzelnen Objektarten nicht ohne weiteres addiert werden können. Realer Ertrag bedeutet also Werterhöhung. Eine solche Werterhöhung entsteht auch durch eine Verringerung negativer Werte bei der Vernichtung oder Umwandlung eines Übels im Rahmen eines Transformationsprozesses. Ertrag resultiert demnach nicht nur aus dem Gutoutput, sondern auch aus dem Übelinput. Die Hauptprodukte und Hauptredukte bilden den *Zweckertrag*. Ein Nebenertag kann sowohl aus weiterem Gutoutput, den *guten Nebenprodukten*, als auch aus weiterem Übelinput, den *Reduktoren*, resultieren.

In Umkehrung des Ertragsbegriffs bedeuten der Input eines Gutes oder der Output eines Übels Aufwand, den man möglichst zu vermeiden sucht, der in der Regel aber unvermeidbar ist, um überhaupt produzieren zu können. Aufwand ist aus Sicht des Produzenten deshalb unerwünscht, weil er im Sinne der Ziele des Produktionssystems Werte vernichtet (Werteverzehr). Objekte des Gutinput heißen (*Haupt-)Faktoren*, die des Übeloutput *Abprodukte*.

Güter und Übel als Input oder Output einer Produktion sind demnach stets mit einem realen Aufwand oder Ertrag verbunden, wobei sie sich quasi mit umgekehrten Vorzeichen verhalten. Neutraler Input und Output zeichnen sich dagegen gerade durch ihre *Ergebnisneutralität* aus. Sie werden *Beifaktoren* bzw. *Beiprodukte* genannt.

Siehe Tabelle S. 126

Vom eigentlichen Interesse für den Produzenten sind nur die Anwendungen und Erträge. In einer Aufwand/Ertrag- oder auch Ergebnistabelle werden dementsprechend die neutralen Objektarten weggelassen und nur die Aufwendungen (links) den Erträgen (rechts) gegenübergestellt.

Die Tatsache sowie die Unsicherheit darüber, ob eine Objektart früher oder später nicht doch als Gut oder Übel eingestuft werden muß, sind die wesentlichen Gründe dafür, weshalb neutrale Objektarten überhaupt beachtet werden.

### 4.3.2 Ergiebigkeitsmaße

Die Aufgabe des Produktionsmanagement liegt in der zielgerichteten Gestaltung und Lenkung des Wertschöpfungsprozesses. Zur Beurteilung der Zielgerichtetheit leisten insbesondere Kennzahlen einen wichtigen Beitrag. Kennzahlen sind absolute oder relative Zahlen, welche quantitativ erfassbare Sachverhalte in konzentrierter Form wiedergeben. Sie beziehen sich dabei stets auf ein System und orientieren sich insbesondere am Systemzweck und den verfolgten Zielen.

Zur Messung der Ergiebigkeit werden regelmäßig Relationen zwischen den Input- und Outputquantitäten einer Produktion gebildet. Relative Kennzahlen bestehen üblicherweise aus dem Quotient der Quantitäten zweier ausgewählter Objektarten, so daß man grundsätzlich vier Fälle unterscheiden und entsprechend als *O/I-*, *I/O-*, *I/I-*, *O/O-Ergebniskoeffizienten* bezeichnen kann.

#### Ergebniskoeffizienten:

O/I-Koeffizient:  $\text{Output } j / \text{Input } i$

Bei Gütern handelt es sich um eine *Faktorproduktivität* als durchschnittlicher Ertrag eines Produktes  $j$  je Aufwandseinheit des Faktors  $i$ . Bei Übeloutput wird von einem Abfall- oder Emissionskoeffizienten gesprochen.

**I/O-Koeffizient:** Input  $i$  / Output  $j$

Der Kehrwert der Faktorproduktivität, d.h. der durchschnittliche Aufwand eines Faktors je Ertragseinheit eines Produktes, heißt *Produktionskoeffizient*.

**I/I oder O/O-Koeffizient:** Input  $k$  / Input  $i$  oder Output  $m$  / Output  $j$

Das quantitative Verhältnis zweier Inputarten oder zweier Outputarten untereinander wird *Kopplungskoeffizient* genannt.

Spezialfall: Quotient aus einer Outputart gemessen am gesamten Output nennt man allgemein den Zusammensetzungs- oder *Qualitätskoeffizient*.

Die *Recyclingquote* wird üblicherweise als Bruchteil des wiederverwerteten Output am gesamten Output definiert.

Bei den genannten Ergiebigkeitsmaßen handelt es sich ausschließlich um Durchschnittswerte, die als Quotient nur zweier Objektquantitäten gebildet werden. Derartige Ergebniskoeffizienten haben von daher eine begrenzte Aussagekraft, besonders dann, wenn sie isoliert und nicht im Verbund mit den anderen Koeffizienten gesehen werden.

## 4.4 Grundannahmen an Techniken

Eine Technik  $T$  ist die Menge derjenigen Produktionen, welche mit einem bestimmten Typ von Produktionssystem prinzipiell möglich sind.

Es stellt sich die Frage, ob es aus produktionswirtschaftlicher Sicht bestimmte Eigenschaften gibt, die alle Techniken gemeinsam haben sollten und die deshalb generell postuliert werden müssen.

### Die 4 Grundannahmen für Techniken

#### 1. Kein Ertrag ohne Aufwand

Es gibt keine Produktion nur mit Erträgen, d.h. die Unmöglichkeit des Schlaraffenlandes. Für zweidimensionale Gütertechniken heißt das, dass es kein Punkt der Technik im ersten Quadranten (oben rechts) liegen darf. Sind Objektarten „übel“ so ändert sich dies dementsprechend.

#### 2. Irreversibilität der Produktion

Diese Eigenschaft verbietet die Umkehrung einer Produktion, d.h. grafisch die Punktspiegelung am Ursprung. Allenfalls der Stillstand ist die einzige mögliche Produktion, für die die „Umkehr“ machbar ist.

#### 3. Möglichkeit ertragreicher Produktion

Die Forderung soll lediglich uninteressante Fälle ausschließen, insbesondere Techniken, die nur aus dem Stillstand bzw. nur aus Aufwand ohne Ertrag bestehen.

Bei den Gütertechniken muß deshalb wenigstens eine Produktion außerhalb des dritten Quadranten (links unten) liegen. Für Fälle mit Übeln gilt dies dann entsprechend für einen anderen Quadranten.

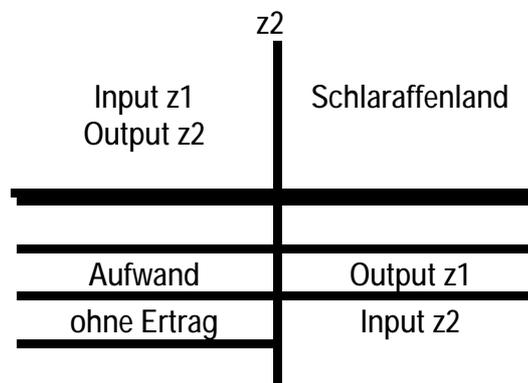
#### 4. Abgeschlossenheit

Hier wird verlangt, daß  $T$  eine abgeschlossene Menge in  $\mathbb{R}^k$  bildet und damit der Rand von  $T$  zur Technik selber gehört. Demnach ist jede Produktion, der man sich mit anderen möglichen Produktionen beliebig nähern kann, selber auch möglich.

Sinnvoll wäre hier vielleicht noch eine Forderung:

Der Stillstand muß technisch möglich sein. Grafisch bedeutet dies, daß der Ursprung immer in der Punktmenge bzw. auf dem Graphen liegt.

Kleines Schaubild zur Verdeutlichung des oben genannten. Voraussetzung hierbei ist außerdem, daß  $z_1$  und  $z_2$  die einzigen zwei relevanten Gütertechniken sind. Diese Schaubild gilt für zweidimensionale Gütertechniken, wobei  $z_1$  auf der x-Achse und  $z_2$  auf der y-Achse liegt.



## 5 Schwaches Erfolgsprinzip (S.135)

Die Beurteilung und Klassifizierung der Objekte bezüglich ihrer Erwünschtheit erlaubt schon auf der Ergebnisebene für einen Teil der Produktionsaktivitäten einer Technik oder eines Produktionsfeldes einen Vergleich ihrer Güte. Grundlage hierfür ist der Dominanzbegriff.

### 5.1 Effizienz der Produktion

S.135 wichtig ???

#### 5.1.1 Dominanz von Produktionen

Allgemein bedeutet Dominanz eine Verbesserung im Sinne einer Verringerung der Aufwendungen oder einer Erhöhung der Erträge einiger Objektarten, ohne daß gleichzeitig für die anderen Objektarten die Aufwendungen steigen oder die Erträge sinken. Dominanz einer Produktion im Vergleich mit einer

anderen liegt demnach vor, wenn unter ansonsten gleichen Umständen (*ceteris paribus*) der Güterinput geringer, der Güteroutput höher, der Übelinput höher oder der Übeloutput geringer sind. Nochmals algebraisch:

Eine Produktion  $z_1$  dominiert eine andere Produktion  $z_2$  genau dann, wenn für alle beachteten Objektarten  $k \in \{1, \dots, K\}$  gilt:

$$z_{1k} \geq z_{2k} \quad \text{für jede Güterart } k$$

$$z_{1k} \leq z_{2k} \quad \text{für jede Übelart } k$$

und in wenigstens einem dieser Fälle eine echte Ungleichung vorliegt. Neutrale Objekte sind für die Dominanz von Produktionen irrelevant.

Im Produktionsdiagramm drückt sich dies grafisch so aus, daß bessere Produktionen *ceteris paribus* bei Güterarten weiter oben (nördlich) bzw. weiter rechts (östlich) und bei Übelarten weiter unten (südlich) bzw. weiter links (westlich) liegen.

### 5.1.2 Effiziente Produktion

Eine Produktion heißt *effizient* in bezug auf die vorausgesetzte Präferenzrelation sowie die zugrundegelegte Technik oder das betrachtete Produktionsfeld, wenn sie von keiner anderen Produktion dieser Technik bzw. dieses Produktionsfeldes dominiert wird. Effizienz ist also relativ, nämlich abhängig von der jeweiligen Einteilung der Objekte in Güter, Übel und Neutra sowie von der jeweils verfügbaren Technik und eventuell zu berücksichtigenden Restriktionen.

Die obige Definition liefert im übrigen nur eine nominelle Einteilung in die beiden Kategorien „effizient“ und „ineffizient“. Zwischenstufen sind hier ausgeschlossen.

Das Verbot des Stillstandes gemäß der Grundannahme (1) in 4.4 ist gleichbedeutend mit der Effizienz des Stillstandes, weil danach eine Produktion ohne Aufwand auch keinen Ertrag bringen kann. Für das Produktionsdiagramm einer reinen Gütertechnik bedeutet Effizienz grafisch, daß nordöstlich eines effizienten Produktionspunktes kein anderer Punkt der Technik liegt.

Da die Techniken gemäß Grundannahme (4) abgeschlossen sind, liegen die effizienten Punkte einer Gütertechnik somit immer auf dem nordöstlichen Rand.

Die Menge

$$T_{\text{eff}} = \{ z \text{ element } T \mid z \text{ ist eine effiziente Produktion} \}$$

wird deshalb auch effizienter Rand von  $T$  genannt.

Bei Techniken mit Übeln kehrt sich die Dominanzrichtung für die entsprechenden Objektarten um. Für die Müllverbrennung, wo der Müll als Übel ein Redukt und der Brennstoff als Gut ein Faktor ist, liegt der effiziente Rand hier in südöstlicher Richtung, d.h. rechts unten.

Aussagen über die Effizienz von Produktionen können grundsätzlich nur dann getroffen werden, wenn alle Güter und Übel berücksichtigt werden. Demnach werden im obigen Beispiel die Outputarten und alle anderen Inputarten der Müllverbrennung entweder implizit als neutrale Objekte behandelt, sofern sie überhaupt Beachtung finden, oder ihre Quantitäten werden als konstant angenommen.

Es ist unmittelbar einsichtig, daß bei Änderung der Produktionsmöglichkeiten zuvor effiziente Produktionen ineffizient werden können, und umkehrt. Das Gleiche trifft auch bei einer Änderung der

unterstellten Präferenzrelation zu; etwa bei einem Wechsel von einer ökonomischen zu einer ökologischen Sichtweise.

Beispiel: Um diese Abhängigkeit zu illustrieren, sei angenommen, daß im obigen Beispiel der Müllverbrennung Müll unter Zugabe eines Brennstoffes, z.B. Erdgas, in Output umgewandelt wird, der als harmlos angesehen und dementsprechend ignoriert wird. Die Reduktion einer Tonne Müll unter Einsatz von drei Kubikmetern Erdgas wäre dann ineffizient, wenn dies auch mit nur zwei Kubikmetern Erdgas möglich wäre. Die Beurteilung ändert sich jedoch schlagartig, wenn im Output der zweiten, brennstoffsparenden Aktivität im Unterschied zur ersten Aktivität, die zwar mehr Brennstoff verbraucht, dafür aber auch höhere Verbrennungstemperaturen erreicht, hochgiftige Anteile enthalten sind, etwa Dioxine. Der giftige Output muß danach als Abprodukt eingestuft werden, während der Rückstand der ersten Aktivität nach wie vor ein Beiprodukt bildet. Die erste Aktivität wird nun nicht mehr durch die zweite dominiert, weil dem geringeren Aufwand beim Brennstoff ein Abproduktaufwand gegen über steht.

Da die Einstufung einer Objektart als Gut, Übel oder Neutrum von den betrieblichen Zielsetzungen abhängt, macht das vorangehende Beispiel auch deutlich, daß es zwischen ökonomischer und ökologischer Effizienz einen Widerspruch geben kann.

## 5.2 Produktionsfunktion

Eine effiziente Produktion kennzeichnet sich dadurch aus, daß eine Steigerung des realen Ertrags oder eine Minderung des realen Aufwands nicht möglich sind, ohne gleichzeitig anderweitig den Ertrag zu senken oder den Aufwand zu erhöhen.

Die Forderung nach Effizienz der Produktion entspricht somit einem entscheidungslogischen Rationalprinzip. Sie wird als *schwaches* (auch reales oder mengenmäßiges) *Erfolgsprinzip* bezeichnet. Bei einer rein ökonomischen Beurteilung spricht man von einem *schwachen* (realen, mengenmäßigen) *Wirtschaftlichkeitsprinzip*.

Gemäß diesem idealtypischen Erfolgsprinzip ist nur der effiziente Rand einer Technik von produktionswirtschaftlichem Interesse.

Es besteht ein funktionaler Zusammenhang zwischen den effizienten Quantitäten der beiden dargestellten Güterarten :  $z_2 = f(z_1)$ . Einen solchen eindeutigen Zusammenhang zwischen den Objektquantitäten bei effizienter Produktion nennt man *Produktionsfunktion*.

Typen von Produktionsfunktionen:

- F** *Cobb/Douglas*-Produktionsfunktion  
Spezialfall des allg. Typs der neoklassischen Produktionsfunktionen
- F** *Leontief*-Produktionsfunktion  
Spezialfall linearer Input/Output-Funktionen
- F** *Gutenberg*-Produktionsfunktion  
basiert auf technischen Verbrauchsfunktionen

Die Cobb/Douglas-Produktionsfunktion

$$y_{m+1} = a_0 (x_1)^{a_1} \dots (x_m)^{a_m} \quad (a_i > 0, i=0, \dots, m)$$

Beispiel auf S (Bild 2.1)  $y_3 = 5 \cdot (x_1)^{1,5} \cdot (x_2)^{0,5}$

Rest meiner Meinung nach irrelevant !

## 5.3 Variabilität teilweise fixierter Produktion

Wie erläutert gründet das Konzept der Produktionsfunktion auf dem Fakt, daß bei effizienter Produktion die Quantität einer Güter- oder Übelart eindeutig bestimmt ist, falls die Quantitäten aller anderen Güter- und Übelarten fest vorgegeben sind, d.h. die letzte Objektart wird durch die anderen limitiert. Mit anderen Worten bestehen auf dem effizienten Rand einer Technik bei  $r$  Güter- und Übelarten maximal  $r-1$  Freiheitsgrade zur Festlegung ihrer Quantitäten. Es kann aber vorkommen, daß schon weniger als  $r-1$  Güter- und Übelarten ausreichen, um die anderen zu limitieren.

### 5.3.1 Isoquanten

wichtig ?

Bei Fixierung aller Produktquantitäten einer reinen Gütertechnik beschreiben die effizienten Faktorkombinationen des so definierten Produktionsfeldes die *Erzeugnis(programm)isoquante* der Faktoren. Im umgekehrten Fall wird eine Faktor(kombinations)isoquante der Produkte üblicherweise *Transformationskurve* genannt.

### 5.3.2 Limitationalität

Besteht die Erzeugungs- oder Produktisoquante einer Gütertechnik aus nur einem einzigen Punkt, so bedeutet das, daß für die vorgegebenen Erzeugnismengen nur eine einzige effiziente Faktorkombinationen existiert. Man spricht dann von *Limitationalität*, andernfalls von Variabilität.

Bei Limitationalität erlaubt das schwache Erfolgsprinzip schon eine eindeutige Festlegung eines Teils der Objektquantitäten (in Abhängigkeit von anderen).

Wenn etwa bei einer bestimmten Absatzsituation einer Unternehmung die Kundennachfrage die geplante Produktionsausbringung vorschreibt, dann besitzen limitationale Techniken den Vorzug, daß daraus unmittelbar der Faktorbedarf bei effizienter Produktion abgeleitet werden kann.

### 5.3.3 Substitutionalität und Komplementarität

Werden Objektarten nicht durch andere limitiert, dann können ihre Quantitäten auf mindestens zweifache Weise effizient kombiniert werden, d.h. die entsprechende Isoquante enthält mehr als einen, oft sogar sehr viele Punkte.

(Beispiel: Wenn zum Teeren eines Straßenstücks bestimmter Länge alternativ 4 Arbeiter und 2 Teermaschinen eingesetzt oder aber 20 Arbeiter und 1 Teermaschine in effizienter Weise eingesetzt werden können, so sind die Arbeiter und Teermaschinen als Faktoren variabel.)

In der nicht negativen  $x,y$ -Darstellung bedeutet eine fallende Kurve Substitutionalität, eine steigende Kurve Komplementarität der beiden Objektarten. Zwei variable Objektarten verhalten sich **substitutional** zueinander, wenn bei effizienter Produktion die Qualitätssteigerung der einen mit einer Senkung der anderen verbunden ist (Gegenläufigkeit); im umgekehrten Fall gleichgerichteter Entwicklungen der Quantitäten sind sie **komplementär**.

(Bild 5.3)

Bei gleichbleibender Erzeugnismenge kann eine Abnahme des Einsatzes eines Faktors durch eine Zunahme der anderen Faktorquantität ersetzt (substituiert) werden. Die beiden Faktoren sind variabel und verhalten sich substitutional zueinander. Bei den beiden Isoquanten des Bildes 5.4 führt ein vermehrter Einsatz des variablen Faktors zu einer höheren Produktausbringung; d.h. das Produkt ist in Verbindung mit jedem einzelnen der beiden Faktoren variabel, und zwar auf komplementäre Weise. Wegen der positiven Steigung der Kurve spricht man auch von einem **positiven Grenzertrag** des jeweiligen, partiellen Faktoreinsatzes.

Der streng konvexe, hyperbelförmige Verlauf der Produktisoquante in Bild 5.3 bedeutet, daß der Einsatz des einen Faktors relativ immer weniger den anderen Faktoren ersetzen kann; man spricht deshalb von einer **abnehmenden Grenzrate der Substitution**. Im Falle des Bildes 5.4 sind die **Grenzerträge** des zweiten Faktors **abnehmend**, die des ersten **zunehmend**.

Substitutionalität und Komplementarität als die beiden entgegengesetzten Formen der Variabilität gelten analog auch bei der Einbeziehung von Übeln. Beide Male wird die Veränderung einer Objektquantität durch entsprechende Änderungen einer anderen Objektquantität kompensiert. Dagegen kann die Variation einer neutralen Objektart nie einen erhöhten Aufwand oder verminderten Ertrag bei einem Gut oder Übel kompensieren, ohne daß ineffiziente Produktion vorliegt.

(Bild 5.5)

Gibt es nur einzelne Punkte und keine durchgehende Isoquante so spricht man von **diskreter** (sprunghafter) Variabilität im Gegensatz zu **kontinuierlicher** Variabilität.

Wichtig?: Ertrags-, Aufwandssubstitution; Aufwand/Ertrag-Komplement

## 5.4 Kompensationsmaße variabler Produktion

Bei effizienter Produktion kann eine Ertragssteigerung oder Aufwandsminderung bei einer Objektart nur noch durch eine Verschlechterung bei mindestens einer anderen Objektart erreicht werden. Eine solche notwendige **Kompensation** des Aufwandes und Ertrags von Objektquantitäten bei der Variation der Produktion entlang des effizienten Randes der Technik oder eines Produktionsfeldes wird wesentlich durch die Steigerung und die Krümmung der entsprechenden Isoquanten oder Randbereiche beschrieben.

### 5.4.1 Partielle Objektvariation

Die negative Steigung der Isoquanten  $-\frac{dx_2}{dx_1}$  (Bsp.  $300/(x_1)^4$ )

gibt als positive Zahl das lokale Austausch- oder Kompensationsverhältnis der beiden Faktoren 1 und 2 an. Es heißt *Grenzrate der Substitution* oder kurz *Substitutionsrate*. Im Beispiel nimmt sie für  $x_1=2$  den Wert  $300/16=18,75$  an. Das bedeutet, daß man 18,75 Einheiten des zweiten Faktors mehr aufwenden muß, um eine (marginale) Einheit des ersten einsparen zu können, ohne dabei die Produktausbringung zu verändern.

Des weiteren typisch für neoklassische Produktionsfaktoren sind abnehmende Grenzerträge bzw. *Grenzproduktivitäten* der Faktoreinsätze.

? S 151-152

Die *Produktelastizität*  $e_{ji}$  gibt approximativ an, um wieviel Prozent sich die Quantität des Produktes  $j$  erhöhen würde, wenn der Einsatz des Faktors  $i$  bei effizienter Produktion um ein Prozent gesteigert werden würde:

$$e_{ji} = dy_j / dx_i * x_i / y_j$$

Sie entsprechen somit dem Verhältnis der Grenzproduktivität zur Durchschnittsproduktivität eines Faktors. Bei Cobb/Douglas-Techniken mit einem einzigen Produkt  $y = y_{m+1}$  sind die Produktionselastizitäten konstant und gleichen den Exponenten in der Produktfunktion, d.h.

$$e_i = a_i$$

S. 152 : ertragsgesetzlich ?

## 5.4.2 Totale Objektvariation

Bisher handelt es sich um partielle Kompensationsmaße, die immer nur zwei Objektarten miteinander in Beziehung setzen. Totale Maße untersuchen die Auswirkungen von Veränderungen aller Objektarten. So gibt etwa die Skalanelastizität  $e$  an, um wieviel Prozent sich die Ausbringung des Hauptproduktes einer Gütertechnik ändert, wenn alle Faktorquantitäten simultan proportional um ein Prozent erhöht werden.

Skalanelastizitätsgleichung:  $e = e_1 + e_2 + \dots + e_m$

wonach die Skalanelastizität gleich der Summe der Produktionselastizitäten ist.

## 5.5 Ansätze der Effizienzmessung

Kompensationsmaße, partielle wie totale, unterstellen effiziente Produktion. Anderenfalls ließen sich bei einigen Gütern oder Übeln Verbesserungen erreichen, ohne anderweitig Nachteile in Kauf nehmen zu müssen, was einer Kompensationsrate von 0 bzw. unendlich entsprechen würde.

Aufgrund der Komplexität der Realität, der Unvollständigkeit der Informationen über die Zukunft sowie wegen begrenzter Fähigkeiten und Kapazitäten kann im allgemeinen nicht davon ausgegangen werden, daß die in der Praxis realisierten Produktionen in dem hier definierten, idealtypischen Sinne effizient sind.

Die Effizienz als schwaches Erfolgsprinzip bildet insofern lediglich eine zwar anzustrebende, aber kaum erreichbare Grenze, anhand derer man die Vorteilhaftigkeit von Produktionsaktivitäten quasi spiegeln kann.

Die vorherig definierten Ergiebigkeitsmaße sind auch bei ineffizienter Produktion anwendbar. Sie erlauben gewisse Aussagen über die Güte einer Produktion anhand bestimmter Kennzahlen und ermöglichen damit partielle Vergleiche von Produktionsaktivitäten untereinander.

Außer bei Dominanz einer Aktivität über eine andere ist eine eindeutige Feststellung über den Grad der Effizienz bzw. korrekter über das Ausmaß der Ineffizienz möglich. Weitergehende Aussagen über die Vorziehwürdigkeit von Aktivitäten untereinander erfordern stärkere Annahmen über die Präferenzen des Produzenten. Ein naheliegender Ansatz besteht darin, den Abstand einer ineffizienten Aktivität zum effizienten Rand zu messen und ihn als Maßstab für den Effizienzgrad zu wählen: Je geringer der Abstand, desto effizienter die Produktion!

Für die sinnvolle Messung des Grades der Effizienz einer Produktion scheinen drei Anforderungen unabdingbar zu sein:

- ü **Relevanz:** Es müssen alle relevanten Objektarten berücksichtigt werden; dabei hängt die Relevanz von der untersuchten Fragestellung ab: ökonomischer oder ökologischer Effizienzgrad?
- ü **Kompatibilität:** Dominiert eine Produktion eine andere, so muß sie auch einen höheren Effizienzgrad aufweisen
- ü **Skaleninvarianz:** Der Effizienzgrad einer Produktion darf nicht davon abhängen, in welchen Einheiten die einzelnen Objektarten gemessen werden.

Für die praktische Anwendung der Effizienzmessung noch viel problematischer ist die Tatsache, daß die zugrundeliegende Technik, besonders ihr effizienter Rand, nur selten ausreichend bekannt ist. Der effiziente Rand wird deshalb mittels empirischer Daten geschätzt, wobei mehr oder minder starke bzw. begründete Annahme über den Techniktyp und damit über den prinzipiellen Verlauf des effizienten Randes getroffen werden. Grundsätzlich lassen sich deterministische von stochastischen sowie parametrische von nicht-parametrischen Verfahren unterscheiden.

## 6 Lineare Produktionstheorie (S.160)

FÄLLT AUS!

## KAPITEL C ERFOLGSTHEORIE

Die Erfolgstheorie geht von der Existenz einer Nutzen- oder Erfolgsfunktion aus, welcher jeder Aktivität in eindeutiger Weise die insgesamt bewirkte Wertveränderung zuweist und so eine vollständige Präferenzordnung impliziert.

## 7 Erfolg der Produktion (S.188)

Eine Produktion ist *erfolgreich*, wenn in einer Gesamtbewertung die Erträge den Aufwendungen überwiegen.

## 7.1 Bewertung des Produktionserfolgs

Die in einem Produktionssystem als Führungsgrößen vorgegebenen *Zielsetzungen* bilden grundsätzlich die Basis für die Beurteilung des Erfolgs einer Produktionsaktivität. Die Ziele bestimmen, wie wertvoll die durch den Transformationsprozeß hervorgerufenen Veränderungen aus Sicht des Produktionsmanagements einzustufen sind.

Neben den ökonomischen Motiven fließen in der Regel auch soziale und ökologische Vorgaben und existierende Marktpreise in die Bewertung ein. Der Erfolg einer Produktion muß deshalb grundsätzlich sehr allgemein verstanden werden.

*Einkommen* wird als Veränderung des Reinvermögens verstanden, d.h. als Nettozugang an Objekten während der Produktionsperiode, bewertet in Geldeinheiten. Ein positives Einkommen heißt auch *Gewinn*, ein negatives *Verlust*.

Der *Marktpreis* einer Objektart ist ein (frei gebildetes) Tauschverhältnis, üblicherweise in bezug auf eine allgemein als Tauschgut anerkannte Objektart, die als „Geld“ den Charakter eines Nominalgutes besitzt.

*Güterpreise* sind positiv definiert, indem für Hingabe des erzeugten Produktes Geld empfangen bzw. für den Empfang des benötigten Faktors Geld hingegeben wird. Abwasser wird jedoch nicht gegen Geld getauscht, sondern für das an die Natur abgegebene Abwasser muß parallel Geld an den Staat abgeführt werden. Die Abwasserabgabe ist so gesehen ein negativer Preis eines Output. Das Gleiche trifft umgekehrt beim Input für die Gebühr zu, die der Betreiber einer Müllverbrennungsanlage für den angelieferten Müll erhält.

## 7.2 Messung des (ökonomischen) Erfolgs

Die einzelnen Aktivitäten des Produktionssystems sind im allgemeinen nicht gleichwertig. Die eindeutige Zuordnung eines Wertes zur Messung des Erfolges einer Aktivität kennzeichnet das Konzept der Erfolgswfunktion.

### 7.2.1 Erfolgswfunktion

In der Erfolgswtheorie wird generell unterstellt, daß es möglich ist, den Erfolg einer Produktion mittels einer einzelnen eindimensionalen, reelwertigen Zahl zu messen. Es wird somit von der Existenz einer Erfolgswfunktion

$$w: T \rightarrow \mathbb{R}, \quad \text{d.h. } w(z) = w(z_1, \dots, z_k) \in \mathbb{R} \text{ für } z \in T$$

ausgegangen. Sie mißt die Vorteilhaftigkeit der Produktionen einer Technik  $T$  im Hinblick auf die vorgegebenen Ziele, so daß  $w(z_1)$  genau dann größer als, gleich oder kleiner als  $w(z_2)$  ist, wenn die Produktion  $z_1$  besser als, genau so gut bzw. schlechter als  $z_2$  ist. Die Erfolgswfunktion wird als stetig und unter Umständen auch als differenzierbar angenommen. Außerdem ist der Erfolg - als durch die Produktion bewirkte Veränderung - üblicherweise so normiert, daß  $w(z)=0$  die Grenze zwischen

positiven Erfolg und Mißerfolg markiert, d.h. bei einkommensorientierter Bewertung zwischen Gewinn und Verlust. In diesen Fällen wird der Erfolg in Geldeinheiten gemessen.

Spezialfall: *linear-affine* Erfolgskategorien:

[k ist im folgenden immer ein INDEX und kein Faktor]

$$w(z) = p_1 z_1 + \dots + p_k z_k + w_{\text{fix}}$$

Ohne den konstanten Summanden  $w_{\text{fix}}$  erhält man eine lineare Erfolgskategorie:

$$w(z) = p_1 z_1 + \dots + p_k z_k$$

Die konstanten multiplikativen Faktoren  $p_k$  stellen Gewichtungen der verschiedenen Objektquantitäten dar. Bei der ökonomischen Betrachtung handelt es sich in der Regel um *Preise*, bei einer ökologischen Betrachtung etwa um 'Schadschöpfungskoeffizienten'.

Unter dem Grenzerfolg einer Objektart wird die relative Änderung des Erfolgs bei marginaler Veränderung der Objektquantität verstanden:

$$w_k' = dw(z) / dz_k$$

Damit die Bewertung auf der Erfolgsebene mit derjenigen auf der Ergebnisebene kompatibel ist, muß im Normalfall gelten:

$$w_k'(z) > 0 \quad \text{für jede Güterart } k,$$

$$w_k'(z) < 0 \quad \text{für jede Übelart } k,$$

$$w_k'(z) = 0 \quad \text{für jede neutrale Objektart } k$$

Bei einer linearen oder linear-affinen Erfolgskategorie ist der Grenzerfolg gleich dem konstanten Faktor  $p_k$ , so daß die Güter einen positiven und Übel einen negativen Preis haben müssen, während neutrale Objekte keinen Wert haben.

## 7.2.2 Ökonomische Erfolgskategorien

Mit  $w(z) = 0$  als Maßstab für Erfolg oder Mißerfolg werden positive Erfolgsbeiträge als *Leistung*, der Absolutbetrag negativer Erfolgsbeiträge als *Kosten* bezeichnet. Der Gesamterfolg ist somit auch als Differenz der Gesamtleistungen  $L(z)$  und der Gesamtkosten  $K(z)$  definiert:

$$w(z) = L(z) - K(z) \quad (\text{mit } L(z) \geq 0, K(z) \geq 0)$$

Bei ökonomischer Betrachtung entspricht dies in der Regel dem Gewinn:  $w(z) = G(z)$ . Anderenfalls kann der Erfolg auch soziale oder ökologische Kosten- oder Leistungsanteile berücksichtigen.

Für  $L_{\text{var}}(0) = 0$ ,  $K_{\text{var}}(0) = 0$  und  $w_{\text{var}}(0) = 0$  werden Kosten und Leistungen gemäß

$$w(z) = L_{\text{var}}(z) + L_{\text{fix}} - K_{\text{var}}(z) - K_{\text{fix}}$$

$$\begin{aligned}
 &= L_{\text{var}}(z) - K_{\text{var}}(z) + L_{\text{fix}} - K_{\text{fix}} \\
 &= W_{\text{var}}(z) + W_{\text{fix}}
 \end{aligned}$$

definitiv in die Kategorien der variablen Kosten  $K_{\text{var}}(z)$  und Leistungen  $L_{\text{var}}(z)$  sowie die der fixen Kosten  $K_{\text{fix}}$  und Leistungen  $L_{\text{fix}}$  aufgeteilt, welche entsprechend als Differenz jeweils die variablen bzw. fixen Erfolgsbeiträge ergeben. Den variablen Erfolgsbeitrag bezeichnet man bei ökonomischer Bewertung als *Deckungsbeitrag*:

$$W_{\text{var}}(z) = D(z) = L_{\text{var}}(z) - K_{\text{var}}(z)$$

Üblicherweise kann man davon ausgehen, daß der Stillstand des Produktionssystems ( $z=0$ ) zu einem Mißerfolg bzw. Verlust führt ( $W_{\text{fix}} \leq 0$ ). Anstatt von einem fixen Mißerfolg zu sprechen, wird der gesamte Betrag des fixen Nettoerfolges deshalb einfach (*Netto-*) *Fixkosten* genannt und formal  $L_{\text{fix}}=0$  gesetzt, so daß gilt:  $W_{\text{fix}} = -K_{\text{fix}}$ . Unter dieser Voraussetzung wird ein Verlust gerade dann vermieden, wenn der Deckungsbeitrag die Fixkosten deckt:

$$G(z) = D(z) - K_{\text{fix}} \geq 0, \quad \text{d.h. } D(z) \geq K_{\text{fix}} \quad (\text{für } L_{\text{fix}} = 0)$$

Unter dem *Einzel Erfolg* -bzw. analog den *Einzelkosten* und *Einzeleistungen*- einer Objektart oder einer Gruppe von Objektarten versteht man denjenigen Teil des Gesamterfolges, den man dieser Objektart bzw. Gruppe von Objektarten eindeutig zurechnen kann, der sozusagen von ihr allein dadurch verursacht wird, daß er entfallen würde, wenn es diese Objektart(en) nicht geben würde.

Nicht eindeutig zurechenbare, jedoch mitverursachte Erfolgsanteile heißen *Gemeinerfolge* bzw. *Gemeinkosten* und *Gemeinleistungen*.

Bei Kompatibilität von Ergebnis- und Erfolgsebene führen im Normalfall

- F** der bewertete reale Aufwand einer Faktorart (Güterverzehr) oder einer Abproduktart (Übelentstehung) zu Objektkosten,
- F** der bewertete reale Ertrag einer Produktart (Gütererzeugung) oder einer Reduktart (Übelvernichtung) zu Objektleistungen, während
- F** das neutrale Ergebnis einer Beifaktorart oder einer Beiproduktart nicht erfolgswirksam wird.

### 7.3 Lineare Erfolgsfunktionen

I/O- Graph auf Seite 196

Beispiel Müllvernichtungsanlage

durchgezogenen Pfeile: Objektströme  
gestrichelte Pfeile: Wertströme

bei Gütern sind Objekt- und Wertströme gegenläufig („Geld gegen Ware“)

bei Übeln sind Objekt- und Wertströme parallel

Grundsätzlich kann der Erfolg nur der gesamten Aktivität und damit dem Produktionsprozeß zugerechnet werden. Im vorliegenden Fall sind der so ermittelte *Prozeßerfolg* sowie Bestandteile, d.h.

die Prozeßkosten und die Prozeßleistungen, allerdings auch dem Systemzweck „Müllvernichtung“ sinnvoll zurechenbar.

Der positive Preis einer Güterart ( $p_k > 0$ ) führt bei Input ( $z_k < 0$ ) zu Kosten und bei Output ( $z_k > 0$ ) zu Leistungen; für den negativen Preis einer Übelart verhält es sich genau umgekehrt.

- F** Die Quantität  $x_i \geq 0$  einer Faktorart  $i$  (Gutinput), bewertet mit dem Preis  $c_i \geq 0$  führt zu **Faktorkosten**  $K_i = c_i \cdot x_i$
- F** die Quantität  $x_i \geq 0$  einer Reduktart  $i$  (Übelinput), bewertet mit dem Preis  $e_i \geq 0$ , führt zu **Reduktleistungen**  $L_i = e_i \cdot x_i$
- F** die Quantität  $y_j \geq 0$  einer Produktart (Gutoutput), bewertet mit dem Preis  $e_j \geq 0$ , führt zu **Produktleistungen**  $L_j = e_j \cdot y_j$
- F** die Quantität  $y_j \geq 0$  einer Abproduktart (Übeloutput), bewertet mit dem Preis  $c_j \geq 0$ , führt zu **Abproduktkosten**  $K_j = c_j \cdot y_j$

Bezeichnen  $x_1, x_2, y_3, y_4$  die Vektoren der Quantitäten der Faktoren, der Redukte, der Produkte bzw. der Abprodukte sowie entsprechend  $c_1, e_2, e_3, c_4$  die Vektoren ihrer Preise, so kann ein linearer Erfolg auch als Summe der Leistungen der Produkte und Redukte abzüglich der Kosten der Faktoren und Abprodukte geschrieben werden:

$$w(z) = x_1 c_1 + x_2 e_2 - y_3 e_3 - y_4 c_4$$

## 7.4 Nichtlineare Erfolgskfunktionen

Aus verschiedenen Gründen sind auch die nichtlinearen Erfolgskfunktionen von Bedeutung, so insbesondere für gestaltungsorientierte Zwecke des Produktionsmanagement, für eine auf der Erfolgstheorie aufbauende Kosten- und Leistungsrechnung oder für eine Integration mit den Theorien anderer betriebswirtschaftlicher Teilgebiete, etwa das Marketing oder der Umweltwirtschaft.

### 7.4.1 Kostenverlauf einer Lern- oder Erfahrungskurve

Ausgangspunkt ist hier die Tatsache, daß bei einem einzigen Hauptprodukt alle anfallenden Kosten diesem Produkt zugerechnet werden können.

Mit  $y$  sei die insgesamt erzeugte Quantität eines neu entwickelten Produktes bezeichnet und mit  $K(y)$  die zugehörigen Kosten der Herstellung, wobei von Fixkosten abgesehen wird. Bei Linearität dieser Kostenfunktion sind die Durchschnitts- oder Stückkosten  $k(y) = K(y)/y$  konstant. Im Hinblick auf eine erstmalig hergestellte Produktart besagt dagegen eine verbreitete, empirisch bewährte Hypothese, daß mit dem Anwachsen der kumulierten Quantität  $y$  der Produktart die variablen Stückkosten  $k$  hyperbelförmig sinken:

$$k(y) = \alpha \cdot y^{-\beta} \quad (\alpha, \beta \geq 0)$$

Beispiel:

$$\alpha = 50$$

$$\beta = 0,234$$

Dasselbe doppelt logarithmiert:

$$\lg(k) = \lg(\alpha) - \beta \cdot \lg(y) = 1,699 - 0,234 \cdot \lg(y)$$

Eine Verdoppelung (also  $2y$ ) der kumulierten Produktquantität führt im Zahlenbeispiel wegen  $k(2y)/k(y) = 2^{-0,234} = 0,85$  zu einer Stückkostensenkung um 15%.

Lern- oder Erfahrungskurve als Graph:

x-Achse: y kumulierte Quantität

y-Achse:  $k(y)$  Stückkosten

anderer Graph: x-Achse:  $\lg y$

y-Achse:  $\lg K$

ergibt lineare Kurve

Ursächlich für den hyperbelförmigen Verlauf sind Lerneffekte bei der wiederholten Herstellung von Exemplaren oder auch nur Teilen ein und derselben Produktart. Arbeitskräfte, die einen für sie neuen Arbeitsgang durchführen, brauchen zu Beginn mehr Zeit und verursachen mehr Ausschuß. Je mehr sie sich einarbeiten, desto produktiver werden sie und um so geringer werden die Kosten der erzeugten Produkte. Dabei sind die Lernerfolge anfangs groß und nehmen dann rasch ab. Der sich so einstellende Stückkostenverlauf wird *Lernkurve* genannt, wenn er sich auf einzelne Arbeitskräfte bezieht. Unter dem Stichwort *Erfahrungskurve* ist er aber auch auf breitere Anwendungszusammenhänge übertragen worden, so auf ganze Produktionssysteme: Werden Produkte in größerer Quantität hergestellt, so werden Erfahrungen in jeglicher Hinsicht gewonnen, die zu Einsparungen bei Faktor- und Ausschußquantitäten und damit selbst bei unveränderten Marktpreisen zu Kostensenkungen führen. Zu Beginn einer neuen Produktion werden die Einsparungen relativ groß sein, während mit zunehmender Erfahrung das Potential für weitere Einsparungen immer geringer wird.

## 7.4.2 Umsatzverlauf bei Preisdifferenzierung

In manchen Situationen sind die Kosten schon weitgehend vordisponiert, so typischerweise bei der Dienstleistungsproduktion nach der Herstellung der Leistungsbereitschaft (z.B. Linienbus), so daß sie als konstant angesehen werden. Der Erfolg ist dann nur über die Leistungen beeinflussbar, welche aus den Verkaufserlösen des Produktes resultieren. Die Messung des Erfolges allein am erzielten Umsatz als der Absatzleistung kann aber auch die Konsequenz bestimmter Absatzstrategien des Marketing sein. Bezeichnet  $y$  wieder die Outputquantität des einzigen Produktes eines Produktionssystemes, so ergibt sich der *Umsatz(erlös)*  $L$  des Produktes bei Preisdifferenzierung durch Summation über alle einzelnen Verkäufe  $v$  zu den verschiedenen Absatzpreisen  $e_v$  in der jeweiligen Höhe  $y_v$ :

$$L = \sum e_v \cdot y_v \quad \text{für } \sum y_v = y \quad \text{mit } e_1 \geq e_2 \geq \dots$$

Grenzümsatz:  $L' = dL / dy$

Der *Grenzümsatz* oder auch die Grenzleistung  $L'(y)$  entspricht dem mit dem jeweiligen Käufer vereinbarten Preis und verläuft gemäß einer fallenden Treppenfunktion.

Durchschnittsumsatz:  $I = L / y$

Der *Durchschnittsumsatz* oder die Stückleistung  $I(y)$  entspricht nur zu Beginn dem Grenzümsatz und fällt dann stetig gemäß einem aus Hyperbelstücken zusammengesetzten Kurvenzug.

Ab einer bestimmten Produktquantität ist der Absatzmarkt erschöpft, und die überschüssigen Quantitäten müssen unter Aufwand beseitigt werden. Der dann negative Preis ergibt sich aus den Beseitigungsausgaben abzüglich eventueller Resterlöse. Bezieht man diese Ausgaben in den gesamten Umsatz mit ein, so sinkt er ab diesem Punkt.

## 7.4.3 Umsatzverlauf bei einer linearen Preis-Absatz-Funktion

Bei Preisdifferenzierung sinkt der Grenzumsatz immer dann, wenn zur Ausweitung des Umsatzes den zusätzlichen Abnehmern ein niedrigerer Preis eingeräumt werden muß. Ist keine Preisdifferenzierung möglich oder gewollt, etwa bei Markenartikeln, so gilt für alle Kunden derselbe Preis, hier mit  $e$  bezeichnet. Dabei kann die absetzbare Produktquantität  $y$  gemäß einer Preis-Absatz-Funktion  $y(e)$  vom Preis abhängen. Eine streng monoton fallende Funktion  $y(e)$  kann in eine Absatz-Preis-Funktion  $e(y)$  umgekehrt werden.

Beispiel:

$$e(y) = \beta - \alpha y = 60 - 2y$$

Für den Umsatz gilt dann:

$$L = e(y) \cdot y = \beta y - \alpha y^2 = 60y - 2y^2$$

Durchschnittsumsatz  $l(y) = e(y)$

Grenzumsatz  $L'(y) = \beta - 2\alpha y = 60 - 4y$

Bei stetig und streng monoton linear sinkendem Grenzumsatz ist der maximale Umsatz dann gegeben wenn der Grenzumsatz gleich null ist (hier:  $y^* = \beta/2\alpha = 15$  und damit  $e^*=30$ ).

Bei noch höheren Produktquantitäten sinkt der Umsatz wieder.

So ist etwa der Grenzumsatz der fünfundzwanzigsten Produkteinheit aus erfolgsorientierter Sicht negativ:  $L'(25) = -40$ , obwohl der Marktpreis als für alle Kunden einheitlicher, objektiver Tauschwert zwar gesunken, aber nach wie vor positiv ist:  $e(25) = l(25) = 10$ . Der negative Grenzumsatz ist hier darauf zurückzuführen, daß die Ausweitung des Absatzes durch die damit verbundene Abnahme des Marktpreises überkompensiert wird. Ein Mißerfolg im Sinne eines negativen Umsatzes  $L(y)$  würde genau dann realisiert, wenn auch der Marktpreis  $e(y)$  negativ wäre.

Rest wichtig ???

#### 7.4.4 Gewinnverlauf bei einer linearen Preis-Absatz-Funktionen

Längerfristig müssen neben den oben genannten auch die anderen, innerhalb eines Produktionssystems anfallenden Kosten  $K$  berücksichtigt werden.

Funktion der Produktquantität  $y$ :

$$\text{Kostenfunktion } K(y) = y^3/60 - y^2/2 + 25y + 80$$

Der Erfolg entspricht dann für diese Umsatzfunktion dem Gewinn:

mit  $L = 60y - 2y^2$

$$G(y) = L(y) - K(y) = -y^3/60 - 3y^2/2 + 35y - 80$$

Grenzkosten  $K'(y) = 0,05y^2 - y + 25$

Stückkosten  $k(y) = K/y = y^2/60 - y/2 + 25 + 80/y$

Grenzumsatzfunktion  $L'(y)$

Absatz-Preis-Funktion  $e(y) = l(y)$

Das *Gewinnmaximum* liegt dort, wo die Umsatzkurve am weitesten oberhalb der Kostenkurve verläuft. Es entspricht gleichzeitig der Bedingung, daß Grenzümsatz und Grenzkosten gleich hoch sind:

$$L'(y) = K'(y)$$

Dieser Schnittpunkt ist im Beispiel bei  $y^* = 10$ , der dazugehörige Marktpreis beträgt  $e^* = 40$ .

Der dadurch bestimmte Punkt  $(e^*, y^*)$  auf der Preis-Absatz-Kurve heißt *Cournot'scher Punkt*.

Die Fläche unterhalb des Cournot'schen Punktes bis zum Schnitt mit der Stückkostenfunktion entspricht dem maximalen Gewinn, den der Produzent als *Monopolanbieter* des Produktes auf einem großen Markt bei einem einheitlichen Preis für die Nachfrage erzielen kann. Dabei spielen die Fixkosten keine Rolle, d.h. sie sind nicht entscheidungsrelevant.

## 8 Starkes Erfolgsprinzip (S.210)

Die Theorie betrieblicher Wertschöpfung geht auf der Erfolgsebene von der Existenz einer Erfolgskonzeption aus, welche die Präferenzen des Produzenten in dem Sinne eindeutig beschreibt, daß eine vollständige Ordnung aller relevanten Produktionen hinsichtlich ihrer Vorziehenswürdigkeit möglich ist. An der Spitze dieser Rangfolge stehen die besten Produktionen. Sie bestimmen das Erfolgsmaximum. Das starke Erfolgsprinzip fordert die Realisation nur erfolgsmaximaler Produktionen.

### 8.1 Erfolgsmaximierung

Preis und Absatzquantität des Hauptproduktes im Umsatzmaximum stimmen nicht immer mit denen im Gewinnmaximum überein. Was deshalb als beste Produktion anzusehen ist, hängt von den situativen Präferenzen des Entscheidungsträger ab. So kann es im Rahmen einer expansiven Wettbewerbsstrategie vorübergehend - d.h. für die betrachtete Planungsperiode - sinnvoll sein, den Periodenumsatz anstelle des Periodengewinns als Erfolgskriterium zu wählen. Langfristig kann eine Unternehmung in einer Marktwirtschaft aber nur dann überleben, wenn sie nachhaltig ausreichende Gewinne erzielt.

Ist der Erfolgsmaßstab für die jeweilige Situation einmal eindeutig definiert, so ist es dann jedoch für den Produzenten vernünftig, die erfolgsmaximale Produktion zu erzielen. Diese Forderung entspricht einem idealtypischen, entscheidungslogischen Rationalprinzip und wird als *starkes* oder *wertmäßiges Erfolgsprinzip* bezeichnet. Bei rein ökonomischer Bewertung spricht man von einem starken oder wertmäßigen Wirtschaftlichkeitsprinzip. Anderenfalls werden auch soziale oder ökologische Erfolgsaspekte bei der Bestimmung der besten Produktion berücksichtigt.

#### 8.1.1 Kompatibilität des schwachen und starken Erfolgsprinzips

Konsistenz der Präferenzäußerungen des Produzenten in der Verbindung der Ergebnisebene und der Erfolgsebene bedeutet, daß insbesondere auch das schwache und das starke Erfolgsprinzip untereinander *kompatibel* sind. Kompatibilität liegt vor, wenn jede erfolgsmaximale Produktion  $z^*$  auch effizient ist. Oder in logischer Umkehrung: Eine ineffiziente Produktion kann bei Kompatibilität nie erfolgsmaximal sein. Formal bedeutet es:

$$w_{\max} = w(z^*) = \max\{ w(z) \mid z \in T \} = \max\{ w(z) \mid z \in T_{\text{eff}} \}$$

Dieser Zusammenhang ist der tiefere Grund für die alleinige Konzentration vieler ökonomischer Analysen auf den effizienten Rand, insbesondere traditionelle Abhandlungen auf der Basis von Produktionsfunktionen.

Die Theorie betrieblicher Wertschöpfung setzt die Kenntnis der effizienten Produktionen im allgemeinen nicht voraus.

Ebenso wie das schwache läßt sich das starke Erfolgsprinzip prinzipiell sowohl auf die Technik als auch auf ein aus ihr abgeleitetes Produktionsfeld beziehen. Da Produktionsfelder Teilmengen der zugrundeliegenden Technik sind, ist jede bezüglich der Technik effiziente oder erfolgsmaximale Produktion auch bezüglich des abgeleiteten Produktionsfeldes effizient bzw. erfolgsmaximal, falls sie überhaupt zulässig ist, d.h. zum Produktionsfeld gehört.

### 8.1.2. Ermittlung des Erfolgsmaximums

Bei jeder größenprogressiven Technik könnte in Verbindung mit einer linearen Erfolgsfunktion der Erfolg ins Unendliche gesteigert werden, falls auch nur eine Produktion mit einem positiven Erfolg existieren würde.

Für unbeschränkte Techniken und lineare Erfolgsfunktionen ist es deshalb mit Blick auf die Realität sinnvoll, das Erfolgsmaximum nicht auf die Technik  $T$  selber, sondern auf ein durch geeignete Restriktionen  $R$  beschränktes Produktionsfeld  $Z$  zu beziehen:

$$w_{\max} = w(z^*) = \max\{ w(z) \mid z \in T \cap R \} = \max\{ w(z) \mid z \in Z \}$$

Bei einer stetigen Erfolgsfunktion sowie einem abgeschlossenen und beschränkten Produktionsfeld bzw. einer entsprechenden Technik gibt es stets ein endliches Maximum des Erfolgs, das von wenigstens einer *erfolgsmaximalen* Produktion realisiert wird.

Es kann durchaus vorkommen, daß mehr als eine Produktion erfolgsmaximal ist.

Im Beispiel der Müllverbrennung unter Einsatz des Brennstoffes Erdgas gibt es bei einer linearen Erfolgsfunktion genau dann zwei optimale Produktionen, wenn die kassierte Müllgebühr  $p_{\text{müll}} < 0$  gerade so hoch ist, daß sie die durch den Brennstoffpreis  $p_{\text{erdgas}} > 0$  bestimmten Kosten deckt:

$$w(z) = p_{\text{müll}} \cdot z_{\text{müll}} + p_{\text{erdgas}} \cdot z_{\text{erdgas}} = 0$$

In diesem Fall ist der Produzent indifferent zwischen dem Stillstand und einer anderen Aktivität auf dem effizienten Rand. Bild 8.1 illustriert diese Situation, indem an die Technik eine Tangente durch die beiden erfolgsmaximalen Punkte eingezeichnet ist. Sie stellt eine sogenannte *Erfolgsisoquante* dar, hier diejenige mit dem (maximal erreichbaren) Erfolg Null.

vielleicht hier Bild 8.1 einfügen.....

Entscheidend für das Erfolgsmaximum ist das Verhältnis der beiden Preise. Es bestimmt die Steigung  $-p_{\text{erdgas}}/p_{\text{müll}}$  der Erfolgsisoquanten. Der maximale Erfolg ist dann erreicht, wenn eine weitere Parallelverschiebung der Geraden in 'südöstliche' Richtung nicht mehr zu einer möglichen Produktion führt.

**F** Je steiler die Isoquante, desto größer ist der Erfolg

**F** die steilste Isoquante tangiert den Punkt maximalen Erfolgs

Beispiel mit einer Zwei-Güter-Technik  
Kurve liegt im zweiten Quadranten, mehr ??

## 8.2 Indirekte Erfolgskfunktionen

Anhand der allgemeinen Definitionsgleichung im letzten Abschnitt ist unmittelbar erkennbar, daß das Erfolgsmaximum  $w_{\max}$  auf dreierlei Weise durch exogene Größen beeinflusst wird, nämlich über

**F** die Technik  $T$

**F** die Restriktionen  $R$

**F** die Erfolgskfunktion  $w$

Mit anderen Worten ist das Erfolgsmaximum eine Funktion der Technik, der Restriktionen und der Erfolgskfunktion:

$$w_{\max} = w(z^*) = g(T;R;w)$$

Diese Funktion heißt allgemein indirekte Erfolgskfunktion. Sofern die erfolgsmaximale Produktion  $z^*$  eindeutig ist, ist auch sie eine Funktion der exogenen Einflußgrößen.

### 8.2.1 Der Einfluß von Erfolgsfaktoren

Während die direkte Erfolgskfunktion  $w(z)$  den Erfolg der verschiedenen vom Produzenten durchführbaren Aktivitäten  $z$  angibt, beschreibt die indirekte Erfolgskfunktion den unter allen durchführbaren Aktivitäten maximal erreichbaren Erfolg in Abhängigkeit derjenigen Größen, die der Produzent in der betrachteten Situation als vorgegeben ansieht. Die Technik, die Restriktionen und die Erfolgskfunktion stellen allgemein die Rahmenbedingungen jeder Produktionsentscheidungen dar. Sie umfassen alle relevanten, konkreten Parameter der jeweiligen Produktionssituation. Beispiele sind Produktionskoeffizienten als technische Parameter, Faktorkapazitäten als Restriktionsparameter sowie Faktorpreise als Parameter der (direkten) Erfolgskfunktion. Derartige Parameter der Entscheidungssituation heißen (*Erfolgs-*)**Einflußgrößen**

Solche Erfolgseinflußgrößen, also etwa auch Nachfrageschätzungen und Absatzpreise oder Emmisionskoeffizienten und -grenzen, sind für den Entscheidungsträger (aktuelle) Daten und keine Handlungsvariablen. In einer anders gelagerten Entscheidungssituation können dieselben Größen jedoch durchaus beeinflufbar sein.

Unterschiede sind hier zum einen hinsichtlich des untersuchten Produktionssystems als Subsystem einer Unternehmung zu machen (Sparte, Betrieb oder Werkstatt), zum anderen auch hinsichtlich der Art der Entscheidung (strategisch versus operativ). Da somit die Einstufung von Größen entweder als Parameter (Datum) oder als Variable in hohem Maße situativ und relativ ist, werden solche Größen, die den Erfolg einer Aktivität entscheidend mitbestimmen, allgemein *Erfolgsfaktoren* genannt, unabhängig davon, ob sie (unmittelbar) beeinflufbar sind oder (wie die Einflußgrößen) auch nicht.

Für das Management von Produktions *subsystemen* einer Unternehmung existiert in der Regel eine Vielzahl an Vorgaben übergeordneter Instanzen. So ist häufig die Beschäftigung durch die Verpflichtung zur Nachfragerfüllung von außen determiniert; damit sind regelmäßig auch die Leistungen des Systems festgelegt. Bei rein ökonomischer Erfolgskbetrachtung sind dann nur noch die Kosten variabel:

$$w(z) = G(z) = L - K(z) \quad \text{mit } L \text{ konstant}$$

In diesem Fall ist Erfolgs- bzw. Gewinnmaximierung äquivalent zur Minimierung der noch vom Produzenten beeinflussbaren Kosten. Von Interesse ist dann nur die *indirekte Kostenfunktion*  $K(T; R; w)$ , auch *Minimalkostenfunktion* oder einfach *Kostenfunktion* genannt, mit der Beschäftigung als wesentliche *Kosteneinflußgröße*. Entsprechend ist bei festliegenden Kosten nur die *indirekte* oder *Maximalleistungsfunktion* relevant.

## 8.2.2 Minimalkostenfunktion einer Cobb/Douglas-Technik

Als Beispiel sei hier eine Gütertechnik vom Cobb/Douglas-Typ mit vorgegebener konstanter Produktquantität  $y > 0$  und einer linear-affinen Kostenfunktion betrachtet. Da alle Faktoren unverzichtbar sind und die erfolgsmaximale Produktion effizient sein muß, ergibt sich die *Minimalkostenkombination* als Lösung folgender Optimierungsaufgabe:

$$K_{\min} = \min\{ c_1 x_1 + \dots + c_m x_m + c_0 \mid y - \alpha_0 \cdot (x_1)^{\alpha_1} \cdot \dots \cdot (x_m)^{\alpha_m} = 0 \}$$

Es sind die Kosten unter Beachtung der Produktionsgleichung zu minimieren. Kosteneinflußgrößen sind die Faktorpreise  $c_i$ , die Fixkosten  $c_0 = K_{\text{fix}}$ , die Beschäftigung  $y$ , der Niveauparameter  $\alpha_0$  und die Produktionselastizitäten  $\alpha_i$ .

Durch Ausnutzung der Produktionsgleichung folgt für die variablen Kosten des  $i$ -ten Faktors:

$$K_{i \text{ var}} = c_i \cdot x_i = \alpha_i \cdot \mu \cdot y \quad \text{für } i=1, \dots, m$$

und mit der Skalanelastizität  $\varepsilon = \alpha_1 + \dots + \alpha_m$  für die variablen Gesamtkosten:

$$K_{\min \text{ var}} = \varepsilon \cdot \mu \cdot y \quad \text{oder} \quad K_{i \text{ var}} = \alpha_i / \varepsilon \cdot K_{\min \text{ var}}$$

Der relative Anteil eines Faktors an den variablen Minimalkosten ist demnach unabhängig von der Beschäftigung und nur durch das Verhältnis seiner Produktionselastizität zur Skalanelastizität bestimmt. Je produktiver ein Faktor ist, um so mehr wird er bei Befolgung des starken Erfolgsprinzips eingesetzt und um so höher ist sein Kostenanteil.

Dafür folgt für die Kostenfunktion:

$$K_{\min}(y; c_0, \dots, c_m; \alpha_0, \dots, \alpha_m) = \varepsilon \cdot \beta \cdot (-1/\varepsilon) \cdot y^{\text{hoch}(1/\varepsilon)} + c_0$$

$$\text{für } \beta = \alpha_0 \cdot (\alpha_1 / c_1)^{\text{hoch } \alpha_1} \cdot \dots \cdot (\alpha_m / c_m)^{\text{hoch } \alpha_m} \quad \text{und } c_0 = K_{\text{fix}}$$

Der Verlauf der Minimalkosten in Abhängigkeit von der Beschäftigung

$$K_{\min} = K(y) = K_{\text{var}}(y) + K_{\text{fix}} \quad (\text{Beschäftigungseinfluß})$$

wird hier wesentlich von der Skalanelastizität bestimmt. **F** Bild 8.3 / S.219

Bei konstanten Skalenerträgen ( $\varepsilon = 1$ ) sind die variablen Minimalkosten proportional zur Beschäftigung; bei abnehmenden Skalenerträgen ( $\varepsilon < 1$ ) steigen die Kosten strikt progressiv; bei zunehmenden Skalenerträgen ( $\varepsilon > 1$ ) sinken die Grenzkosten mit der Beschäftigung.

$$K = K_{\text{var}}(y) + K_{\text{fix}} = (\epsilon \cdot \beta \text{hoch}(-1/\epsilon)) \cdot y \text{hoch}(1/\epsilon) + c_0$$

### 8.2.3 Stückkostenverläufe

durchschnittliche Gesamtkosten := Stückkosten des Produktes

$$k(y) = K(y)/y = K_{\text{var}}(y) / y + K_{\text{fix}} / y = (\epsilon \cdot \beta \text{hoch}(-1/\epsilon)) \cdot y \text{hoch}((1/\epsilon)-1) + c_0/y$$

Text S. 221 ??

## 8.3 Erfolgsmaximierung bei Engpässen

Die obige Ableitung einer indirekten Kostenfunktion ist ein Beispiel für einen Spezialfall des starken Erfolgsprinzips, nämlich hier der Kostenminimierung für eine Cobb/Douglas-Technik, der ausreicht, um einige allgemeiner gültige Begriffe und Aussagen hinreichend erklären zu können. In diesem Abschnitt sollen anhand eines zweiten Spezialfalls, nämlich der linear-limitationalen Produktion, weitere ökonomische Begriffe und Denkkonzepte eingeführt werden.

### 8.3.1 Durch die Hauptprodukte determinierte Produktion

Der spezielle Fall, in dem die Hauptprodukte alle anderen Güter- und Übelarten limitieren, ist dadurch gekennzeichnet, daß es für vorgegebene Hauptproduktmengen jeweils höchstens eine einzige effiziente Produktion gibt. Diese ist bei Kompatibilität dann zwangsläufig kostenminimal sowie für die fixierten Hauptproduktmengen auch erfolgsmaximal. Eine Steigerung des Erfolges ist in diesem Fall nur über die Veränderung des Hauptproduktionsprogramms möglich, vorausgesetzt, die anderen Erfolgseinflußgrößen, insbesondere die Preise und Faktorkapazitäten, bleiben unverändert.

Der genannte Spezialfall liegt insbesondere dann vor, wenn bei Fixierung der Hauptproduktmengen überhaupt nur höchstens eine technisch mögliche Aktivität existiert, die dann natürlich auch effizient ist.

d.h alle Inputs von den Outputs festgelegt bzw. abhängig

S.222-223 wichtig ??

### 8.3.2 Standardansatz der Erzeugnisprogrammplanung

Ein negativer Stückdeckungsbeitrag eines Hauptproduktes kann aus längerfristigen, wettbewerbsstrategischen Gründen gegebenenfalls vorübergehend in Kauf genommen werden, z.B. um Marktanteile zu erringen. Wählt man demgemäß den Umsatz als Erfolgskriterium, so steigert bei konstanten positiven Absatzpreisen jede Ausweitung des Erzeugnisprogramms den Erfolg. Das geht

aber nicht unbegrenzt, weil man früher oder später an Absatz-, Beschaffungs-, Emissions- oder andere Schranken stößt.

Bei z.B. Absatzpreisen von  $p_1$  und  $p_2$  für die Erzeugnisse  $y_1$  und  $y_2$  führt das starke Erfolgsprinzip in Verbindung mit dem Erfolgsziel Umsatz zu folgender linearen Optimierungsaufgabe:

$$\text{Maximiere } L = p_1 \cdot y_1 + p_2 \cdot y_2 \text{ unter den obigen Restriktionen !}$$

**F** Beispiel S.225

Zwei-Güter-Technik-graph

Das Erfolgsmaximum liegt auf der am weitesten nach nord-osten verschobenen Isoquante.

**Engpaß:** Ein Faktor bildet einen Engpaß, wenn er das Produktionsfeld an dieser Stelle begrenzt. Eine Lockerung dieser Restriktion würde eine weitere Umsatzsteigerung ermöglichen. Die durch den Engpaß verhinderte Verbesserung des Erfolges definiert seine *Opportunitätskosten*. Die marginalen Opportunitätskosten pro Engpaßeinheit werden Schattenpreis des Engpasses genannt.

S.226 ??

Opportunitätskosten und Schattenpreise sind situativ bedingt, insbesondere abhängig von dem jeweils verfolgten Ziel und den Daten der Entscheidungssituation des Produzenten.

### 8.3.3 Erfolgsmaximierung bei einem einzigen Faktorenengpaß

Außer durch Faktorkapazitäten kann die Produktion auch durch Absatzschranken nach oben begrenzt werden.

Beispiel: Hier obere Absatzschranke: 32 Paar Schuhe und 68 Taschen.

Unter Beibehaltung der anderen Daten lautet die Optimierungsaufgabe dann folgendermaßen:

$$\text{max! } D = 60 \cdot y_4 + 120 \cdot y_5 \quad (d_4=60, d_5=120)$$

unter den Nebenbedingungen:

$$\begin{array}{rcll} 50 \cdot y_4 & + & 50 \cdot y_5 & \leq 5000 \\ 40 \cdot y_4 & + & 15 \cdot y_5 & \leq 3000 \\ 0,15 \cdot y_4 & + & 0,4 \cdot y_5 & \leq 30 \\ 20 & \leq & y_4 & \leq 32 \\ 10 & \leq & y_5 & \leq 68 \end{array}$$

Bei Absatzschranken unter einem einzigen relevanten Faktorenengpaß können die optimalen Produktquantitäten auch unmittelbar mittels der *engpaßspezifischen Deckungsbeiträge* ermittelt werden: Wegen der positiven Stückdeckungsbeiträge beider Erzeugnisse ( $d_4=60, d_5=120$ ) wäre es ohne Faktorenengpaß gewinnmaximal, so viele Einheiten von beiden herzustellen, wie die oberen Absatzschranken erlauben. Das wird durch einen Engpaß bei Faktor 3 verhindert, da anstelle von

$0,15 \cdot 32 + 0,4 \cdot 68 = 32$  nur 30 Einheiten verfügbar sind; die anderen Faktoren sind ausreichend vorhanden. Es können also nicht alle absetzbaren Produktmengen mangels ausreichender Kapazität des Faktors 3 hergestellt werden.

Im Hinblick auf die Frage, von welchem der beiden Erzeugnisse weniger erzeugt und abgesetzt werden soll, kommt es nun nicht auf die Stückdeckungsbeiträge der Produkte, sondern vielmehr auf die spezifischen Deckungsbeiträge der Produkte in bezug auf den Engpaß an. Mit einer Quantitätseinheit des Faktors 3 sind entweder  $1 / 0,15$  Einheiten von Produkt 4 oder  $1 / 0,4$  Einheiten von Produkt 5 erzeugbar und damit entweder  $d_4 = 60 / 0,15 = 400\text{DM}$  oder  $d_5 = 120 / 0,4 = 300\text{DM}$  an zusätzlichem Gewinn erzielbar. Obwohl Produkt 5 einen höheren Stückdeckungsbeitrag aufweist, ist es günstiger, eher auf es zu verzichten, weil das andere Produkt den Engpaß relativ weniger belastet. Wegen der fehlenden 2 Einheiten beim Engpaßfaktor 3 werden somit  $2 / 0,4 = 5$  Einheiten von Produkt 5 weniger als absetzbar hergestellt, also insgesamt 32 Einheiten von Produkt 4 und 63 Einheiten von Produkt 5. Der engpaßspezifische Deckungsbeitrag des nur zu einem Teil hergestellten Produktes entspricht dem Schattenpreis des Engpaßfaktors, hier also  $300\text{DM}/\text{QE}$  von Faktor 3.

## 9 Lineare Erfolgstheorie (S.234)

ENTFÄLLT !!

## KAPITEL D ELEMENTE DER PRODUKTIONSPLANUNG UND -STEUERUNG (PPS)

Erweitert um die Dynamik des Geschehens sollen im folgenden bestimmte Aspekte vertieft werden, die im Rahmen des operativen Produktionsmanagement eine bedeutende Rolle spielen, wobei sich die Ausführungen hier nur auf reine Gütertechniken beziehen.

Es werden anhand ausgewählter, auf das jeweilige Thema zugeschnittene, auch historisch bedeutsame Modelle die Faktorbedarfsermittlung und Kostenkalkulation, die Anpassung an Beschäftigungsschwankungen sowie die Losgrößenbestimmung behandelt.

## 10 Bedarfsermittlung und Kostenkalkulation (S.268)

In der Praxis der Produktionsplanung der Industriebetriebe vieler Branchen ist zu beobachten, daß zunächst das Erzeugnisprogramm festgelegt und erst danach der dafür aufzuwendende Faktorbedarf ermittelt wird. Für die outputseitig determinierte Güterproduktion ist eine solche Vorgehensweise naheliegend. Sie ist gerade dadurch definiert, daß der Faktorbedarf durch das Erzeugnisprogramm eindeutig bestimmt ist. Die Ermittlung der benötigten Faktorquantitäten und die Kalkulation der Stückkosten der Erzeugnisse stellen bei diesem Produktionstyp eine vergleichsweise einfache Rechenaufgabe dar, wobei grundsätzlich die drei Fälle einstufiger, mehrstufiger und zyklischer Produktion unterschieden werden können.

### 10.1 Einstufige, outputseitig determinierte Produktion

Outputseitig determinierte, additive Techniken lassen sich anschaulich und kompakt mittels sogenannter *Gozinto-Graphen* darstellen. **F** Beispiel S.269

### 10.1.1 Einstufiges Leontief-Modell

Die Markierung des Pfeils zwischen Input  $i$  und Output  $j$  im Gozinto-Graphen gibt an, wieviele Einheiten des Faktors  $i$  in eine Einheit des Produktes  $j$  eingehen. Dieser Stückbedarf wird als Produktionskoeffizient  $a_{ij}$  bezeichnet. Der gesamte Bedarf eines Faktors  $i$  ergibt sich aus den Quantitäten der Produkte  $j$  allgemein zu:

$$x_i = \sum_{j=m+1}^{m+n} a_{ij} \cdot y_j \quad \text{für } i=1, \dots, m$$

Das Produktionsmodell in der Gestalt von  $m$  Faktorfunktionen heißt *einstufiges Leontief-Modell*. Für eine reine Gütertechnik - wie unterstellt - impliziert outputseitige Determiniertheit (Input-)Limitationalität.

Umgekehrt muß jede einstufige, limitationale, endlich generierbare, lineare Gütertechnik (ohne ineffiziente Grundaktivitäten und ohne Kuppelproduktion) die obige Gestalt eines einstufigen Leontief-Modells aufweisen.

### 10.1.2 Einstufige Produktkalkulation

Falls nur konstante Faktorpreise  $c_i$  und Produktpreise  $e_j$  den Erfolg beeinflussen, läßt sich ein zugehöriges Erfolgsmodell formulieren, das jedem Produkt einen Einzelerfolg mittels seines spezifischen Deckungsbeitrags  $d_j = l_j - k_j = e_j - k_j$  zuweist:

$$w = \sum_{j=m+1}^{m+n} d_j \cdot y_j$$

Durch Einsetzen des Leontief-Mengenmodells ist es nämlich möglich, den genannten Gesamtdeckungsbeitrag  $w = D$  abzuleiten, indem für jedes Produkt separat seine variablen Stückkosten berechnet werden (*Produktkalkulation*):

$$k_j = \sum_{i=1}^m c_i \cdot a_{ij} \quad \text{für } j = m + 1, \dots, m + n$$

Für die betriebliche Praxis ist die direkte Zurechenbarkeit der Faktorkosten auf die einzelnen Produkte sehr vorteilhaft. Sie erlaubt es, den Erfolg jedes Produktes einzeln zu kalkulieren. Eine Erfolgsverbesserung kann demnach immer dann erreicht werden, wenn solche Produkte hergestellt werden, welche einen positiven produktspezifischen Deckungsbeitrag aufweisen.

Bei einer Formulierung des Zusammenhanges vektorieLL sieht man, das sich das Kostenmodell spiegelbildlich zum Produktionsmodell verhält.

Das Produktionsmodell ist outputseitig, das Kostenmodell inputseitig determiniert, und zwar über die (im zweiten Fall transponierte) Matrix der Produktionskoeffizienten. Bei Begrenzung der Vektoren  $x$  (Einsatzprogramm) und  $c$  (Einkaufspreise) auf die  $m$  Faktoren, der Vektoren  $y$  (Erzeugnisprogramm) und  $k$  (Herstellungspreise) auf die  $n$  Produkte sowie der Bedarfsmatrix  $A$  auf die  $m \times n$  Produktionskoeffizienten lassen sich Produktions- und Kostenmodell allgemein wie folgt vektoriell darstellen:

$$x = A \cdot y \qquad k = A_{\text{trans}} \cdot c \qquad A_{\text{trans}} = A \text{ transponiert}$$

## 10.2 Mehrstufige, outputseitig determinierte Produktion

Für die Betrachtung mehrstufiger und zyklischer Produktion ist es zweckmäßiger, die Vektoren  $x$ ,  $c$ ,  $y$  und  $k$  sowie die Matrix  $A$  jeweils umfassend auf *alle*  $K$  betrachteten Objektarten zu beziehen.

Mit  $x_k$  ist der Fremdbezug, mit  $y_k$  der Fremdaustrag der Güterart  $k$  bezeichnet; letzter wird als absatzbestimmt angenommen und dann üblicherweise *Primärbedarf* genannt.

Sieht man von Handelswaren ab, so gibt es für Primärfaktoren keinen Primärbedarf und für Endprodukte keinen Fremdbezug. Lediglich bei den Zwischenprodukten sind grundsätzlich sowohl Fremdbezug (Zukauf) als auch Primärbedarf (z.B. als Ersatzteilbedarf) möglich.

Allerdings ist es plausibel anzunehmen, daß der Fremdbezugspreis eines Zwischenprodukts aufgrund von Transaktionskosten im Normalfall größer als der Absatzerlös des selbigen ist (Netto), so daß simultaner *Fremdbezug und Absatz einer Güterart während einer Periode* dem starken Erfolgsprinzip widersprechend würde und von daher auszuschließen ist ( $x_k \cdot y_k = 0$ ).

### 10.2.1 Mehrstufiges Leontief-Modell

Um die inneren Güterströme eines mehrstufigen Produktionsmodells zu beschreiben, werden die in Abschnitt 1.2.1 eingeführten Variablen benötigt.

Mit  $u_k$  sind die *Eigenproduktion* und mit  $v_k$  der Eigenverbrauch gemeint, wobei letzter im Zusammenhang mit der Materialbedarfsermittlung üblicherweise *Sekundärbedarf* genannt wird. Die vereinfachte Mengenbilanzgleichung sieht dann wie folgt aus:

$$x_k + u_k = r_k = v_k + y_k \qquad \text{für } k = 1, \dots, K$$

$$\begin{aligned} \text{Fremdbezug} + \text{Eigenfertigung} &= \text{Durchsatz} &= \text{Eigenverwertung} + \text{Fremdbezug} \\ & \text{Bruttobedarf} &= \text{Sekundärbedarf} + \text{Primärbedarf} \end{aligned}$$

Die Größe  $r_k$  kennzeichnet den Periodendurchsatz und wird gewöhnlich als Bruttobedarf (oder Gesamtbedarf) der Güterart  $k$  bezeichnet. Der aus Primärbedarf  $y_k$  und Sekundärbedarf  $v_k$  rührende Bruttobedarf  $r_k$  wird durch Eigenproduktion  $u_k$  oder Fremdbezug  $x_k$  gedeckt.

Diese Beziehung trifft auf jede Gütertechnik mit ausgeglichener Bilanz von Angebot und Nachfrage innerhalb des Produktionssystems zu. Fehlmenge und Überschüsse sind damit ausgeschlossen.

Gleichung S.273f ???

weglassen, da keine Matrizen etc.

### 10.2.2 Bruttobedarfsermittlung

wichtig ??

### 10.2.3 Spezialfall ohne Fremdbezug der Zwischenprodukte

wichtig ?

### 10.2.4 Mehrstufige Produktkalkulation

wichtig ??

## 10.3 Zyklische, outputseitig determinierte Produktion

Bei einer zyklischen Produktion kann im Extremfall jede Güterart sowohl Input als auch Output eines Teilprozesses sein. Streng genommen gäbe es dann keine Primärfaktoren und Endprodukte mehr -wie es im Prinzip mit Stoffkreisläufen angestrebt wird- sondern nur noch Zwischenprodukte. Eine solche Unterscheidung kann damit nicht mehr kategorisch erfolgen, sondern muß sich dann am jeweiligen quantitativen Verhältnis des Fremdbezugs zur Eigenproduktion bzw. des Primärbedarfs zum Sekundärbedarf richten. Das allgemeine zyklische Leontief-Modell hat folgende Gestalt:

$$x_k + u_k = r_k = \sum_{j=1}^K a_{kj}^* u_j + y_k \quad \text{für } k=1, \dots, K$$

Der wesentliche Unterschied zum mehrstufigen Modell besteht darin, daß die Summe nun grundsätzlich über alle Güterarten  $j'=1, \dots, K$  läuft, während sie bislang lediglich für die Güterarten auf den nachfolgenden Produktionsstufen  $j'=k+1, \dots, K$  formuliert war.

Eine sukzessive Berechnung des Bruttobedarfes und der Stückkosten mittels rekursiver Beziehungen bzw. direkt am Gozinto-Graphen ist deshalb nicht mehr möglich. Außer dieser rechnerischen Komplizierung bleiben die früheren Überlegungen aber ansonsten im wesentlichen gültig.

Das allgemeine zyklische Leontief-Modell kann deshalb ohne Fremdbezug der (Zwischen-)Produkte auf Beziehungen nur zwischen Bruttobedarf und Primärbedarf reduziert werden:

$$r_k = \sum_{j=1}^K a_{kj}^* r_j + y_k \quad \text{für } k=1, \dots, K$$

S.281f wichtig ?

## 10.4 Nicht outputseitig determinierte Produktion

Outputseitig determinierte Gütertechniken sind auch (input-)limitational. Umgekehrt brauchen limitationale Gütertechniken nicht outputseitig determiniert zu sein, wenn ineffiziente Grundaktivitäten vorkommen. Eliminiert man diese jedoch gemäß dem schwachen Erfolgsprinzip, so gelten diese Aussagen der vorangehenden Abschnitte entsprechend für die verbleibende Menge der effizienten Herstellungsverfahren. Allerdings kann nun auf die Voraussetzung der Größenproportionalität nicht ohne weiteres verzichtet werden, da sie für die Effizienz bzw. Ineffizienz von Grundaktivitäten wesentlich ist.

Analoges gilt für den Fall, daß zwar jeweils mehrere effiziente Verfahren zur Herstellung eines Produktes existieren, jedoch dank ausreichender Faktorkapazitäten stets das kostenminimale Verfahren realisiert werden kann. Nach Elimination aller teureren Verfahren gemäß dem starken Erfolgsprinzip ergibt die reduzierte Menge der kostenminimalen Herstellungsverfahren wieder eine outputseitig determinierte Gütertechnik. Mit dem so definierten Leontief-Modell wird der Faktorbedarf unmittelbar kostenminimal ermittelt.

Für die Logik ist letztlich nur wesentlich, daß durch die Festlegung der Quantitäten eines Teils der Objektarten (bislang Outputarten) die Quantitäten anderer Objektarten (bislang Inputarten) determiniert sind. Die Vorgehensweise läßt sich dementsprechend auch noch auf weitere Situationen übertragen, beispielsweise auf die Outputermittlung bei inputseitig determinierten Techniken, also bei Kuppelproduktion oder auf die Ermittlung nicht nur des Faktorbedarfs sondern auch des Abprodukts in Abhängigkeit von der Herstellung der Hauptprodukte.

Das betriebliche Gesamtsystem ist grob vereinfachend in drei Hauptbereiche als Subsysteme eingeteilt, die mit den drei wichtigsten Teilrechenwerken in traditionellen Systemen der *Kostenrechnung* korrespondieren:

- F** der Beschaffungsbereich und die Kostenartenrechnung
- F** der Fertigungsbereich und die Kostenstellenrechnung
- F** der Absatzbereich und die Kostenträgerrechnung

Beschaffungs- und Absatzbereich stellen den Kontakt zur Außenwelt her, indem sie für den Betrieb einerseits Güter als Primärfaktoren fremd beziehen und andererseits Erzeugnisse zur Befriedigung des Primärbedarfs absetzen.

Rest unwichtig ?

## 11 Anpassung an Beschäftigungsschwankungen

Viel Unternehmen sehen sich einer im Zeitablauf schwankenden Nachfrage ausgesetzt. Es gibt eine Reihe unternehmenspolitischer Strategien und Instrumente, so etwa die Produktdiversifikation, die Preispolitik oder die Lagerhaltung, die vermeiden helfen, daß die Nachfrageschwankungen voll auf die Produktion durchschlagen bzw. überhaupt erst entstehen. In dieser Lektion geht es jedoch darum, wie die Potentialfaktoren 'Mensch' und 'Maschine' an solche Beschäftigungsschwankungen angepaßt werden können und welche Kosten dabei entstehen.

### 11.1 Anpassungsformen

Die mögliche Dauer und Geschwindigkeit der Transformation des Input in den Output innerhalb einer Produktionsperiode sind in der Regel weniger von den Repetierfaktoren als von den Potentialfaktoren abhängig.

Grundsätzlich lassen sich drei verschiedene Formen der Anpassung von Potentialfaktoren an Beschäftigungsschwankungen unterscheiden, die gegebenenfalls auch miteinander kombiniert werden können:

- F zeitliche Anpassung
- F intensitätsmäßige Anpassung
- F quantitative Anpassung

Bei *zeitlicher* Anpassung wird die tatsächliche Produktionszeit innerhalb der betrachteten Produktionsperiode verlängert oder verkürzt, bei *intensitätsmäßiger* Anpassung die Produktionsgeschwindigkeit (Durchsatz pro Zeiteinheit) erhöht oder gesenkt; *quantitative* Anpassung bedeutet eine Veränderung der Anzahl eingesetzter Potentialfaktoren. Dabei kann die Anpassungsform in jedem Subsystem des Produktionssystems, das von Beschäftigungsschwankungen betroffen ist, verschieden sein. Ebenso müssen die beteiligten Potentialfaktoren nicht unbedingt dieselbe Form der Anpassung realisieren. Allerdings sind nicht alle möglichen Kombinationen der Anpassung menschlicher Arbeitskräfte und Betriebsmittel gleich sinnvoll, besonders dann, wenn sie zusammen eine Produktiveinheit bilden. Wenig sinnvoll erscheinen die Kombination von zeitlicher Anpassung der Arbeitskräfte und intensitätsmäßiger Anpassung der Betriebsmittel sowie die umgekehrte Kombination.

Als kurzfristige zeitliche Anpassungsmaßnahmen im *Personalbereich* kommen in erster Linie die Verlagerung der tariflichen Arbeitszeit von beschäftigungsschwachen in beschäftigungsstarke Zeiten und die vorübergehende Unter- und Überschreitung der regulären Arbeitszeit in Frage. Verlängerungen der gewöhnlichen Arbeitszeit sind regelmäßig mit überproportional steigenden Entlohnungen verbunden, während Kürzungen oft sogar zu keinen Einsparungen bei den Lohnkosten oder bei anderen Kosten führen. Intensitätsmäßigen Anpassung über das normale Maß hinaus sind bei Menschen enge Grenzen gesetzt, wenn man von bestimmten Tätigkeiten wie z.B. der Überwachung absieht.

Der Arbeitskostenverlauf bei Intensitätsveränderungen wird entscheidend von der Form des Arbeitsentgeldes bestimmt. So sind bei reinem Zeitlohn und konstanter Arbeitszeit die Lohnkosten fix und damit in der Regel nicht entscheidungsrelevant. Bei Akkordlohn variieren sie hingegen proportional zur Ausbringung. Zur quantitativen Anpassung kann der Personalbestand dauerhaft oder auch nur vorübergehend verändert werden. Die Einstellung, Entlassung bzw. Nichtersetzung von Dauerarbeitskräften eignen sich kaum für die Überbrückung kurzfristiger Beschäftigungsschwankungen, zumal das Anwerben und Anlernen neuer Arbeitskräfte erheblichen Zeitaufwand und Kosten mit sich bringen können sowie die Freisetzung bisheriger Mitarbeiter starken gesetzlichen und tariflichen Restriktionen unterliegt. Leiharbeit (Personal-leasing) ist dagegen flexibler und teilweise auch für anspruchsvolle Arbeiten verfügbar. Sie ist außerdem kaum mit fixen (Anlern-)Kosten verbunden; dafür sind die variablen Kosten höher als bei eigenem Personal.

Für *Betriebsmittel* ist eine zeitliche und intensitätsmäßige Anpassung meistens unproblematischer möglich als für Arbeitskräfte. Die zeitlichen Anpassungskosten werden gewöhnlich linear verlaufen, außer in Grenzbereichen, wenn die Wartung dadurch leidet. Allerdings gibt es Anlagen, die kontinuierlich betrieben werden müssen, weil eine Unterbrechung des Produktionsprozesses zur Beschädigung oder zu hohen Wiederanlaufkosten führen würde z.B. Hochofen.

Beispiele für Intensitätsanpassungen sind wechselnde Motordrehzahlen. Sie lassen sich ebenfalls nicht immer ohne Einschränkungen realisieren. Bei Intensitätsvariation im Betrieb von Anlagen ist dagegen mit nichtlinearen Kostenverläufen zu rechnen, besonders in den Grenzbereichen minimaler und maximaler Intensität. Zur quantitativen Anpassung an kurzfristige Beschäftigungsschwankungen sind der Kauf bzw. Verkauf langlebiger Betriebsmittel kaum angebracht, gegebenenfalls die Miete. In Frage kommt hier eher die Inbetriebnahme bzw. Außerbetriebsetzung vorhandener Maschinen und Anlagen. Dadurch können neben den bei der Nutzung anfallenden variablen zusätzlich noch (sprung-)fixe Kosten entstehen, die für die Beurteilung der Anpassungsentscheidung relevant sind.

## 11.2 Mittelbare Produktionsbeziehungen

Rohstoffe sind Repetierfaktoren, die überwiegend direkt in die Produkte eingehen und deren Verbrauch dementsprechend unmittelbar von der Erzeugnisqualität abhängt. Allerdings kann auch durch die Arbeitsweise der Potentialfaktoren ein gewisser Einfluß auf den Verbrauch ausgeübt werden. (z.B. Geschwindigkeit einer Schneideanlage beim Stoffverschnitt).

Diese mittelbaren Produktionsbeziehungen zwischen Repetierfaktoren und Produkt darzustellen ist ein wesentliches Kennzeichen des Gutenberg-Modells.

### 11.2.1 Einfaches Gutenberg-Modell

Das einfache *Gutenberg-Modell* ist dadurch gekennzeichnet, daß eine einzelne Maschine betrachtet wird, auf der ein bestimmtes Produkt gefertigt wird, wofür eine Reihe von Repetierfaktoren eingesetzt werden muß. Um die Grundstruktur des Modells zu verdeutlichen, genügen zwei Repetierfaktoren 1 und 2, mit denen das Produkt 3 hergestellt wird. Die Maschine als Potentialfaktor wird dabei entweder nicht explizit betrachtet oder kann mit dem Prozeßkasten des Transformationsprozesses identifiziert werden, wie durch den Input/Output-Graphen des Bildes 11.1 veranschaulicht.

Bild 11.1

Der rechteckige Prozeßkasten symbolisiert einen komplexen Prozeß oder Verfahrenstyp, mit dem eine Gruppe elementarer Verfahren zusammengefaßt ist, welche auf natürliche Weise eng zusammengehören - hier, weil sie als Intensitätsgrade verschiedene Produktionsgeschwindigkeiten ein und derselben Produktiveinheit beschreiben. Bei dem Prozeßfaktor  $\rho$  handelt es sich um eine Steuergröße, z.B: die Temperatur einer Verbrennungsanlage. Ihr Wert kann vom Produzenten in gewissen Grenzen eingestellt werden.

Hier gehen wir davon aus, daß die Intensität in einem vorgegebenen Intervall minimaler und maximaler Intensität kontinuierlich variieren kann:  $\rho \in [\rho_{\min}, \rho_{\max}]$ .

Eine zweite wichtige Steuergröße ist  $\lambda_\rho$ ; sie entspricht der Dauer, in der die Anlage mit der Intensität  $\rho$  produziert. Produziert die Anlage mit wechselnden Geschwindigkeiten, so spricht man von *Intensitätssplitting*. Zunächst wird jedoch unterstellt, daß während der betrachteten Periode nur eine einzige, stets gleiche Intensität in Frage kommt, so daß sich der Index für die Intensität bei der Variablen für die Produktionsdauer erübrigt:  $\lambda_\rho = \lambda$ . Dabei wird angenommen, daß sich die Technik bei konstanter Intensität bezüglich der Produktionsdauer größenproportional verhält. Der gesamte Verbrauch  $x_i$  für jeden der beiden Repetierfaktoren sowie die gesamte Produkterzeugung  $y_3$  ergeben sich dann zu:

$$x_1 = a_1(\rho)\lambda$$

$$b_3(\rho)\lambda = y_3$$

$$x_2 = a_2(\rho)\lambda$$

Sowohl die Inputkoeffizienten  $a_1$  und  $a_2$  als auch der Outputkoeffizient  $b_3$  hängen im allgemeinen von der Intensität ab und stellen somit Funktionen dar. Im ersten Fall heißen sie (*zeit-)spezifische Verbrauchsfunktionen*; im zweiten (*zeit-)spezifische Ausbringungsfunktionen* (oder auch Leistungsfunktion). Die Ausbringungsfunktion  $b_3(\rho)$  gibt an, wieviele Produkteinheiten bei der Intensität  $\rho$  pro Zeiteinheit erzeugt werden. Der Kehrwert  $a_{0,3} := 1/b_3$  entspricht demnach einer

*produktspezifischen Gebrauchsfunktion* des Potentialfaktors Maschine ( $i=0$ ), da er diejenige Zeitdauer bestimmt, die bei gegebener Intensität notwendig ist, um eine Produkteinheit herzustellen. Multipliziert mit den zeitspezifischen Verbräuchen ergeben sich daraus die Produktionskoeffizienten  $a_{i,3} = a_i/b_3$  als *produktspezifische Verbrauchsfunktionen* der Repetierfaktoren  $i=1$  und  $i=2$ .

Das Ergebnis dieser produktbezogenen Sichtweise ist in der kompakten Darstellung des Input/Output-Graphen in Bild 11.2 zum Ausdruck gebracht.

$$\text{d.h.} \quad a_{i,k}(p) = a_i(p) / b_3(p)$$

## 11.2.2 Typische Verbrauchsverläufe

Beispiel Bohrmaschine, die Löcher in Platten bohrt  
unbedingt anschauen !

## 11.2.3 Vor- und Endkombination

Das Bohren von Löchern in Platten kann man sich als einen zweistufigen Produktionsprozeß vorstellen. Auf der ersten Stufe werden durch eine *Vorkombination* der vier genannten Faktoren die Bohrundrehungen bereitgestellt, welche dann auf der zweiten Stufe die noch ungelochten Platten durch das Anbringen der Löcher in gelochte transformieren (*Endkombination*). Auf der ersten Stufe wird auf diese Weise eine *Produktionsbereitschaft* vorgehalten, die bei Bedarf durch eine betreffende Platte in tatsächliche Produktion umgesetzt wird.

Diese Art mehrstufiger Produktion ist besonders typisch für die *Dienstleistungsproduktion*. Die Leerfahrt eines Linienbusses ist eine Vorkombination der Faktoren, die bei Transport eines Fahrgastes zur Endkombination wird. Auch das obige Bohrbeispiel kann eine Dienstleistungsproduktion sein, dann nämlich, wenn die Platten von einem Kunden als (externer) Faktor bereitgestellt werden.

## 11.3 Kostenminimale Anpassung

Wegen der unterstellten Größenproportionalität der Produktion in Abhängigkeit von der Produktionsdauer sind die Kosten einer rein zeitlichen Anpassung diesbezüglich proportional und bedingen damit konstante Stückkosten des Produktes, vorausgesetzt, daß außer der Intensität auch die Faktorpreise konstant sind. Dies trifft jedoch gerade bei den Löhnen oft nicht zu, wenn bestimmte Grenzen der Normalarbeitszeit überschritten werden und beispielsweise Überstundenzuschläge gezahlt werden. Sieht man davon ab, ist eine rein zeitliche Anpassung unproblematisch und braucht nicht weiter untersucht werden. Rein intensitätsmäßige Anpassungen ergeben sich im folgenden als Spezialfall möglicher Kombinationen zeitlicher und intensitätsmäßiger Anpassung, wenn bei hoher Beschäftigung die zeitliche Kapazität voll ausgelastet wird.

Somit stellt sich die Frage in welchem Fall ein Betrieb wie anpassen soll !

### 11.3.1 Zeitliche und intensitätsmäßige Anpassung

Solange die verfügbare Zeit ausreicht und die Faktorpreise konstant sind, entspricht es dem starken Erfolgsprinzip, Potentialfaktoren rein zeitlich mit der stückkostenminimalen Intensität an

Beschäftigungsschwankungen anzupassen. Bei Vollausslastung der zeitlichen Kapazität eines Potentialfaktors kann eine weitere Ausbringungserhöhung nur noch rein intensitätsmäßig geschehen. Eine intensitätsmäßige anstelle einer zeitlichen Anpassung kommt dann in Betracht, wenn die zeitspezifischen Faktorkosten stärker überproportional zunehmen z.B. bei Überstundenzuschlägen.

sehr gutes Beispiel S.299ff !!!!!

### 11.3.2 Substitutionalität der Gutenberg-Technik

unwichtig

### 11.3.3 Quantitative Anpassung

Die quantitative Anpassung bedeutet die Inanspruchnahme zusätzlicher Potentialfaktoren oder ihren Abbau zum Ausgleich an Beschäftigungsschwankungen. Üblicherweise sind damit sprunghafte Veränderungen bei den realen Aufwendungen (und gegebenenfalls auch bei den realen Erträgen) verbunden. Wertmäßig äußert sich das Verhalten dann in sprunghaften Kosten bzw. Leistungen. Bei längerfristigen Anpassungen handelt es sich u.a. um einmalige oder regelmäßig wiederkehrende Kosten für die Einstellung oder das Ausscheiden von Arbeitskräften bzw. für die Anschaffung oder Abschaffung von Betriebsmitteln. Bei kurzfristigen Anpassungen sind dagegen nur die Kosten für das Einarbeiten der Arbeitskräfte sowie für die Inbetriebnahme bzw. Außerbetriebstellung von Betriebsmitteln relevant, deren Höhe letztlich vom vorgehaltenen Grad der Betriebsbereitschaft abhängt. Diese Kosten werden durch zusätzlichen Ausschuß und geringere Produktivität in der Einarbeitungsphase bzw. durch Wartung, Reinigung, Umrüstung, Instandsetzung und Probelauf von Maschinen hervorgerufen.

Zwei Maschinen heißen funktionsgleich, wenn ihre Outputströme zu einem homogenen Produkt aggregiert (addiert) werden können. Sind außerdem ihre Produktionskoeffizienten  $a_{i,3} = a_i/b_3$ , d.h. ihre produktspezifischen Verbrauchsfunktionen, identisch, so heißen sie kostengleich, weil ihre realen Aufwendungen in Abhängigkeit von Ausbringung und Intensität und damit bei identischen Faktorpreisen auch ihre Kosten denselben Verlauf aufweisen. Anderenfalls sind sie kostenverschieden. Partielle Kostengleichheit kann dadurch bedingt sein, daß die Zeit- und Intensitätsintervalle ansonsten funktions- und aufwandsgleicher Maschinen nicht ganz deckungsgleich sind.

Kostendominanz funktionsgleicher Maschinen kann auftreten, wenn eine neu entwickelte Maschine nicht nur leistungsstärker ist als die alte, sondern auch günstigere Verbrauchsverläufe bei den Repetierfaktoren aufweist. (bezieht sich nicht auf sprunghafte Kosten z.B. bei Inbetriebnahme der neuen Maschine)

Existieren keine sprunghaften Kosten der Inbetriebnahme und der Außerbetriebsetzung, so hat der Einsatz zweier Maschinen denselben Effekt, als wenn eine einzige Maschine mit doppelter zeitlicher Kapazität verfügbar wäre.

Bei der Existenz von sprunghaften Kosten der quantitativen Anpassung sind die Verhältnisse etwas komplizierter: Trägt man die Produktionsalternativen (z.B. mit einer Maschine und später erst mit zwei Maschinen oder direkt mit zweien produzieren) in einen Graphen, so sieht man auf Anhieb, bei welcher Produktmenge welche Alternative die kostengünstigste ist.

Der optimale Anpassungspfad ergibt sich also aus dem jeweiligem Minimum der Kurven.

**F** siehe Beispiel S.306f

## 11.4 Erweiterte Gutenberg-Modelle

unwichtig, meiner Meinung jedenfalls

## 12 Losgrößenbestimmung

Lagerhaltung von Produkten und Repetierfaktoren kann selbst bei einer deterministischen, konstanten Nachfrage unumgänglich sein, um unterschiedliche Geschwindigkeiten der Bereitstellung und im Verbrauch eines Gutes auszugleichen.

### 12.1 Einfaches Harris-Modell

Es wird eine einzige Güterart betrachtet, für die während der Produktionsperiode eine im Zeitablauf gleichbleibende Nachfrage in konstanter Höhe besteht. Der Gesamtbedarf beträgt  $y$  Einheiten; das bedeutet bei einer Periodendauer von  $\tau$  Zeiteinheiten eine Nachfrageraten in Höhe von  $\beta = y/\tau$ . Dabei kann es sich um die externe Nachfrage nach einem Markt abgesetzten Endprodukt oder auch um den betriebsinternen Bedarf für einen Repetierfaktor handeln, der als Zwischenprodukt eigenproduziert oder am Beschaffungsmarkt fremdbezogen wird. Eine ununterbrochen in einem Zusammenhang produzierte bzw. gelieferte Quantität heißt *Los* (oder Auflage, Serie bzw. Bestellmenge)

Dabei kommt es regelmäßig vor, daß Lose nur zu diskreten Zeitpunkten quasi schlagartig in einer disponiblen Größe bereitgestellt werden können.

Bei der Eigenproduktion ist dies oft technisch unumgänglich (z.B. Stahlgewinnung mit Hochofen). Beim Fremdbezug ist die diskontinuierliche, mehr oder minder schlagartige Anlieferung meistens durch die Transportkapazität der Verkehrsträger z.B. Lkw bedingt.

die Eindeckzeit ist die Zeit, in der der Gesamtbedarf in Zeitpunkten mit einem jeweiligen Abstand durch Lieferung gedeckt wird

#### 12.1.1 Losabhängige Kosten

Je größer das Los - und damit die Eindeckzeit - ist, um so größer ist der durchschnittliche Lagerbestand. Damit wachsen aber auch die *Lagerhaltungskosten*. Das sind zum einen die eigentlichen Lagerkosten für Löhne, Energie, Raummiete u.a.m., welche allerdings zu einem großen Teil bestandsunabhängig und damit fix sind. Zum anderen verursachen die Lagerbestände *Kapitalbindungskosten* dadurch, daß während des Zeitraums zwischen der Auszahlung für die Bereitstellung eines Repetierfaktors und der Einzahlung des Erlöses für ein damit hergestelltes Produkt die Unternehmung Zinsverluste auf das eingesetzte Kapital hinnehmen muß. Es wird hier angenommen, daß die *bestandsabhängigen Kosten* proportional zum durchschnittlichen Lagerbestand  $q/2$  bei einer Losgröße  $q$ , wobei der Proportionalitätsfaktor einem Lagerhaltungskostensatz in Höhe von  $c_{lag}$  Geldeinheiten je Guts- und Zeiteinheit multipliziert mit der Periodendauer  $\tau$  entspricht. Bestandsfixe Kosten bleiben unberücksichtigt, da sie durch eine Variation der Losgröße nicht verändert werden können und somit die Erfolgsmaximierung nicht beeinflussen.

Um die Lagerhaltungskosten zu senken, sollte die Losgröße möglichst klein sein. Dann nimmt allerdings die Häufigkeit zu, mit der die Lose aufgelegt bzw. bestellt werden müssen. Bei jeder Auflage oder Bestellung eines neuen Loses ist mit einmaligen Kosten zu rechnen, die von der Größe des Loses unabhängig sind und *losfixe Kosten*  $c_{los}$  genannt werden (*Rüstkosten* oder *bestellfixe Kosten*).

Außer den gesamten losfixen Kosten  $K_{los}$  und den bestandsabhängigen Lagerhaltungskosten  $K_{lag}$  gibt es im allgemeinen noch sonstige Kosten  $K_{sonst}$  zur Bereitstellung von  $y$  Einheiten des Gutes während der Periode, insbesondere Herstellung- und Beschaffungskosten; sie werden hier exemplarisch als teils proportional zur Gutsquantität  $y$  und teils fix unterstellt. Die gesamten Periodenkosten ergeben sich zu:

$$K = K_{los} + K_{lag} + K_{sonst} = c_{los} \cdot y/q + c_{lag} \cdot \tau \cdot q/2 + c_{var} \cdot y + K_{fix}$$

$c_{var} \cdot y + K_{fix}$  nicht unbedingt relevant, da sie unabhängig von der Losgröße  $q$  sind.

### 12.1.2 Wirtschaftliche Losgröße

Analytisch läßt sich die optimale oder wirtschaftliche Losgröße  $q^*$  bestimmen, indem die mathematische Ableitung der Kostenfunktion nach  $q$  gleich null gesetzt wird:

$$K'(q) = -c_{los} \cdot y/q^2 + c_{lag} \cdot \tau/2 = 0$$

Durch Auflösen nach  $q$  ergibt sich die sogenannte Losgrößenformel:

$$q^* = \sqrt{2y \cdot c_{los} / \tau c_{lag}} = \sqrt{2\beta c_{los} / c_{lag}}$$

Daraus resultieren ohne Berücksichtigung der sonstigen Kosten minimale relevante Kosten

$$K = K_{los} + K_{lag}$$

in Höhe von

$$K(q^*) = \sqrt{2y c_{los} c_{lag} \tau}$$

### 12.1.3 Kostenabweichungen

Die Kostenfunktion des Harris-Modells ist ziemlich robust gegen Abweichungen vom Optimum. Dies beruht auf dem flachen Verlauf der Kostenkurve  $K(q)$  in der Nähe des Kostenminimums. Für  $q = q^*(1 + \epsilon)$  erhält man durch Losgrößenformel folgende Beziehung für die relative Veränderung der relevanten Kosten  $K(q) = K_{los}(q) + K_{lag}(q)$  in Abhängigkeit von der relativen Abweichung  $\epsilon$ :

$$[K(q) - K(q^*)] / K(q^*) = \epsilon^2 / 2(1 + \epsilon)$$

Zu kleine Losgrößen führen dabei eher zu stärkeren Kostenabweichungen als zu große.

Diese Aussage setzt die losfixen Kosten  $c_{los}$  und den Lagerhaltungskostensatz  $c_{lag}$  als gegebene Werte voraus. Wegen des starken Opportunitätskostencharakters beider Kostenarten sind ungenaue Schätzwerte grundsätzlich kaum vermeidbar.

## 12.2 Erweiterte Harris-Modelle

Bei der Eigenproduktion eines Loses für ein Zwischen- oder Endprodukt werden die einzelnen Produkteinheiten in vielen Fällen nacheinander hergestellt. Somit vergeht einige Zeit von der Erzeugung der ersten Produkteinheit bis zur letzten. Werden die so erzeugten Produkte zunächst angesammelt und das Los im Sinne des einfachen Harris-Modells nur als Ganzes in das Lager (oder an die nächste Produktionsstufe) übergeben, so spricht man von *geschlossener* Produktion. Bei einer offenen Produktion werden die erzeugten Produkte unmittelbar nach ihrer Herstellung eingelagert (oder der nächsten Produktionsstufe übergeben), so daß außer dem Lagerabgang auch der Lagerzugang kontinuierlich erfolgt. Dabei ist die Produktionsgeschwindigkeit, welche die Lagerzugangsrate  $\alpha$  bestimmt, in der Regel größer als die Nachfragerate  $\beta$ , welche den Lagerabgang determiniert

Die wirtschaftliche Losgröße berechnet sich in diesem Fall gemäß folgender Formel:

$$q^* = \sqrt{2\beta c_{\text{los}} / (1 - \beta/\alpha)c_{\text{lag}}}$$

Die Formel für das einfache Harris-Modell ergibt sich aus dem Grenzfall eines unendlich schnellen Lagerzugangs ( $\alpha = \infty$ )

Realer Hintergrund eines solchen Falls kann ein Reduktionsbetrieb sein, z.B. eine unternehmenseigene Müllverbrennungsanlage für Sondermüll. Während eines Monats mit  $t$  Tagen wird der Müll kontinuierlich mit der konstanten Geschwindigkeit  $\alpha$  in das Eingangslager vor der Müllverbrennungsanlage angeliefert und dort gesammelt, bis die Verbrennungsanlage wieder eingeschaltet wird. Die gesamte Reduktionsmenge der Periode beläuft sich somit auf  $x = \alpha t$ . Die Verbrennung geschieht mit einer Geschwindigkeit  $\beta$ , welche der Lagerabgangsrate entspricht und höher als die Zugangsrate ist ( $\beta > \alpha$ ). Die Anlage ist damit nur zu einem Teil des Monats im Betrieb.

Das in einem ununterbrochenen Reduktionsvorgang der Dauer  $p$  beseitigte Los hat die Größe  $r = \beta p$ . Die jeweilige Inbetriebnahme verursacht unabhängig von der Losgröße  $r$  einmalige Rüst- und Anlaufkosten in der Höhe  $c_{\text{los}}$  [DM/Los]. Andererseits sind für jede Tonne Müll auf dem Lager pro Tag Kosten in der Höhe  $c_{\text{lag}}$  [DM/Tag/Mg] zu berücksichtigen. Für eine Optimierung der Losgröße müssen die auflagefixen Reduktionskosten gegen die bestandsabhängigen Lagerhaltungskosten abgewogen werden.

Für den höchsten vorkommenden Lagerbestand  $s$ , der sich bei leerem Lager in  $p$  Tagen ansammelt, gilt wegen  $r/(\sigma + p) = x/\tau = \alpha$ :

$$s/r = \sigma/(\sigma + p) = 1 - p/(\sigma + p) = 1 - (p/r)/(\tau/x) = 1 - \alpha/\beta$$

Es gilt außerdem für die losgrößenabhängigen monatlichen Kosten:

$$K(r) = c_{\text{los}} \cdot x/r + c_{\text{lag}} \cdot \tau/2(1 - \alpha/\beta)$$

Das Kostenminimum wird für  $K'(r^*) = 0$  bei folgender wirtschaftlichen Losgröße angenommen:

$$r^* = \sqrt{2\alpha c_{\text{los}} / (1 - \alpha/\beta)c_{\text{lag}}}$$

Der Unterschied zu der früheren Formel mit periodischem Lagerzugang und gleichmäßigem Lagerabgang besteht lediglich in der Vertauschung der Rollen der beiden Raten  $\alpha$  und  $\beta$ .

## 12.3 Mehrgütermodelle mit Kapazitätsrestriktionen

Bei mehreren Gütern kann die Festlegung der Losgröße eines Gutes die Losbestimmung anderer Güterarten beeinflussen. Von einer horizontalen Interdependenz spricht man, wenn Lose einer Produktionsstufe um dieselbe Engpaßkapazität konkurrieren. Dieser Engpaß kann eine Produktiveinheit (Maschine, Arbeitskraft), aber auch ein Lager sein.

### 12.3.1 Lagerraumengpaß

meiner Meinung nach unwichtig, da mit Lagrange-Multiplikation !!

### 12.3.2 Überschneidungsfreie Losfolgen

Mit der Losgröße wird für jedes Produkt auch seine sich zyklisch wiederholende Auflagepolitik festgelegt. Die Zykluslänge ist durch die Eindeckzeit  $t = (q(y)\tau = q/\beta$  eines Loses bestimmt. Häufig werden dabei von verschiedenen Produkten die gleichen Produktiveinheiten abwechselnd beansprucht (Wechselproduktion). Engpässe können sich dann dadurch ergeben, daß zu einem Zeitpunkt während der betrachteten Periode zwei oder mehr Lose dieselbe Produktiveinheit belegen wollen und diese zeitgleich nur jeweils ein Produkt herstellen kann. Plant man für jedes Produkt isoliert die wirtschaftliche Losgröße, so sind solche Überschneidungen der Losfolgen kaum zu vermeiden.

Das *Kapazitätsbelastungsprofil* gibt den zeitlichen Verlauf des Kapazitätsbedarfs und des Kapazitätsangebots wieder.

Die Abstimmung von Kapazitätsangebot und -nachfrage wird als *Kapazitätsabgleich* bezeichnet. Dazu muß das Angebot an die Nachfrage, die Nachfrage an das Angebot oder beides simultan angepaßt werden. (Anpassungsformen für das Kapazitätsangebot siehe L.11)

**F** siehe nun ein sehr gutes Beispiel auf S.323ff

**F** WICHTIG !!!!!

## 13 Dynamische Aspekte der Produktionsplanung und -steuerung (S.331)

### 13.1 Mittelfristige Erzeugnisprogrammplanung

Bei einigen Gütern schwankt die Nachfrage während dieses Zeitraumes zum Teil sehr stark, oft nach einem rhythmischen saisonalen Muster. Eine pauschale mittelfristige Gesamtplanung des Erzeugnisprogramms erweist sich dann als zu grob, da aus ihr nur Durchschnittswerte für die Teilperioden (Quartale, Monate, Wochen) abgeleitet werden können. Momentane Unter- und Überlastungen und daraus resultierende Lieferschwierigkeiten und Kostensteigerungen können mit

einem statischen Modell nicht abgebildet werden. Aus produktionswirtschaftlicher Sicht stellt sich die Frage, ob und wie die Nachfrage durch eine geeignete *Emanzipation* der Produktion von der Nachfrage befriedigt werden kann bzw. soll oder ob eine *Synchronisation* von Erzeugung und Absatz vorzuziehen ist.

### 13.1.1 Emanzipation der Produktion vom Absatz

Zur Beantwortung der Frage werden Hauptprodukte mit einem ähnlichen Nachfrageverlauf und einer ähnlichen Beanspruchung der wesentlichen Ressourcen, insbesondere der Engpaßkapazitäten, zu sogenannten Produkt- und *Erzeugnistypen*. Ein Erzeugnistyp umfaßt auf diese Weise Varianten oder Sorten einer oder mehrerer Erzeugnisarten, wobei die Gesamtquantität eines Typs durch eine passende Maßgröße gemessen wird. Durch eine solche Aggregation wird die Nachfrageschätzung erleichtert und die Produktionsplanung erleichtert.

Der gesamte Planungszeitraum muß nicht notwendig in gleich lange Perioden untergliedert sein. So kann es bei einer rollierenden Planung mit einem Planungshorizont von einem Jahr und einem vierteljährlichen Planungszyklus sinnvoll sein, das erste Halbjahr in kürzere Perioden zu unterteilen, z.B. in Monate, und für das zweite Halbjahr größere Perioden zu wählen, z.B. Quartale.

Da Nachfrageschätzungen naturgemäß unsicher sind, wird üblicherweise ein *Sicherheitsbestand* des Erzeugnistyps vorgesehen, der als Vorsorge zur Deckung überraschender Nachfrage und somit zur Vermeidung von Fehlmengen dient. Seine Höhe hängt von dem erwarteten Nachfrageniveau, von den möglichen Abweichungen, d.h. dem Schätzfehler, sowie von dem geforderten Lieferbereitschaftsgrad ab.

Der kumulierte Bedarf des Produktionstyps ist das mögliche Angebot aufgrund der verfügbaren Kapazität gegenüberzustellen. Dabei kann zwischen der planmäßigen Normalkapazität und etwaigen Zusatzkapazitäten unterschieden werden. Die *Normalkapazität* entspricht der in der normalen Arbeitszeit durch die planmäßig vorgesehenen Produktiveinheiten (Arbeitskräfte und Maschinen) herstellbaren Quantität des Produkttyps, eventuell korrigiert mittels Ausfallfaktoren um gewisse Erfahrungswerte für krankheits- oder störungsbedingte Ausfallzeiten.

Die kumulierten Werte der Normalkapazität geben die maximale Anzahl an, die erzeugt wird, wenn von Planungsbeginn an die Normalkapazität voll ausgelastet wird. Der senkrechte Abstand zwischen den beiden Kurven für die Normalkapazität und den Kapazitätsbedarf beschreibt im positiven Fall den aktuellen Lagerbestand, im negativen Fall die Fehlmenge.

### 13.1.2 Mittelfristiger Kapazitätsabgleich

Um die Nachfrage in einigen Perioden zu füllen, sind manchmal zusätzliche Produktionskapazitäten ins Auge zu fassen. Zusatzkapazitäten können beispielsweise durch Zusatzschichten, Überstunden, zeitliche Verlagerung von Instandhaltungsmaßnahmen oder Einsatz von Leiharbeitern geschaffen werden; sie sind regelmäßig mit überproportional wachsenden Kosten verbunden.

Bei ausreichender *Maximalkapazität* und zu befriedigender Nachfrage stellt sich im Sinne des starken Erfolgsprinzip die Frage, wie die Produktion zeitlich verteilt werden soll, um Kosten zu minimieren. Sofern die Preise für Material, Löhne und andere Fertigungsaufwendungen in allen Perioden gleich sind, stellen die diesbezüglichen Material- und Fertigungskosten eine fixe Größe dar, mit Ausnahme

der bestandsabhängigen Lagerhaltungskosten. Bei hohen Kosten der Zusatzkapazität kann es sich lohnen, Lagerhaltungskosten in Kauf zu nehmen, um den Bedarf mit normaler Kapazität früherer Perioden zu decken.

Um die optimale Lösung zu bestimmen, ist es zunächst sinnvoll, die Nachfrage jeder Periode mit normaler Kapazität so weit wie möglich zu erfüllen.

S.337 ??

## 13.2 Kurzfristige Materialeinsatzplanung

Nur das kurzfristige Erzeugnisprogramm für die Teilperioden vor dem nächsten Planungszyklus ist verbindlich und dient der detaillierten kurzfristigen Faktoreinsatz- und Ablaufplanung

### 13.2.1 Voraussetzungen der terminierten Bedarfsermittlung

Die Quantitäten für die jeweiligen Hauptproduktarten in den einzelnen Teilperioden definieren die Primärbedarfe des anstehenden Produktionszeitraums. Ihre Gesamtheit wird als (kurzfristiges) *Hauptproduktionsprogramm* bezeichnet.

Aus diesem Programm schließt man nun auf den Sekundärbedarf wichtiger Zwischenprodukte, Rohstoffe und Zukaufteile, im Prinzip wie bei der nicht-determinierten programmorientierten Faktorbedarfsermittlung in L.10 im Falle outputseitig determinierter Produktion. Wesentliche Unterschiede bei dynamischer Betrachtung liegen in der mehrperiodigen Untergliederung des Planungszeitraums unter Berücksichtigung von Lagerhaltung, in der Zusammenfassung der Nettobedarfe verschiedener Teilperioden zu jeweils einem Los eines Repetierfaktors (Betriebsauftrag bei Eigenfertigung bzw. Bestellmenge bei Fremdbezug) sowie in der Berücksichtigung der Durchlaufzeiten der Lose mittels Vorlaufverschiebung. Ein derartiges Vorgehen wird als *terminierte Bedarfsermittlung* bezeichnet.

Von einer *terminierten Faktoreinsatzplanung* - anstelle einer bloßen Bedarfsermittlung - kann man erst sprechen, wenn durch die Berücksichtigung beschränkter Kapazitäten der Potentialfaktoren auch die Realisierbarkeit der Betriebsaufträge gewährleistet ist, sei es von vornherein durch die Antizipation etwaiger Engpässe bei ihrer Planung oder aber im nachhinein durch einen sogenannten Kapazitätsabgleich.

### 13.2.2 Dispositionsstufenverfahren

Die Ermittlung des Bedarfs bei einer outputseitig determinierten Produktion erfolgt zweckmäßigerweise nach dem Dispositionsverfahren. Die *Dispositionsstufe* eines Zwischen- oder Vorprodukts entspricht dem längsten Weg im Gozinto-graphen von einem Endprodukt zu diesem Produkt. Endprodukte befinden sich definitionsgemäß auf der Stufe 0.

Für jede Dispositionsstufe, beginnend mit Stufe 0 bis zur letzten Stufe, werden nun für jedes Produkt dieser Stufe drei wesentliche Schritte durchlaufen:

- F** Ermittlung des terminierten Nettobedarfs
- F** Bestimmung der Losgrößen (Betriebsaufträge bzw. Bestellungen)
- F** Vorlaufverschiebung

Der *terminierte Nettobedarf*  $r_{N,kt}$  des Produktes  $k$  in der Teilperiode  $t$  ergibt sich aus dem Bruttobedarf  $r_{B,kt}$  und dem disponiblen Lagerbestand.

Der Bruttobedarf  $r_{B,kt}$  ergibt sich aus der Summe von Primärbedarf  $y_{kt}$  und Sekundärbedarf  $v_{kt}$

$$r_{B,kt} = y_{kt} + v_{kt}$$

Der Primärbedarf der ersten Teilperioden kann oft schon aus dem verfügbaren Lagerbestand oder durch offene, früher vergebene Betriebsaufträge der laufenden Produktion gedeckt werden.

Der disponible Lagerbestand resultiert aus dem physisch vorhandenen Bestand  $s_{kt}$ , vermehrt um etwaige noch ausstehende Zugänge, vermindert um den reservierten und den Sicherheitsbestand. Ein Nettobedarf liegt erst dann vor, wenn der Bruttobedarf den disponiblen Lagerbestand übersteigt:

$$r_{N,kt} = \max \{ r_{B,kt} - (s_{kt} - \sigma_{kt}), 0 \}$$

wobei  $s_{kt}$  der physische Bestand

$\sigma_{kt}$  der Sicherheitsbestand

$r_{B,kt}$  der Bruttobedarf                      bedeuten.

Im zweiten Schritt des Dispositionsverfahrens werden zu bestimmten Zeiten  $t$  die Nettobedarfe dieser Teilperiode sowie einer Eindeckzeit von  $\nu$  nachfolgenden Teilperioden zu einem Los zusammengefaßt (mit  $\nu \in \mathbb{N}_0$ )

$$q_{kt} = \sum_{t'=t}^{t+\nu} r_{N,kt'}$$

Dazu können für die Losgröße  $q_{kt}$  und die Lostermine  $t$  grundsätzlich ähnliche Überlegungen angestellt werden wie schon in L.12, hier jedoch mit dem Unterschied, daß Lagerab- und zugänge diskret zu den Periodenwechseln erfolgen und im Zeitablauf variieren.

**Richtlosgröße:** Vorgeschriebene Losgröße, die einzuhalten ist

**Eindeckzeitlosgröße:** In regelmäßigen Abständen von  $\nu$  Teilperioden wird ein Los in der Größe des jeweiligen Bedarfs der Zwischenzeit aufgelegt.

Die gebildeten Lose werden im dritten Schritt nach ihrer *Vorlaufverschiebung* um  $\tau_k$  Teilperioden als Betriebsaufträge oder Bestellungen terminiert.

Die Vorlaufverschiebung wird durch die Durchlaufzeit auf dieser Produktionsstufe bestimmt. Bei Fremdbezug wird sie durch die Lieferfrist, die bei der Festlegung de Bestellzeitpunktes zu beachten ist, festgelegt.

Aufgrund der Vorgehensweise beim Dispositionsstufenverfahren werden die Lose auf den einzelnen Dispositionsstufen sukzessiv gebildet. Die Losbildung einer Stufe bestimmt so unmittelbar die Sekundärbedarfe nachfolgender Stufen. Mittelbar beeinflusst sie dadurch die Losgrößen und damit auch die Kosten und die zeitliche Verteilung der Kapazitätsbelastungen der nachfolgenden Stufen. Diese Abhängigkeit bei der Losgrößenplanung wird als *vertikale Interdependenz* bezeichnet

### 13.3 Kurzfristiger Kapazitätsabgleich

Die vertikale Interdependenz bei der Losgrößenplanung beruht auf der innerbetrieblichen Leistungsverflechtung und existiert aufgrund ihrer Kostenwirkungen auch bei ausreichenden Kapazitäten. Bei knappen Kapazitäten kann eine ungeschickte Losgrößenpolitik nach dem Dispositionsverfahren außerdem zu unvorhergesehenen Kapazitätsengpässen auf den im Transformationsprozeß vorangehenden Produktionsstufen führen. Kapazitätsbedingte Abhängigkeiten können allerdings auch bei einer einstufigen Produktion vorkommen, wenn mehrere Produkte dieselbe Produktiveinheit beanspruchen. Eine solche Ressourceninterdependenz wird als *horizontale Interdependenz* der Losgrößenplanung bezeichnet.

Eine Anpassung der Kapazitätsnachfrage ist beispielsweise durch die zeitliche Verlagerung einzelner Lose in frühere Teilperioden mit freier Kapazität möglich, allerdings unter Beachtung vertikaler Interdependenzen und unter Inkaufnahme zusätzlicher Lagerhaltungskosten. Auch wegen der mit den Produktionsstufen zunehmenden Kapitalbindungskosten empfiehlt sich die Verlagerung von Betriebsaufträgen in der Regel eher für die Einzelteile als für die Baugruppe.

In beiden Fällen werden die Ergebnisse der vorläufig terminierten Bedarfsermittlung korrigiert und die Betriebsaufträge für die Repetierfaktoren endgültig terminiert. Gleichzeitig ist damit auch eine Terminierung des Kapazitätseinsatzes des Potentialfaktors verbunden, weshalb man allgemein von einer terminierten *Faktoreinsatzplanung* sprechen kann. Besser als die Korrektur durch einen nachträglichen Kapazitätsabgleich wäre eine terminierte Faktoreinsatzplanung, die die Kapazitäten der Produktiveinheiten schon bei der Ermittlung des Materialbedarfs berücksichtigt und so den Einsatz aller Faktoren simultan terminiert.

### 13.4 Weitere dynamische Aspekte

Die kurzfristige Terminierung des Faktoreinsatzes bezieht sich in viele Industriezweigen üblicherweise auf einen Horizont von mehreren Wochen mit den einzelnen Wochen als Zeiteinheiten. Eine solche Durchlaufterminierung wird auch als Grobterminierung bezeichnet, um sie von der Feinterminierung der Produktion zu unterscheiden, welche in einem Zeitraster von Tagen, Schichten oder auch Stunden erfolgt und dabei zum Teil nur einen Planungshorizont von wenigen Tagen hat. Bei dieser *aktuellen Ablaufsteuerung* geht es vornehmlich um die konkrete Maschinenbelegungs- und Reihenfolgeplanung.

Die aktuelle Ablaufsteuerung bildet zusammen mit den zuvor skizzierten dynamischen PPS-Aspekten, also der kurzfristigen Material- und Kapazitätsplanung sowie der mittelfristigen Erzeugnisprogrammplanung, die Hauptmodule von PPS-Systemen im Rahmen des operativen Produktionsmanagement.

Lagerbilanzgleichung: 
$$S_{kt} = S_{k,t-1} + X_{kt} + U_{kt} - Y_{kt} - V_{kt}$$

Lagerbestand einer Produktart k am Ende der Periode t  
 = Anfangsbestand + Fremdbezug + Eigernfertigung - Absatz - Eigenverwendung

Lagerabgänge =  $y_{kt} + v_{kt}$

Lagerzugänge =  $x_{kt} + u_{kt}$

Rest irrelevant

## 14 Resümee und Ausblick

kommt erst im Januar !!  
Frohes neues Jahr !

hier ist Ende !!!  
MB