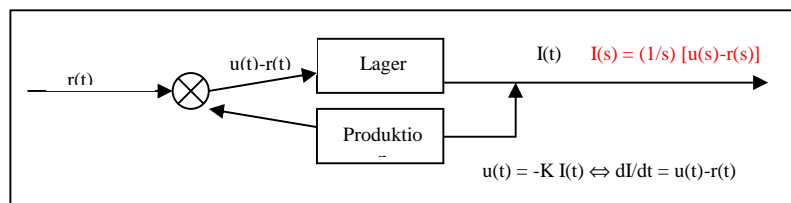


# Industrielle Produktionswirtschaft I

## 1. Systemtheoretische und Regelungstheoretische Ansätze

- System: System ist eine Menge von Relationen
- Systemstudie: Praxisnahe Vorgehensweise zur Optimierung:
  1. Aufstellen der Variablenliste
  2. Systemgrenzen, Optimierungsvariablen
  3. ZF formulieren
  4. Klärung der Abhängigkeitsstrukturen / Vereinfachungen
  5. Zuordnung zur Modellklasse
  6. Anwendung des Algorithmus/Heuristik
  7. Sensitivitätsanalyse / Parametrische Optimierung
  8. Übertragung in die Praxis
- **Systemübergangsfunktionen (SÜF):**
  - zielorientiertes System: trotz Störungen wird Zustand aufrechterhalten
  - stabiles System: endlicher Input  $\Rightarrow$  endlicher Output
  - Systemkonvergenz  $\Leftrightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} O(t) = \text{ex.}$
  - Regeln für Signalflußgraphen:
    - parallele addieren
    - negative subtrahieren
    - Reihen multiplizieren
    - Schlinge ( c um y ):  $z = (ab / (1-c)) x$
- **Laplace Transformation**
  - $L( f(t) ) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$  mit  $f(t) = 0 \forall t < 0$
  - Linearität
  - Ableitungen:  $L( f'(t) ) = s L( f(t) ) - f(0)$
  - Integrale:  $L( F(t) ) = (1/s) L( f(t) )$
  - Verzögerung:  $L( f(t-\lambda) ) = e^{-s\lambda} L( f(t) )$
  - Faltungssatz:  $L( f_1(t) * f_2(t) ) = L( f_1(t) ) L( f_2(t) )$
  - Endwertsatz:  $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s L( f(t) )$  und  $\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} s L( f(t) )$
  - Stationarität  $\Leftrightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$  existiert
  - Stabilität  $\Leftrightarrow$  keine Asymptoten auf positiver Halbebene
  - einfaches Lagerhaltungs-/ Produktionsmodell
    - $u(t) = -K I(t) \Rightarrow u(s) = -K I(s)$
    - $I'(t) = u(t) - r(t) \Rightarrow I(s) = (1/s) ( u(s) - r(s) )$
    - SÜF:  $I(s) = (-1/(s+K)) r(s)$



- **Sensitivitätsanalyse:**
  - $S_x^{\text{SÜF}} = (\partial \text{SÜF} / \text{SÜF}) * (x / \partial x)$

## 2. strategische Unternehmensplanung

### 2.1 Forschung und Entwicklung (F&E)

- Lebenszyklus von Produkten
- Einführungsdauer ⇒ Timelag zwischen F&E- Aufwendungen und Umsatz
- Lernkurven (Erfahrungskurve)
- Marktanteils-/ Marktwachstumsportfolio
- Prozeßinnovation (↔ Produktinnovation (hier nicht behandelt))
  - syst. Fehlerursachenauswertung
  - Prozeßoptimierung (Energie, Rohstoffe)
  - bessere Kombination von Bekanntem
  - „Ideenklau“ (aus anderen Bereichen)
  - Lizenznahme, Zusatzpatente
  - kreative Neuentwicklung ( ⇒ vgl. IRT)
- Auslöser:
  - Δ Preisrelationen („Ölpreisschock“)
  - Ressourcenerschöpfung
  - Gesetzgebung (z.B. REA)
- naturwissenschaftliche Grenzen (Masse > 0, Werkstoffgrenzen (aber: modifizierte, neue Werkstoffe), Thermodynamik, ...)
- Technologieführerschaft

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruf</li> <li>• Marktposition</li> <li>• Bestimmung von Standards</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pionierkosten</li> <li>• Nachfrageunsicherheit</li> <li>• Niedrigkosten-Imitationen</li> </ul>

- Entwicklungsprognosen:
  - **Pearl- Kurve:**
    - $y = \frac{L}{1 + a e^{-bt}}$
    - Wendepunkt: (  $t = (\ln a)/b$  ;  $y = \frac{1}{2}L$  )
    - bei Abh. Vom bisherigen Einsatzgrad und vom zukünftigen Entwicklungspotential
    - Linearisierung:  $z = \ln \left( \frac{L}{y} - 1 \right)$ ;  $a = e^\alpha$  ;  $b = -\beta$  (  $\alpha, \beta$  aus KQ- Ansatz)
  - **Gombertz- Kurve:**
    - $y = L e^{-b e^{-kt}}$
    - Wendepunkt: (  $t = (\ln b)/K$  ;  $y = L / e$  )
    - keine Abhängigkeit vom bisherigem Einsatzgrad
    - Linearisierung:  $z = \ln \left( \ln \left( \frac{L}{y} \right) \right)$ ;  $k = -\beta$  ;  $b = e^{-\alpha}$  (  $\alpha, \beta$  aus KQ- Ansatz)
- Base-10-Pearl- Kurve
- Fischer-Pry-Kurve
- Volkswirtschaftlicher Ansatz ⇒ führt nicht weiter
- Brockhoff

- **Nutzwertanalyse**
  - Nachteile
    - F&E ist Lernprozess: ex ante Ziel nicht eindeutig
    - subjektive Bewertung
    - Interdependenzen von F&E Projekten
    - „Mehrwissen“ bei bestehenden Projekten kann nicht berücksichtigt werden
- Controlling
  - Technologie-Portfolio
    - Technologieattraktivität ↔ Ressourcenstärke
  - Clusteranalyse
  - Bewertung von F&E-Aktivitäten
    - technisch (Erfahrung auf Technologiefeld, Flexibilität, Ressourcenbeanspruchung, Synergieeffekte, ...)
    - ökonomisch (Kapitalrückfluß, Marktwachstumspotentiale, Lebenszyklen (vorh. Prod.), Wettbewerbssituation, ...)

## 2.2 Standortwahl

- volkswirtschaftliche StO-Planung
- innerbetriebliche StO-Planung (Layoutplanung)
  - bei Neugestaltung, Umstellung oder Erweiterung
  - meist Werkstattfertigung
  - min Transportleistung (= Menge \* Entfernung)
  - Annahmen:
    - potentielle StO bekannt (Planquadrante; Fluchtwege, sonst Beschränkungen, wie Fundament, Höhe, Wärme beachten)
    - Entfernungen bekannt (Wahl der Metrik)
    - Transportmengen ( aus PP)
    - Transportkosten (bekannt und prop. zur Entfernung)
  - → quadratische Zuordnungsprobleme oder Graphentheorie
- betriebliche StO-Planung
  - Motive:
    - Produktionskapazitäten (Erweiterung oder Schließung)
    - Modernisierung (techn. / logistisch)
    - Zusammenlegung (Kosteneinsparung)
    - Verschiebung der Nachfrage, Erschließung neuer Märkte, Handelsbeschränkungen
    - Just-in-Time
  - Standortfaktoren:
    - qualitativ (Lage, Erweiterungsmöglichkeiten, Anbindung, Arbeitskräftemarkt, Kaufkraft, Konkurrenzsituation, Infrastruktur, ...)
    - quantitativ (Transportkosten, Grundstückspreis, Baukosten, Personalkosten am Ort, Beschaffungskosten, Förderungen, Steuern,...)

- betriebliche Zusammenhänge
  - Anzahl der StO
  - Produktions- und Fertigungstiefe
    - Integrationsstrategie (Erweiterung der Wertschöpfungsstufen)
    - Konzernstrategie (Outsourcing)
  - Produktionsbreite (Anz. versch. Prod.)
  - Technik
  - gesetzliche Rahmenbedingungen
  - Marktöffnung wegen Importbeschränkungen (z.B. USA)
- Bewertung
  - qualitativ: Nutzwertanalyse, Scoring-Modelle
  - quantitativ: Break-Even-Analyse, Investitionsrechnung, LP, Rentabilität ( Steuersatz (Um-Ko) / Inv )
  - KO-Kriterien
- Modelle
  - WLP (Warehouse-Location Problem)
    - à diskretes gemischt-ganzzahliges LP, siehe IP3, EAPW, OR
  - Zentrenprobleme (z.B. Schulen, Feuerwehr)
    - à Graphentheorie
- Standortbestimmung in der Ebene (Weber'sches Standortmodell)
  - Annahmen:
    - homogenen Fläche (Ebene)
    - jeder Punkt potentieller StO
    - Metrik als Abstandsmaß
  - euklidischer Abstand (Pipelines)
  - Manhattan Metrik
  - Hilfsmittel: Varignonscher Apparat
  - Kritik:
    - transportkostenminimal statt kostenminimal
    - geographische Strukturen unberücksichtigt
    - fixe Transportkosten je ME und km
    - nur ein StO möglich
    - Sterntransport (Belieferung direkt vom StO)
    - 1 Produkt und 1 Transportmittel
    - StO realisierbar? (See, Bergspitze)
- **Tripelalgorithmus**
  - Transportkosten/ -zeiten  $\Rightarrow c_{ij} = c_{ik} + c_{kj}$
  - Transportsicherheit  $\Rightarrow c_{ij} = c_{ik} * c_{kj}$  mit  $c_{ij} \in [0, 1]$
  - Bewertungsmatrix  $C^0$  (Kosten):  $c_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{falls } i = j \\ c_{ij}, & \text{falls } i \neq j \wedge (i, j) \in E \\ \infty, & \text{falls } i \neq j \wedge (i, j) \notin E \end{cases}$
  - Vorgängermatrix  $U^0$ : direkter Vorgänger

- **Modell von Alcouffe**
  - $\min (TK + PK) = \min ( \sum \sum t_{ij} d_{ij} + \sum \delta_i p_i(x_i) )$
  - u.d.N.  $\delta_i \in \{0,1\}$ , Nachfragebefriedigung, vollst. Abnahme
  - Ann.: lineare Kostenfunktion:  $p_i(x_i) = a_i + b_i x_i$
  - Vorgehen: Kostenmatrix  $c_{ij} = K_i^{var} + K_{ij}^{Tr}$   
 $\rightarrow$  opt. StO Kombinationen durch Systematisches Eliminieren von StO
  - *Satz von Alcouffe*  
werden durch Elimination eines StO, die GK größer  $\Rightarrow$  Weg nicht weiter verfolgen
- Spezielle Planungsverfahren
  - Produktionskapazität & StO  
Bsp. Mineraldünger:  $K_{ges} = m_p^{0,6} + m_p^{1,5}$  mit  $m_p$ : produzierte Menge
  - Verkehrsnetz & StO  $\rightarrow$  Graphentheorie
  - Standortverteilung  $\rightarrow$  dynamische Programmierung

### 3. Transportprobleme

- Transportkosten
  - Bahn
    - produktabhängig, kompliziertes Tarifgefüge
    - keine fixen spezifischen Transportkosten
  - Straße
    - Güterfern-  $\leftrightarrow$  -nahverkehr
    - KURT - Richtpreistabelle
  - Binnenschifffahrt
    - haupts. Rheinachse
    - Unterscheidung Berg- und Talfahrt
    - Mindestwasserstand K.O.Kriterium
  - Hochseeschifffahrt
    - Kosten zeitabhängig
    - politische Schwankungen
    - Alternative: Küstenmotorschiff
  - Rohrleitungen
    - Gase, Flüssigkeiten, auch: Feststoffe (z.B. Kohle)
    - hohe Investitionskosten
  - Freileitungen
    - für Energie (Strom)
- Optimierung
  - Transportkettenauswahl
  - Transportmittel (Auslastung)
  - Umsatzraten, Umschlagleistung
  - Ladeeinheiten
  - Vermeidung von Leerfrachten
  - Zusammenhänge Produktionstechniken und Transportwesen (z.B. Rohstoffart und Stromerzeugung)
  - Eigenerzeugung vs. Fremdbezug

- **Goal Programming**

- konkurrierende Probleme
- Zielgewichtung
- min Abweichung von Goals:  $\min [ \sum ( \alpha_i d_i^- + \beta_i d_i^+ ) ]$
- zus. N.B. :  $v_i = f_i(x) + d_i^- - d_i^+$  mit  $v_i$  Vorgabewert
- Vorteile: rel. einfach, mehrere Ziele, linear, Sensitivitätsanalyse einfach
- Nachteile: subj. Präferenzordnung erforderlich

#### 4. Beschaffung

##### 4.1 Bedarfsermittlung

- Potentialfaktoren (dauerhaft)
- Repetierfaktoren (werden verbraucht)
  - Rohstoffe, Einzelteile, Baugruppen
  - Hilfsstoffe
  - Betriebsstoffe
- Nettobedarf =  $\max \{ \text{Bruttobedarf} - \text{verfügbarer Bestand}, 0 \}$
- programmorientierte Bedarfsermittlung
  - LGS Ansatz:  $m_b = (E-A)^{-1} m_p$  mit  $m_b$  = Bruttobedarf,  $m_p$  = Primärbedarf
  - deterministisch, aus PP
  - meist nur Sekundärbedarf
  - Stücklisten oder Rezepturen
    - Baukastenstücklisten
    - Gozinto-Liste
  - Stücklistenauflösung
    - **Dispositionsstufenverfahren**
    - **Fertigungsstufenverfahren** (Gozintolistenverfahren)
  - Prozeßindustrie, wg. Stoffströme, nicht ganzzahlig, Kuppelproduktion/Verflechtung
  - Sonderfälle
    - projektorientierte Bedarfsermittlung
    - prozeßorientierte Bedarfsermittlung (z.B: Schmieröl pro Maschinenstunde)
  - Nachteile
    - Aufwand für Stücklisten
    - Rechen- und Speicheraufwand
    - Stücklistenerstellung teilweise zu spät
  - **Gozinto Graph**

- verbrauchsgebundene Bedarfsermittlung
  - stochastisch
  - aus Prod. der letzten Periode
  - meist Tertiärbedarf
  - Nachteile
    - Lagerhaltungskosten für SB
    - Risiko fehlerhafter Prognosen
  - Horizontalmodell
    - $y_t = a + u_t$
    - Schätzer:  $\hat{d} = (1/k) \sum y_t$  (Mittelwert)
    - **exponentielles Glätten**
      - $\hat{d} = \alpha \sum (1-\alpha)^t y_{k-t}$  mit  $\alpha \in [0,1]$
      - Problem: Wahl von  $\alpha$ ,  $\alpha$  groß  $\Rightarrow$  stärkere Gewichtung der neuesten Entwicklungen, aber auch Zufallsschwankungen
  - Trendmodell
    - $y_t = a + bt + u_t$
    - Schätzer:  $\hat{d} = (1/k) \sum y_t$  (Mittelwert)
    - **exponentielles Glätten 2. Ordnung**
      - $\hat{d} = 2 D_k - D_k^{(2)}$ ,  $\hat{b} = D_k^{(2)} - D_{k-1}^{(2)}$   
 mit  $D_k = \alpha y_k + (1-\alpha) D_{k-1}$   
 $D_k^{(2)} = \alpha D_k + (1-\alpha) D_{k-1}^{(2)}$
  - Saisonmodell
- ABC Analyse ( $\hat{a}$  BWL) zur Auswahl progr./bedarfsgeb. Bedarfsermittlung

#### 4.2 Bestellmengenplanung

- statische Modelle
  - klassisches Modell
    - **Harris- Andler**  
entscheidungsrelevante Kosten (ohne Geschwindigkeit):  
 $K(x) = LK + BK = \frac{1}{2} pqx + MF/x$   
  
Losgrößenformel:  $x_{opt} = \sqrt{\frac{2MF}{(1 - \frac{s}{z})pq}}$  (mit Geschwindigkeit)
    - mit: M= Gesamtbedarf, F= Bestellfixkosten, p= Stückpreis,  
q= Lagerhaltungssatz, s= Lagerabgangsrate, z= Lagerzugangsrate
  - Erweiterungen des klassischen Modells
    - **Mengenrabatte** (Sprung in Gesamtkostenfunktion)
      - durch Gesamtkostenvergleich der jew. opt. Menge
    - **bevorstehende Preiserhöhung**
      - Ansatz:  $x' = x_0 + (\Delta p/p) (x_0 + M/q)$  mit  $x_0 = x_{alt}^{opt}$
- dynamische Modelle
  - Annahmen
    - Bedarf bekannt (für  $t=0, \dots, T$ )
    - Bedarf, Anlieferung jeweils zu Periodenbeginn
    - keine Fehlmengen zulässig

- **Zäpfel**
  - Bestell-, Beschaffungs-, Lagerkosten variabel in Periode
  - Losgröße (Bestellmenge) am Anfang von t:  $x_t$
  - Lagermenge am Anfang von t+1:  $y_{t+1}$
  - Bedarf in t:  $b_t$
  - Bestellfixkosten:  $F_t$
  - Beschaffungskosten pro Stück:  $h_t$
  - Lagerhaltungskosten pro Stück:  $l_t$
  - Bestell- und Beschaffungskosten:  $H_t(x_t) = F_t + h_t x_t$  für  $x_t > 0$
  - Lagerkosten:  $L(y_{t+1}) = l_t y_{t+1}$
  - Bestimme  $\forall t = (1, \dots, T)$ :  $f_t(y_{t+1}) = \min \{(H_t(x_t) + L_t(y_{t+1}) + f_{t-1}(y_{t+1} + b_t - x_t))\}$
  - Optimum durch Rückwärtsrechnung
- Wagner-Whitin (wie Zäpfel, nur andere Schreibweise)
- Heuristiken ( $\hat{a}$  IP3)

#### 4.3 Lagerhaltungspolitik

- Lagerfunktion:  $L(t) = L_0 + \int [Y(r) - X(r)] dr$  mit  $Y =$  Inputfunktion,  $X =$  Outputfkt.
- Lagerarten: Rohstoff-, Hilfs- und Betriebsstoff-, Werkzeug- und Ersatzteil-, UFE-, FE-, Absatzlager
- Lagerhaltungsmotive
  - Ausgleichs- /Pufferfunktion
  - Sicherungs- /Vorratsfunktion
  - Assortier- und Darbietungsfunktion
  - Spekulationsfunktion
  - Veredlungs- /Produktionsfunktion
  - Entsorgungsfunktion
- konkurrierende Ziele:
  - Maximierung des Lieferbereitschaftsgrades (Servicegrad)  $\hat{U}$  Kostenminimierung*
- Lagerdispositionsverfahren
  - **(s,q) Politik** (fixe Menge q, variable Bestelltermine t)
- Just-in-Time (JIT)
  - sinnvoll, wenn Verhältnis UV/AV hoch
  - Absicherung: z.B. 30% klass., 70% JIT
  - 1 (max. 2) Lieferanten mit Partnerschaft statt Konkurrenz
  - für A Produkte mit hoher Vorhersagegenauigkeit ( evtl. C Produkte mit stetigem Verbrauch)
  - $\Rightarrow$  geringe Kapitalbindung, aber sicherstellen, daß Produktion nicht gestört wird

4.4 Lieferantenauswahl

- Kriterien:
  - Preis (inkl. Rabatte, Boni, Skonti, Lagerhaltungskosten, Versicherung, Transport, Konditionen)
  - Lieferanteninteresse
  - Qualität (Funktionstüchtigkeit, Toleranzen)
  - Liefertermin, - geschwindigkeit
  - Zuverlässigkeit (Termin, Qualität, Menge)
  - Erfahrung (Referenzen, Abhilfe bei Störungen)
  - Kundendienst
  - Ruf
  - Finanzkraft (auch: Gegengeschäfte bei Rezession)
  - verbundenes Unternehmen
  - Kommunikationsgüte mit Lieferanten
- Modelle
  - Nutzwertanalyse (s. auch BWL)
    - Vendor Rating: Zeit, Qualität, Service → Abweichungen  
⇒ korrigierter Einstandspreis  $p = p_0 (1 + \sum \text{Abwasser.koeff.})$
    - Scoring Modell ( eigentliche NWA)
  - Checklistverfahren (→ IRT)
  - Bid evaluation (Kostenvergleich)
- Verhandlungsspielraum
  - Ermittlung von Preisobergrenzen
  - Preisstrukturanalyse
- Eigenerzeugung / Fremdbezug (max Ge)

Zukauf	Eigenerzeugung
§ Patente bestehen	§ Produkte nicht erhältlich
§ Kosten	§ Kosten
§ Qualität	§ Qualität
§ Voll-/Überbeschäftigung abbauen	§ Auslastung bei Unterbeschäftigung
§ Absatzvorteile	§ Absatzvorteile
	§ geringere Bereitstellungsrisiken
	§ Einfluß ausweiten

## 4.5 Qualitätssicherung

- Qualität := Gesamtheit der Merkmale, die Produkt oder Dienstleistung zur Erfüllung vorgegebene Forderungen geeignet macht
- obj.  $\Leftrightarrow$  subj. Qualität
- materielle  $\Leftrightarrow$  ideelle Qualität
- rationale  $\Leftrightarrow$  irrationale Qualität
- Gliederung der Qualitätssicherung
  - Qualitätsplanung
    - extern (Kundensicht)
    - intern (technologisch möglich)
  - Qualitätssteuerung
    - Qualitätsprüfung (erfüllt Forderungen?)
    - Qualitätsanalyse (techn. + organisat. Maßnahmen)
- Total Quality Management (TQM)
  - von Vorleistungs- über Prozeß- bis Ergebniskontrolle
  - Kostenfaktor „sicher“ und „günstig“
- **Stichprobenpläne**
  - einstufig
    - Binomialverteilung (als Näherung der hypergeometrischen Vtlg.)
$$P_{n,c} = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$$
    - Fehler 1.Art (Hersteller-/Lieferantenrisiko)  
meist  $\alpha = 0.05 \Rightarrow$  Annahmegrenze
    - Fehler 2.Art (Konsumentenrisiko)  
meist  $\beta = 0.05 \Rightarrow$  Ablehnungsgrenze
  - zweistufig, sequentiell
- Qualitätskosten
  - Fehlerverhütungskosten (z.B. Kosten für WA, Schulung)
  - Prüf- und Beurteilungskosten (z.B. Kosten für Prüfgeräte)
  - Fehlerfolge- und -beseitigungskosten (z.B. Garantieleistungen)