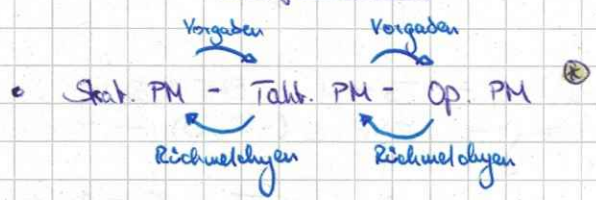


Zsf OPM

Algemeines:



Konzeptionelles Rahmen: ↳ + PRS-Gestaltung / Potential- / Prozess -

↳ >> Produktionsplanung & -steuerung hat die Aufgabe, auf Grundlage vorliegendes & erwarteter AUFTRÄGE den Produktionsablauf unter mengenmäßigen & zeitlichen Aspekten und unter Beachtung der Kapazitäten PLANEN, VERANLASSEN, ÜBERWACHEN und bei Änderungen gemäß der Zielsetzung GEGENZULENHEN. «

- Zeitliche Belegung von Info-flüssen in PRS-Systemen zwischen Nachfrageprognosen, Programmplanung, Materialbedarfs-ermittlung, Termin- & Kapazitätsplanung & Ablaufplanung.
- Ziele & Planungen differenzieren sich über die primären Stufen

Nachfrageprognose:

GRUNDLAGEN:

- 1) Ausgangspunkt sind Nachfragen der Vergangenheit
- 2) Nachfragewerte = ZEITREIHEN
- 3) Zeitreihenanalyse ist wie die Extrapolation aus V-Daten
- 4) Untersuchung ob Beobachtungen im Zeitablauf Mustern folgen

MUSTER:

- a) Trend = einem Verlauf folgend (↗ ↘) ohne Schwankungen ↳ (Nicht) linear !!
- β) Saisonale Schwankungen kommen periodisch (t ≤ 1 Jahr)
- γ) zyklische Schwankungen (t ≥ 2 Jahre, Konjunktur)
- δ) zufällige Schwankungen (ohne Muster erkennbar)

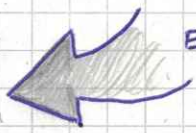
FEHLER:

$$\left. \begin{array}{l} \text{abs. Fehler (F)} = x_t - \hat{x}_t \\ \text{abs. Fehler (AF)} = |F_t| \\ \text{mitt. abs. Fehler (MAF)} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n |F_t| \end{array} \right\} \text{exp. Fortsch. : } \left. \begin{array}{l} \text{ENF} = \beta \cdot F_t + (1-\beta) \cdot \text{ENF}_{t-1} \\ \beta \in [0,1] \text{ Glättung / Einfluss auf } \end{array} \right\}$$

Trending Signal:

$$TSE = \frac{\text{ENF}_t}{\text{ENAF}_t}$$

↳ kein struktureller Prognosefehler vor pos. neg. F. gleichen sich aus



$$\text{ENAF}_t = \alpha \cdot |F_t| + (1-\alpha) \cdot \text{ENAF}_{t-1}$$

→ Zeitreihe folgt linearem Trend mit zufälligen Schwankungen (irreguläre Komponente - unabh.)

$$\hookrightarrow \hat{B}_k = \hat{a} + \hat{b} \cdot k + \epsilon_k \quad [N(0, \sigma^2) \text{ zufällig / irreguläre Komponente}]$$

→ Einfache lineare Regression: Minimierung der Summe der quadrierten Abstände zwischen den tatsächlichen Beobachtungen von Trendgerade

$$SAR = \sum_{k=1}^n (B_k - \hat{B}_k)^2 \rightarrow \text{Min!}$$

Trading Signal:

- Grenzwerte Unterschätzung $\rightarrow TS \rightarrow 1$ ENF & ENAF
- " Überschätzung $\rightarrow ENF \in (-\infty, 0) \rightarrow TS \in (-\infty, 0)$

↳ Faustregel: $\alpha = \beta = 0,1$ $\hookrightarrow TS \in [-0,5, 0,5]$

Variance bzw. Streichungsanalyse:

- Ziel: Beurteilung des Anpassung **Tendenz** $\rightarrow$ emp. Nachfragerwerte
- Betrachtung von σ : Einfache gl. σ : $\bar{B}_{t,u} = \frac{\sum_{k=t-u+1}^t B_k}{u}$

mittlere quadr. Abweichung



Streichungen:

Gesamt: $\sum_{k=t-u+1}^t (B_k - \bar{B}_{t,u})^2$ $f_{GA} = u-1$ $\left(\frac{GA}{f_{GA}}\right)$

Unschärfe: $\sum_{k=t-u+1}^t (B_k - \hat{B}_k)^2$ $f_{\bar{u}} = u-2$ $\left(\frac{\bar{u}}{f_{\bar{u}}}\right)$

Erklärt: $\sum_{k=t-u+1}^t (\hat{B}_k - \bar{B}_{t,u})^2$ $f_{EA} = u-1$ $\left(\frac{EA}{f_{EA}}\right)$

FLG:
der wach Beobachtungswerte
→ evtl. Parameter die auf
0 evtl. Werten laien

↳ Bestimmtheitsmaß:

- Dimensionslos
- Misst Anteil des Gesamtvariation, die durch Regression erklärt wird

adjustiert $R^2 = 1 - \frac{UA}{GA} = \frac{EA}{GA}$

- $\in [0, 1]$
- je $\oplus$ desto bessere Anpassung
- $R^2 > 0,5$... trendförmeres Verhalten

$R^2_{Adj} = 1 - \frac{n \cdot UA}{n \cdot GA} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-2}\right) \cdot \frac{UA}{GA}$

↳ Korrelationskoeffizient:

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{\frac{EA}{GA}}$$

↳ Standardfehler:

$$S = \sqrt{\frac{\bar{u}}{f_{\bar{u}}}}$$

↳ Regressionsfunktionen:

EXPONENTIAL:	$B_u = a \cdot e^{b \cdot u}$	$\left\{ \begin{array}{l} B_u^* = \ln(B_u) \\ B_u^* = \ln(B_u) \oplus u^* = \ln(u) \\ u^* = \ln(u) \\ u^* = \frac{1}{u} \end{array} \right.$
POTENZ:	$B_u = a \cdot u^b$	
LOGAR.:	$B_u = a + b \cdot \ln(u)$	
HYPERBEL:	$B_u = a + \frac{b}{u}$	

Saisonale Schwankungen:

- Zeitreihe folgt einem durch Saisonlagen bedingten Trend
⊕ saisonale Schwankungen

Modell: $B_t = (a + b \cdot t) \cdot S_t \cdot \epsilon_t$

Saisonkomponente
Trendkomponente (zu jedem t neu)
zufällige Komponente

Wobei: $\hat{S}_{t+j-c} \quad | \quad c = \# \text{Saisonperioden} \quad | \quad j = 1 \dots c$

↳ Nutzen des ZENTRIERTEN gleitenden Ø zur Trennung S_t & ϵ_t

$$D_{t,u}^z = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot u + 1} \cdot \sum_{j=t-u}^{t+u} B_j & | \quad u = \frac{n-1}{2} \text{ für ungerade } n \\ \frac{1}{2u} \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot B_{t-u} + \sum_{j=t-u+1}^{t+u-1} B_j + \frac{1}{2} B_{t+u} \right\} & | \quad u = \frac{n}{2} \text{ für gerade } n \end{cases}$$

⇒ u = Anzahl der Perioden nach welcher sich S_t wiederholt

↳ Ermittlung der relevanten Parameter:

- ① $\hat{S}_t^v = \frac{B_t}{D_{t,u}^z} / B_t - D_{t,u}^z$ vorläufigen Saisonfaktoren
↳ Damit Beseitigung des Zeitreihe von den saisonalen Schwankungen
- ② Ø der Saisonfaktoren pro Quartal
- ③ Normalisierungsfaktor: $NF = \frac{\# \text{Perioden}}{\sum \hat{S}_t^v} \text{ (mult)} // \frac{\sum \hat{S}_t^v}{\# \text{Perioden}}$
- ④ $\hat{S}_t^u = \hat{S}_t^v \cdot NF$
- ⑤ $B_t^{se} = \frac{B_t}{\hat{S}_t^u} / B_t - \hat{S}_t^u$
- ⑥ Regression auf Basis von B_t^{se}

Grundmodell des OPM:

- Empirisch, statisch
- 3 Alternativenprobleme
- Gewinnmaximierung
- Gewinn = Umsatz - Kosten
- Preise & var. Stk.-Kosten konstant (x Verkauf-/Herbringmenge)
- Engpass gemeinsam für ≥ 2 Produkte

ZF:	$G = \sum_{j=1}^J g_j \cdot x_j \rightarrow \text{Max}$	... Maximierung des Gesamt-DBS
NB'en:	$\sum_{j=1}^J a_{ij} \cdot x_j \leq T_i$	... Kapazitätsrestriktionen
	$x_j \leq A_j$	... Absatzerestriktionen
NNB:	$x_j \geq 0$	... NNB

► Mehrperiodige Produktionsprogramme:



Ziel: Zeitliche Abstimmung Produktions- & Absatzmengen
 $\Rightarrow \Sigma$ aus Lagerhaltung- & Produktionskosten minimal

↳ **SYNCHRONISATION:** Produktionsmenge $\hat{=}$ Absatzmenge ($\forall$ Perioden)



↳ **ENANTZIPATION:** Produktionsmengen vorant!

hier entsteht Lagerbestand!

✱ Unterschiede:

- Einrichtung von Lager (Periodenabgleich)
- Antizipation des Prognose vom Absatzprogramm

↳ Lager führt zur Verschiebung der Perioden



Lagerbilanzgleichung:

$$x_{tjk} = x_{tjk-1} + x_{tjk} - r_{tjk}$$

$\nearrow$ Lagerbestand $\nearrow$ Prognose d. Absatzes
 $\nwarrow$ Produktionsmenge

⚡ Nachfrage & Stückkosten (wenn const.) nicht entscheidungsrelevant

↳ Zielfunktion: Minimierung des Lagerkosten
 Nebenbedingung:

- 1) Lagerrestriktion
- 2) Lagerbilanzgleichung
- 3) Lageraufzugsbedingung (Antizipation)

► Aggregierte Kapazitätsbestimmung:

• Zielfunktion: $\sum_{k=1}^K \bar{c}_k \cdot U_k \rightarrow \min$ [Überschunden]

Nebenbedingungen: $\sum_{j=1}^J e_j x_{jk} \leq E_{k\text{Kap}} + U_k \quad \forall k$ [persön. Kap.-Restriktion]
 $U_k \leq U_k^{\text{max}} \quad \forall k$

► Kapazitätsbestimmung einer knappen Ressource:

- Auftrags- & Bedarfsorte
- Σ Lagerort $\hat{=}$ Σ Nachfrage
- Transportkosten c_{ij}

Minimierung der Gesamttransportkosten.

knappe Ressource
 ↳ Transport-Problem

Ans. Belegungen: Produktion mit Normalkap. / Extrakap. / Fremdberg
 - Quellen -
 Produkt nach Frage
 - Senken -
 normale Produktionskosten / Lager / Fremdberg
 - Transportkosten -

▫ Hauptproduktionsprogrammplanung (HPP):

• Betrachtet alle Produktionssegmente mit ihren HAUPTergebnissen

- ① Dekontakte Programme für mehrperiodigen Zeitraum
- ② Die einzelnen Programme werden koordiniert:

HORIZONTAL: Aufteilung zw. Segmenten, welche das Gleiche können
 VERTICAL: Stufen des Prod.-Prozess werden berücksichtigt

↳ Detaillierung der Ergebnisse der aggregierten Planung

↳ ... Wochen ...
↳ ... Monate ...

$$\text{ZF: } K = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J k_{kj} \cdot x_{k,jk} + \sum_{u=1}^U \sum_{i=1}^I \bar{u}_i \cdot \bar{u}_{iu} \rightarrow \min!$$
↑ Lagerhaltung
↳ Überschappazitäten

NB: $x_{k,jk} = x_{k,jk-1} + x_{jk} - r_{jk} \quad \forall j,k$... Lagerbilanzgleichungen
Vorlaufzeit
 $\sum_{j=1}^J \sum_{k=0}^{z_j} f_{jk} \cdot x_{jk+2} \leq b_{iu} + \bar{u}_{iu} \quad \forall u$... Kapazitätsrestriktionen
 $\bar{u}_{iu} \leq \bar{u}_{iu}^{\max} \quad \forall u$... Max. Zusatzkapazität
 $x_{k,j0} = \bar{x}_{k,j0}$... Lageranfangsbedingung

NNB: $x_{jk}, x_{jk}, \bar{u}_{iu} \geq 0 \quad \forall j,k,u$

↳ „Planung der Hauptprodukte, allerdings auch noch Betrachtung der Belastung der Vorperioden mittels ②.“

▫ Materialbedarfsplanung:

• APP → Master Production Schedules → Materiellbedarfsplanung (MRP) → Sekundärbedarf & Primärbedarf

- ① BRB: Alle verkaufsbestimmten Mengen an End- / Halb- / Rohergebnissen & Verbrauchsmaterial
- ② NPB: BRB ohne Lagerbestände
- ③ SB: Materialmengen notwendig für Beschaffung & Produktion des NPB
- ④ TB: MRP-Betriebsstoffe, die nicht eindeutig einem Produkt zurechenbar sind

Graphische Darstellung:

a) GOZINTO-Graph:

- gerichteter, bewerteter, top. sortierter (Zyklusfreies) Graph
- Knoten $\hat{=}$ End-/Zwischen-produkten, Baugruppen od. Rohstoffen
- Pfeilbewertungen = Direktbedarfskoeffizienten

b) Mengenübersichts-Str:

- Einfache mengenmäßige Auflistung
- mehrstufig $\rightarrow$ kumulierte Menge aufnehmen

⊕ schnelles Überblick Gesamtverbrauch
⊕ Unklarheitsausgleich

⊖ wenig über Ereignisstruktur

c) Strukturstückliste:

- so jedes BG werden in der Folgezeile die direkt eingehenden Bestandteile mit Direktbedarfswerten geführt

⊕ hierarchisches Zusammenbau...

⊖ ... verloren bei komplexen Strukturen
⊖ BG & ET die in Vorgangsschritte eingehen, werden mehrfach erfasst

d) Bauteilstückliste:

- Liste enthält nur BG & ET die direkt eingehen
- für mehrstufigen Prozess mehrere Listen

Gozintoknotenverfahren:

- direkter Aufbau mit dem Graphen
- beginnend vom Endknoten
- Ende wenn alle Beziehungen berücksichtigt sind

Ans 1.) Listenbeginn: niedrigst indexierter Knoten, in den Pfeile münden

2.) Rechenabfolge: i = Index; V_i = Vorgangsanzahl; N_i = kumulierte Bedarfswerte

⚡ Kuppelproduktion: Normal einstufiger Pfeil mit negativer Bewertung

⚡ Unechte Rückkopplung:

- Höhere Produkte kann in niedrigere eingehen
- Rohstoffsubstitution
- 1.) analog oben
- 2.) ug. N_i zur Positionierung
- 3.) ug. zu Rohstoff vor Änderung

⚡ Echte Rückkopplung:

- Höhere Produkte muss in niedrigere eingehen
- Zum Beispiel Katalysator

⊗ SCHLEIFE

Ans Bruttobedarf - Nettobedarf = Rückfluss vom Endprodukt

! Achtung bei anderen Primärbedarfsarten auch Rückkopplung mitdenken!!

⚡ Achtung: auch Primärbedarfsarten des Schleifenanteils miteinander!!

• Verfahren von Vaarsanyi:

- Ausgang: Direktbedarfsmatrix: ($\neq$ Gieintograph)
 da die Teile in einem Einbaustoffen / Halbfabrikaten
 in ein nachfolgendes Halb-/Fertigfabrikat eingeht
- Werte auf HD = 0 $\rightarrow$ topologische Sortierung & Schleifenfrei
- diese Dreiecksmatrix

Ans Grundidee:

$$R = \underbrace{X}_{\text{Primärbedarf}} + \underbrace{D \cdot R}_{\text{Sekundärbedarf}} \Leftrightarrow R = B \cdot X$$

Ans Vorgehen:

- 1'en auf HD
- Unterhalb von 0'en
- Nutzen $b_{ij} = d_{ij}$ für alle Produkte in die keine zusammengeordnete Produkte eingeht
- Gänge Faktoren nach: $b_{ij} = \sum_{k=1}^{j-1} d_{kj} \cdot b_{ik}$

Ans Lagerbestand:

- einfach mit Direktbedarfsmatrix multiplizieren
- Dann von Gesamtbedarfsvektor abziehen

Ans Rückkopplung:

- einfach bei Invertierung berücksichtigen

• Verfahren von Tischer:

- Bruttogesamtbedarfsmatrix als Potenzreihe

$$(E - D)^{-1} = E + D + D^2 + \dots + D^{s-1} \quad | s = \text{\# Fertigungsstufen}$$

$$R = X + D \cdot X + D^2 \cdot X + \dots + D^{s-1} \cdot X$$

$$R = V_0 + V_1 + V_2 + \dots + V_{s-1}$$

Ans Schema mit Direktbedarfsmatrix, V_0 nennen (Primärbedarfe), $V_1 = D \cdot V_0$, $V_2 = D \cdot V_1$

$$\dots R = \sum_i V_i$$

Ans Lagerbestand: Bei erster „Belag“ abziehen

Ans Rückkopplung: Verwendung d. schleifenfreien Gieintographen (angepasste Bedarfe)

• Terminierte Bedarfsermittlung:

- Wenn statt Bedarfsermittlung nur nach Mengen auch ZEITLICHER BEDARFSANFALL relevant

NOTWENDIG...

- ... da jede Fertigungsstufe eine bestimmte Zeit beansprucht
- ... Teile & BG die erst später eingeht müssen nicht zu $t=0$ verfügbar sein
- ... verbundene Lagerbestände $\neq$ weniger Kosten

Annahmen:

- Produktionsprozess dauert auf jeder Stufe eine Zeiteinheit (auch T-Zeiten)
- geschlossene Fertigung

Vorgehen:

- α) Maximierung des Gewinns mit Lagerkosten 0
- β) Die Größe dieser führt zur Höhe des Bestellintervalls
- γ) Wenn Kosten $\neq 0 \Rightarrow$ keine Maximierung

- ! Umlage pro Umlauf separat **OHNE** kalkulieren!
- ! Eintragszeit als Anfang des nächsten "Tableaus"

Dispositionstufenverfahren:

Dispositionstufe = unterster Verwendungsstufe einer Gegenstands-komponente

$$u_k = \begin{cases} \max \{u_j\} + 1 & ; N_k \neq 0 \\ 0 & ; N_k = 0 \end{cases}$$

Menge an eingehenden Gegenständen

! Alle Hauptprodukte haben $u_k = 0$

! u_k = höchstem Weg im Gegenstandsgraphen von k bis Endprodukt (# Pfeile)

Kostenvergleich & Port-Period:

Stat. Modell: Bestellmenge opt (wenn) Lagerkosten = Bestellkosten

↳ Übertrag auf dynam. Fall

▷ Solange die Lagerkosten $>$ Bestellkosten, Einberufung der nächsten Periode in Bestellung

▷ Bestellmenge die zum Überschreiten führt wird nun bestellt

$$\rightarrow \sum_{t=l}^L (t-l) \cdot B_t \leq \frac{K_B \text{ od. } K_L}{K_L}$$

----- ! Beachtung von benötigten Vorlaufzeiten ! -----

Unzeitige Kapazitätsvergleich:

- CRP ... Capacity Requirements Planning
- Überlast ... vorauslagern (Lagerkosten $\neq 0$)
- nachlagern (Unklartermine enthalten $\neq$)

Vorgehen:

- 1) Eichtermine aus Losgrößplanung ($ET, BZ, \dots$)
 - 2) Arbeitspläne der Gegenstände (notw. AG)
- ↳ Transportvorgänge
↳ Bearbeitungszeit eines AG
↳ zu nutzbare Ressourcen

RAGIS

- (A) Für alle Aufträge { früheste, späteste } Stat. & Eichtermine
- (B) Zuordnung der Aufträge zu Ressourcen wenn Alternativen bestehen

! Annahme det. Zeiten ! oft überschulden...

Anforderung:
geschätzte Warte-
zeiten der Aufträge...

2.8. OPM

↳ Ressourcenallokation:

- 2-STUFIG
- 1) Beschäftigterminierung: Berechne Anfalls-/Endtermine ohne Ressourcenkapazität
 - 2) Vergleich zeitliche Verteilung Aufträge auf Ressourcen ~ Ressourcenkapazität



↳ Bei Überlastung:

unzulässiger Terminplan

↳ Versuch durch zeitl. Verschiebung Erlaubigkeit zu erzielen



MPN-Netzplantechnik:

- 'Metra-Potential-Method' (1957)
- Vorgangsnetzwerke
- Knoten = Abbildung zeitverbrauchender Vorgänge

↳ Anfalls- & Endzeitpunkte der Vorgänge (Vorwärts- & Rückwärtsrechnung)
 ↳ Reifereiten (SAG - FAG / SEZ - FEZ)
 ↳ Kritische Weg



Grundmodell:

ZF:
$$\sum_{t=FEZ_j}^{SEZ_j} t \cdot x_{jt} \rightarrow \min$$

↳ Minimiere Ende letztes Vorgang

NB:
$$\sum_{t=FEZ_j}^{SEZ_j} x_{jt} = 1$$

$j=1, \dots, J$ ↳ jedes AG 1x bearbeitet

Einhaltung der Vorgangsbeziehungen

$$\sum_{t=FEZ_h}^{SEZ_h} t \cdot x_{ht} \leq \sum_{t=FEZ_j}^{SEZ_j} (t - d_j) \cdot x_{jt} \quad h \in V_j$$

$$\sum_{j=1}^J k_{jr} \cdot \sum_{t=\max(0, FEZ_j)}^{t+d_j-1} x_{jt} \leq k_r$$

$$x_{jt} \in \{0, 1\}$$

nicht prüfungsrelevant!

↳ Ablaufplanung:

- auch "Maschineneinsatzplanung" Zuteilung von Aufträgen zur Arbeits-träger/Maschinen, mit Zielsetzung & Restriktionen

J = Aufträge
 R = Maschinen

a_j
 d_j
 $t_{j,i}$
 s_j
 $m_{j,i}$

... release date (meist = 0)

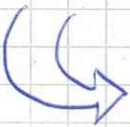
... due date of j

... Bearb. Zeit j auf i

... # AG in $A_{j,i}$ (... $A_{j,j}$)

... Maschine mit auch Zuordnung zu $A_{j,i}$

↳ entw. 1 AG oder 1 mit festes RF (AG-Folge)
 zeitl. RF des AG (Maschinenfolge)



AUFTRAGSFOLOGIE:

Zeitl. RF, in welcher die Aufträge auf Maschine i bearbeitet werden

↳ Konvention: ungleiche Maschine

↳ in Maschinenzuordnungsproblemen (Auftrags RF) sind zusätzliche Pfeile mit der Auftragsreihenfolge einzuzeichnen.

↳ Wenn zylinderfrei $\Rightarrow$ Balken/Gantt-Diagramm ($M \rightarrow T$ oder $A \rightarrow T$)

Massifikation:

... einheitliches Schema für det. Probleme ...

$[\alpha | \beta | \gamma]$

Maschinencharakteristika

$\alpha = \alpha_1, \alpha_2$

Maschinenart & Anzahl

- anordnung

$\alpha_1 = 1$

- $\alpha_1 = 0$ Eine Maschine
- $\alpha_1 = IP$ Id. parallele M.
- $\alpha_1 = UP$ Uniforme parallele M. (untersch. $\vec{v}$ oder A-unabh.)
- $\alpha_1 = HP$ Heterogene parallele M. (untersch. $\vec{v}$ oder A-abhängig)

$\alpha_2 = 1$

Auftragscharakteristika

... Unterechtheit, Nachlaufzeiten, RF, osh. Rüstzeiten

Zielsetzung

- Rüst-/Zeit/Versp./Lager-K $\rightarrow$ min!
 $\hookrightarrow$ % schwer zu gewichtbarisieren

- Ersatzziele...

① Durchlauf: F_j ... completion time
 W_j ... Wartezeit
 $U = DLE = F_j - d_j$

② Up-Ordnung: $Z = \max \{F_j\}$... Zykluszeit
 $L = Z - \sum_j t_j$... Leereit

③ Termin: $T_j = F_j - d_j$... + Tardiness
 $-$ Earliness
 $\dots \max V / \sum V / \max T - \text{Abw} \rightarrow \min$

Fließfertigung
 Werkstattfertigung

- $\alpha_1 = F$ Flow Shop
- $\alpha_1 = J$ Job Shop
- $\alpha_1 = O$ Open Shop

($\alpha_2 = m$; $V_A 1 \times V_M$, V_A id. RF; ent. id. ARF $\rightarrow$ Permutations Flowshop)
 (V_A in beliebigem festen RF; auch Mehrfach & Auslassung; % V_A genau $1 \times V_M$)
 (keine festen AGF & MF; $V_A 1 \times$ auf V_M ; ent. $t_j = 0$; egal welche RF)

Reihenfolgeplanung bei einer Maschine:

$[1 | \sigma_{jk} | 2]$

- Auf einer M. j Aufträge in vorgegebener Reihenfolge
- reihenfolgeabhängige Rüstzeiten
- Rüstzeit soll gesamt minimiert werden

↳ Formal entsteht ein TSP

Bedingungen:

- x_{jk} = Bsp., erfolgt Umrüstung von A_j nach A_k
- Es muss von jedem A einmal zu einem anderen umgerüstet werden
- Es muss zu jedem A einmal umgerüstet werden
- Aufteilung in S & T (mit max $|S| \leq 2$) ... mind. Eine Vertauschung:

Verfahren nach LITTLE:

- Fixierung von Var. durch Anordnen in Umrüstungsreihenfolge "C"
- Für jedes Teilproblem Relaxation... ohne Zyklusbeurteilung
- Bestimmung untere Schranke für optimale Lösung

$$\Rightarrow ZUG = \sum_{j=1}^J \bar{t}_j + \sum_{k=1}^K m_k$$

- ① (Erstellen) Reihenfolgeabhängige Rastermatrix
- ② Zeilenminima von Zeilen & Spaltenminima von Spalten abziehen bis in jeder Zeile & Spalte $\geq 1 \times "0"$
 - $\Sigma ZM/SM = \text{gefragte UG}$
- ③ Bewertung "0"en mit ② aus ZM/SM $\rightarrow$ Wahl mit größte Bewertung
- ④ Streichen Zeile/Spalte $\oplus$ Element des "Richtwegs"
- ⑤ In neuer Matrix prüfen ob alle ZM/SM ≥ 0 ... dann ③, alle zugewiesenes ⑥
- ⑦ Ende

▷ Flow-Shop: Prioritätsregeln:

- ~ Entscheidung welches wartende Auftrag als nächster bearbeitet wird
- ~ heuristisch
- ~ zur RF-Planung bei einer Maschine oder mehreren

→ FCFS // SPT // EDD // SRPT

DILEMMA DER ABLAUFPLANUNG

GUTENBERG:

- ⊕ Aufträge $\rightarrow$ ⊕ Kap-Auslastung
- $\rightarrow$ ⊕ Leerzeiten
- ⊖ ⊕ Wartezeiten
- ⊖ ⊕ DLZ

aus Minimierung Zykluszeit
Minimierung Wartezeit!

▷ 2 Maschinen: Johnson:

[FZ1 12]

- ~ Alle Aufträge Aggregate mit gleiches RF
- ~ Bearbeitungszeiten als RF Antezedent

Vorgehen: bekannt

Optimalität wenn mind. 1:

$$\begin{matrix} t_2^{\max} & & t_1^{\min} \\ t_2^{\max} & \leq & t_3^{\min} \end{matrix}$$

▷ 3 Maschinen: Lomnicki:

[PF31 12]

- ~ Alle Aufträge Aggregate mit gleiches Maschinenfolge
- ~ zusätzlich: identische Auftragsfolge

▷ Basiert auf Branch & Bound $\oplus$ auftragsorientiertes Branching ... d.h. dass alle Aufträge

▷ Für jeden Knoten 3 Branch, dann max

$$b_1 = q_1 + \sum_{j \in S'} t_{j1} + \min_{j \in S'} \{t_{j2} + t_{j3}\}$$

$$b_2 = q_2 + \sum_{j \in S'} t_{j2} + \min_{j \in S'} \{t_{j3}\}$$

$$b_3 = q_3 + \sum_{j \in S'} t_{j3}$$

$\rightarrow \min = B \Rightarrow$ Expansion d. geringsten Branch

NEH - Heuristik:

- ~ Permutations-Flow-Shop $\oplus (X)$ Aufträge $\& (X)$ Maschinen
- ~ Zykluszeit $\rightarrow$ min!

- I Ordne die Aufträge nach fallender Summe Bearbeitungszeiten
- II 1. & 2. Position $\Rightarrow$ RF mit $\min\{z\} \Rightarrow$ RF steht [JOHNSON]
- III nächster Auftrag $\Rightarrow$ für alle RF JOHNSON $\Rightarrow \min\{z\}$
- IV $p := u \Rightarrow$ STOP

! ein Fach, es programmieren
Rechenzeit LIBER mit Aufträgen

Verfahren von JACOBSON:

- ~ Min (Zykluszeit)
- ~ 2 Maschinen $\Rightarrow$ alle Aufträge beliebige Maschinenfolge

- Meingebildung:
- | | | |
|----------|-----|--|
| J_1 | ... | alle Aufträge die nur auf M_1 laufen |
| J_2 | ... | " " " " " " M_2 " |
| J_{12} | ... | " " " " " " M_1 dann M_2 durchlaufen |
| J_{21} | ... | " " " " " " M_2 " M_1 " |

- I Johnson: Anwendung Johnson für $[J_{12}, J_{21}]$ Achtung Tausch RF bei JOHNSON
- II Reihenfolgebildung: auf M_1 (J_{12}, J_1, J_{21})
auf M_2 (J_{21}, J_2, J_{12})

- III Zykluszeitberechnung mit GANTT

- $\oplus$ sehr kompakt
- $\oplus$ vgl. Johnson

Verfahren von HIES:

- ~ Min (Zykluszeit)
- ~ 2 Aufträge $\Rightarrow$ alle Aufträge beliebige Maschinenfolge

💡 An den Stellen alle M gleichzeitig... bei Konflikten wartet eine

- ↳ Lösungsfunktion: Grafik: Zeit (t_1) ~ Zeit (t_2) je mit Auftrag RF $\oplus$ Bearbeitungszeit
Konfliktfelder in gleichen Aufträgen

- Weg:
- Nur umschalt, nicht zurückfahren
 - horiz, vert oder 45°
 - möglichst kurz $\Rightarrow$ ger. Zykluszeit

$$Z = \frac{C_D}{12} + C_H + C_V$$

- $\rightarrow$ Wartezeiten (auftragsorientiertes GD)
- $\rightarrow$ Leerzeiten (maschinenorientiertes GD)

JOHNSON

▷ Shifting-Bottleneck Verfahren:

[7112]

~ Heuristik, mit Bestes Greedyverfahren für Job Shop (1988)

~ Schrittweise, jede Iteration Eingangsmaschine + RF für Maschine

↳ Folge von 1-Maschinen Problemen mit $k-2$ Nachlaufzeiten (SCHRÄGE)

↳ Vorgehen:

① Ermittle Eingangsmaschine $\in$ {nicht eingeplant}

② Bestimme Auftragsfolge mit $Z^{\min}$

③ $\rightarrow$ {eingeplant}

④ wenn {nicht eingeplant} $\neq \{\emptyset\} \Rightarrow$ ①

⑤ Ende

⇒ Grundidee: • Knackfälligkeit Maschinen je Bedienung der Aufträge
Ermittle VLZ „ t_j “ vor der t_j nicht beginnen kann
" NLZ „ t_j “

! Aktuelles Eingangs ist Maschine mit $Z^{\max}$

! VLZ der NOCH NICHT eingeplanten Maschinen AUTUALISIEREN

Bilden des unge-
ordneten Vektors
im ASAP-Verfahren

↳ SCHRÄGE:

• Ende Zykluslaufs wenn NLZ aller Aufträge abgelaufen

- Beginn mit schrittweiser Auftragsauswahl
- Aufträge können durch VLZ noch nicht eingeplant sein
- Eingeplant nach NLZ $^{\max}$
- Frühe Eingeplant großer NLZ

▷ Lot Streaming:



« Verzicht der DLZ von Losen indem gewisse Anzahl an Losen vor Ende der Bearbeitungszeit weitergegeben werden. (1966 & 1975) »

↳ Bilden von Sublots verringert DLZ

↳ Wenn ungleich groß noch mehr

↳ Variable ungleich groß am meisten

(Identisch)

(Konstant)

(Variabel)

} wenn Leerzeiten zwischen A erlaubt werden

→ Grenzen

! • an Ziel & Transportzeiten * Einsparungen

! • Maschinen tatsächlich verfügbar

! • Implementierung sehr leicht da nur operative Daten betroffen

KAPITEL 2

- Einfache lineare Regression
- Tracking Signal / Fehler etc. / Bestimmtheitsmaß
- Transformation & lineare Regression
- Schwanzen & Saisonfaktoren (Multiplikativ & Additiv!)

KAPITEL 3

- Grundmodell operative PP (DB max / Kapazität / Absatz)
- Mehrperiodige Programme (Synchro - Z - Finanzierung) + Lagerbeständen, -restitution, -Anfragezeit
- Aggregierte Kapazitätsbestimmung + Überstunden (ZF & Restriktionen)
- " → mit Gruppen Ressourcen (Tabelle mit Normal / über / Fremd)
- Hauptproduktionsprogrammplanung Produktionsgeneigte, Vorlaufzeiten

KAPITEL 4

- Materialbedarfsplanung Gozinto Graph & -Liste
- Stücklisten
- ! - Doppelproduktion
- Unechte & Echte Rückkopplung
- Stücklistenauflösung: Versaueri Bedarf Matrix aus Goz Graph · Vektoren etc... (Lager & Rückkopplung!)
- " " Tischler Vektoren · Disjunktbedarfsmatrix & Auflösungen (" & ")
- Terminierte Bedarfsmittlung: Gozinto ohne Summieren; nur 0 hoch; für alle Bedarfe...
- " " : Dispo - Stufen - Verfahren Tabelle mit Verschieben
- Part - Period

KAPITEL 5

- ! Ihre frischer Kapazitätsbedeile - MPM
- Grundmodell des Kapazitätsplans Endzeit → min, 1x abschließen, Vorzugsziele

KAPITEL 6

- Ablaufplanung & -graph, GRANT, Klassifikation [a1] p. 1
- RF-Plan mit 1 Maschine Urzeitplan - Restriktion (MODEL)
- " " " " Little Matrix, Minima, O'Leary, Streichen {3, 2, 3}
- Flow - Shop: Priorregeln, DUE vs LZ → Johnson [F21 12] (... auch F3)
Lomnicki [PF31 12] Bounds {3, 2, 3}
NEH [PFX1 12] immer wieder von Matrix mit RF-Var.
- Job - Shop: Jackson 2 Maschinen: Heuristik & Johnson
Kiers 2 Aufträge: Grafik mit Weg finden
Stiftung Bottleneck [21 12] Heuristik, GRANT mit F = Fmax, Ablaufgraph präzisieren

Prio Regeln

- ⊕ einfach
- ⊕ auch für beliebige Maschinen / Auftrags-
kanten möglich
- ⊕ unterschiedliche Ziele abbildbar
- ⊕ geringe Laufzeit (rechnergestützt)
- ⊖ keine Optimalitätsgarantie
- ⊖ Interpretationsspielraum bei Implementierung
- ⊖ Staus von Aufträgen mit unzulässiger
Charakteristik möglich

Flow Shop

- id. feste MF für V Aufträge
- 1x auf jeder Maschine
- Permutation: id. AF auf
allen Maschinen

{ Little, Johnson, Lawmichi, NEH, Prio }

Job Shop

- feste individuelle MF / Aufträge
- unterschiedlich!

{ Stres, Jackson, Shift3N/Sehage, Prio }

Open Shop

- beliebige MF, keine Vorgabe
- auf jeder Maschine 1x