

require



HEINZ NIXDORF INSTITUT  
Universität Paderborn  
Wirtschaftsinformatik, insbes. CIM  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

# *Optimierung veränderlicher Produktions- und Logistiksysteme*



Logistikforum  
HNF Paderborn  
25. November 2008



# *Optimierung veränderlicher Produktions- und Logistiksysteme*

## Ansätze

- Kurzfristige Restrukturierung
- Prognose
- Management einer begrenzten Vorschau
- Intelligente Planung und Steuerung
- Hierarchisches Vorgehen

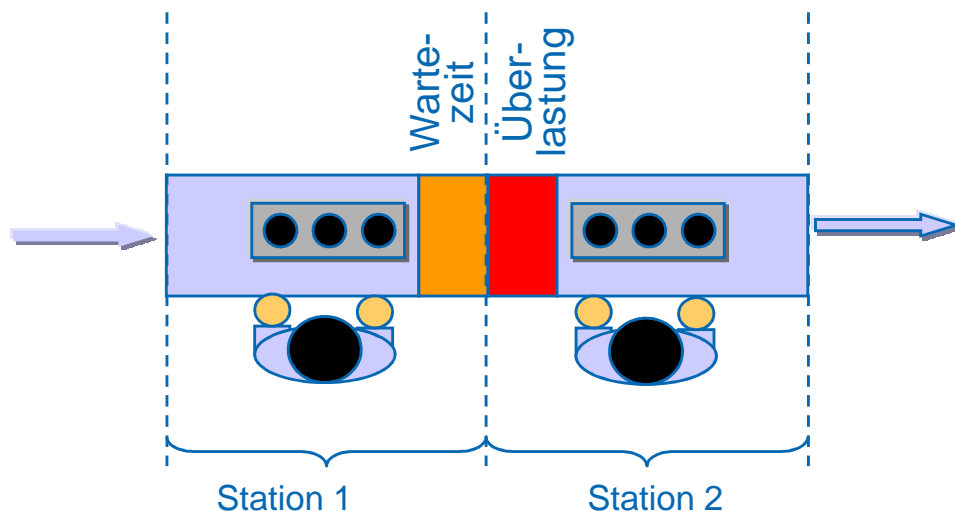
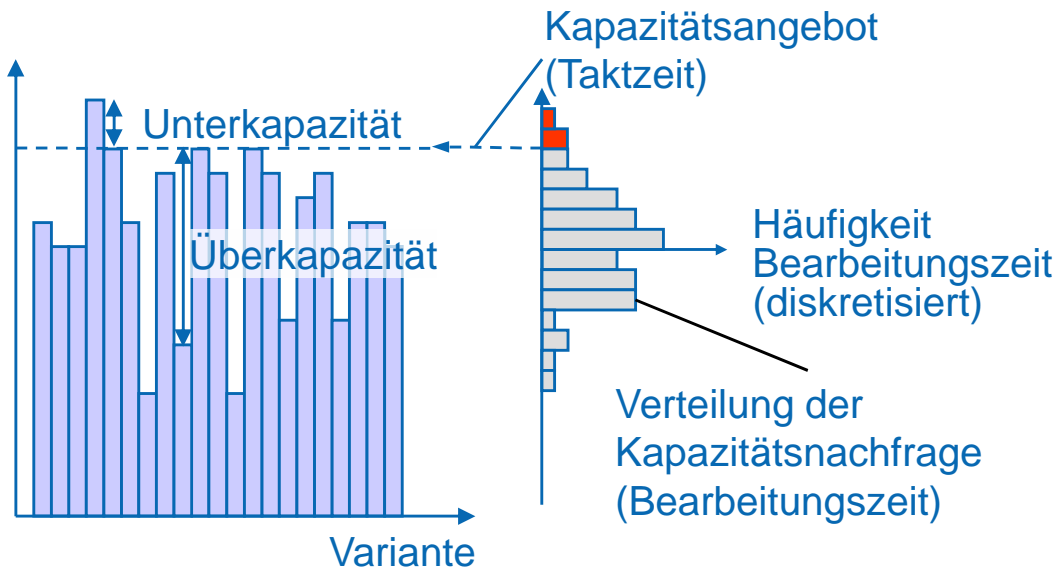


## *Kurzfristige Restrukturierung*

**Beispiel: Strukturierung eines  
Produktionssystems  
(Automobilindustrie)**



## Belastungssituation an einer Montagestation



## Probleme durch Varianz in Montagelinien:

- hohe Flexibilität und Überdimensionierung der Produktionseinheiten notwendig
- komplexe Kapazitätsnivellierung durch Reihenfolgeplanung, Einsatz von Spitzenbrechern („Springer“)
- Varianz der Tätigkeiten wirkt sich negativ auf die Qualität aus
- unterschiedliche Belastungseffekte der Varianten in den einzelnen Montageabschnitten erschweren Nivellierungsmaßnahmen (z.B. in der Reihenfolgeplanung)
- aufwändige Versorgungsstrategien für hohe Variantenvielfalt (z.B. JIS)

## Planungsproblem

- Maßnahmen finden, die Varianz an den Arbeitsstationen verringern

# Produktionslinienstrukturierung (2)



## Ziel:

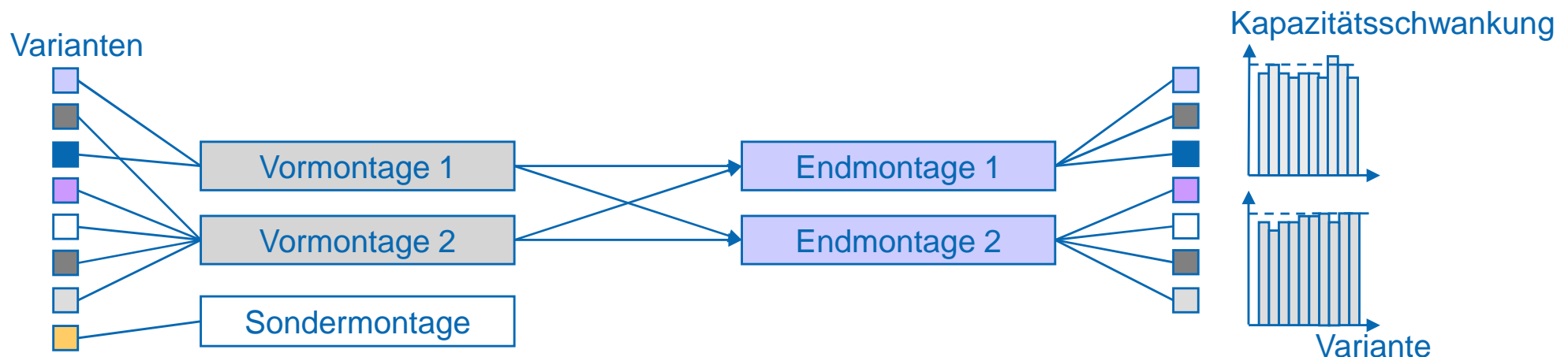
- Verringerung der Varianz auf den einzelnen Produktionssegmenten

## Lösungsansatz:

- Ausnutzung der Produktionsstruktur durch varianzminimierende Zuordnung von Varianten auf Linienbereiche (Aufteilung der Produktionsmenge durch Systemstrukturierung)

## Vorgehen:

- Trennen des Liniensystems und Zusammenlegung Varianten ähnlicher Kapazitätsbedarfe auf die einzelnen Linienbereiche



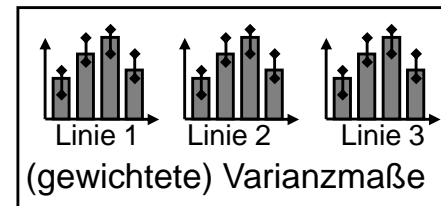
# Produktionslinienstrukturierung (3)



## Vorgehen:

- 1) Aufnahme der Varianteneigenschaften je Abschnitt
  - a) Belastung des Montageabschnittes durch die Variante
  - b) Teilebedarf der Variante
  - c) Zum Aufbau der Variante benötigte Betriebsmittel
- 2) Anwendung des Planungsalgorithmus zur Aufteilung der Produktionsmenge. Ermittelt wird die minimale Redundanz an Betriebsmitteln und Teileandienungen bei gleichzeitiger Minimierung der Belastungsschwankungen

Variante	Ressourcenbedarf					Teilebedarf				zeitl. Belastung im Linienabschnitt			
	R01	R02	R03	R04	R05	R01	R02	R03	R04	LA1	LA2	LA3	LA4
4711		X		X	X		X		X	↑	↑	↑	↑
4712		X	X		X		X	X		↑	↑	↑	↑
4713	X		X		X	X		X		↑	↑	↑	↑
...	...		...		...	...		...		↑	↑	↑	↑



Linie 1	R01	R02	R03	
Linie 2	R01			R04
Linie 3	R01		R03	

## Ergebnis:

- Unterstützung von Strukturentscheidungen: Bestimmung der Anzahl von Parallellinien und des Auftrennungspunktes Vor-/ Endmontage
- Auswahl von Exoten-Varianten, die nicht auf der Hauptlinie montiert werden
- Effizientere Nutzung des Produktionssystems durch varianzminimale Zuordnung von Varianten zu den Linienelementen (bessere Kapazitätsauslastung) im operativen Betrieb

# Produktionslinienstrukturierung (4)



## Problem:

- Schwankende oder wachsende Produktionszahlen erschweren Auswahl des richtigen Auslegungszustandes und der Installationszeitpunkte der Linien im Produktionsnetzwerk

## Ziel:

- Verringerung des Risikos von Umbauten unter Berücksichtigung von Unsicherheit

## Lösungsansatz:

- Trennung des Anpassungsproblems in nicht-revidierbare bzw. schwer zu ändernde technische Entscheidungen und flexibel zu treffende organisatorische Anpassungsentscheidungen

## Vorgehen:

- Formulieren und Lösen eines mehrstufigen Entscheidungsproblems unter Unsicherheit

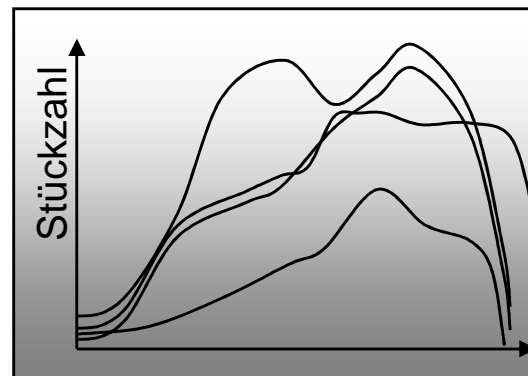
## Ergebnis:

- Absicherung von Investitionsentscheidungen

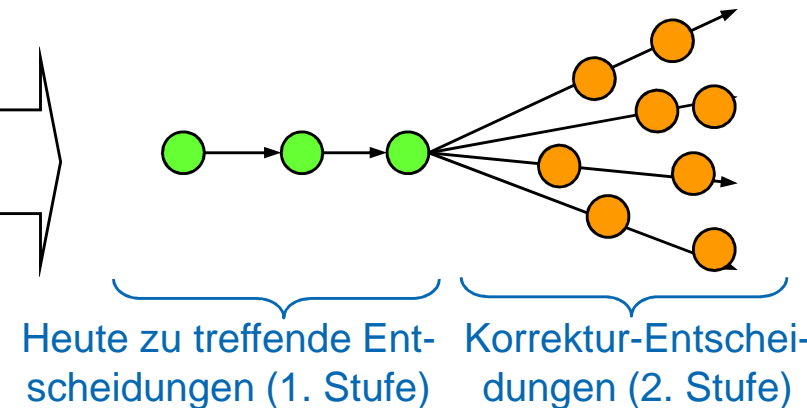
1) Aufnahme der Morphologie der Anpassungsentscheidungen

Linie	Linie nutzen	Linie still legen		
Linienstruktur	1 Linie	2 Linien	3 Linien	gemeinsame Montagebereiche
Behandlung von Exoten	Abspaltung Exoten vor der Renner-Linie	Weiterbearbeitung Exoten nach Renner-L.	Linie für Exoten	Boxen-Montage für Exoten
Länge der Linie	Werkstattmontage	kleine Ausbaustufe	mittlere Ausbaustufe	volle Ausbaustufe
Schichtmodell	5 Schichten	10 Schichten	12 Schichten	
Mehrtakter	1-Takter	2-Takter	3-Takter	
Automatisierung	vollständig manuell	Mehrfachschräuber	Montagehilfen	Roboter/ Automaten

2) Aufnahme möglicher zukünftiger Entwicklungen (szenarienbasiert)



3) Auftrennung des Entscheidungsproblems in ein 2-stufiges Problem





Linie	Linie nutzen 	Linie still legen 		
Liniestruktur	1 Linie 	2 Linien 	3 Linien 	gemeinsame Montagebereiche 
Behandlung von Exoten	Abspaltung Exoten vor der Renner-Linie 	Weiterbearbeitung Exoten nach Renner-L.	Linie für Exoten 	Boxen-Montage für Exoten 
Länge der Linie	Werkstattmontage 	kleine Ausbaustufe 	mittlere Ausbaustufe 	volle Ausbaustufe 
Schichtmodell	5 Schichten 	10 Schichten 	12 Schichten 	
Mehrtakter	1-Takter 	2-Takter 	3-Takter 	
Automatisierung	vollständig manuell 	Mehrfachschauber 	Montagehilfen 	Roboter/ Automaten 



## *Kurzfristige Restrukturierung*

**Beispiel: Management von Belastungsvarianz in der getakteten Fließlinienmontage (Automobilindustrie)**

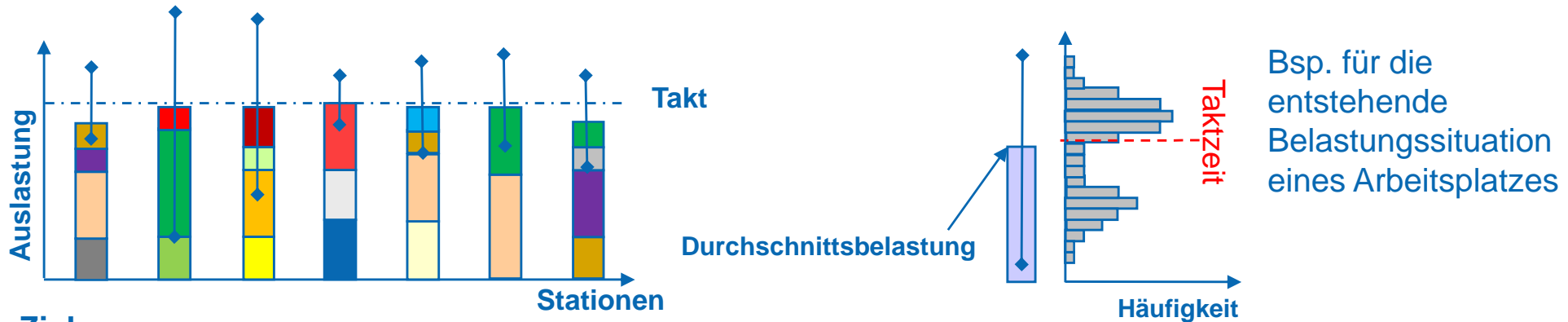


# Minimierung der Belastungsvarianz (1)



## Problem:

Betrachtung der Varianz wird in der Fließbandabstimmung vernachlässigt (Durchschnittsbetrachtung).



## Ziel:

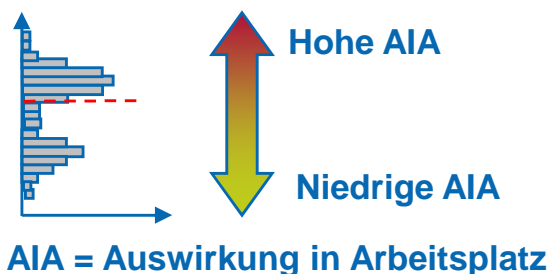
Verringerung der Varianz auf den Arbeitsstationen

## Lösungsansatz:

Regelmäßige Rekonfiguration der Fließbandabstimmung für die zukünftigen Produktionsaufträge bzw. das Kundenverhalten (Bsp.: Kunde bestellt immer auch die Rückfahrkamera wenn eine Anhängerkupplung bestellt wird).

## Vorgehen:

Identifikation von Wirkungszusammenhängen zwischen Arbeitsvorgängen auf einer Station durch Analyse der zukünftigen Produktionsaufträge und Zuordnen von varianzminimalen Prozesskombinationen.



## Ergebnis:

- Mehr Freiheit für die Reihenfolgeplanung
- Gleichmäßigerer Produktionsablauf (Qualitätsverbesserung)
- Weniger Leerzeiten und Springereinsatz in der Montage (Effizienzsteigerung)

# Minimierung der Belastungsvarianz (2)



Produktionsaufträge für die kommende Periode

Restriktionen aus dem Vorranggraphen

Bestehende Fließbandabstimmung

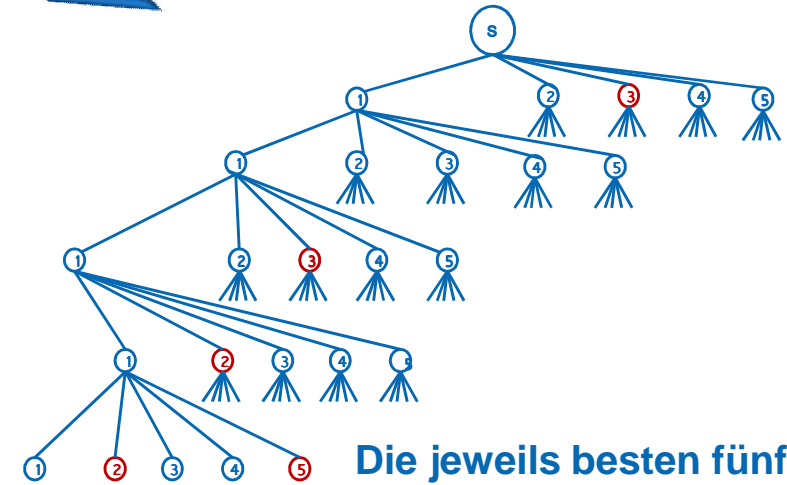


Belastungsanalyse der Arbeitsplätze

Systematische Suche nach Verbesserungsvorschlägen



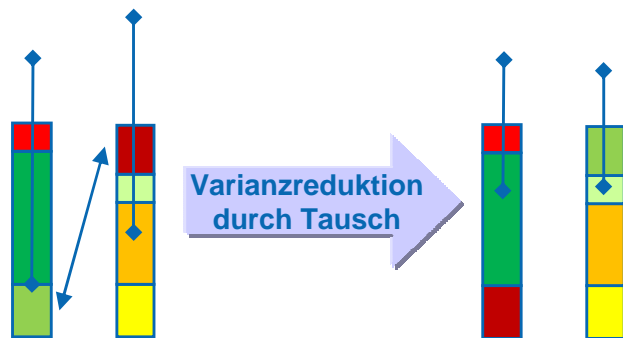
Ziel: Finde den Verbesserungsvorschlag, der die größte Verbesserung mit einer gegebenen max. Anzahl an Tauschvorgängen erreicht werden kann.



Die jeweils besten fünf Shifts werden pro Schritt weiter verfolgt. Die besten **20 Lösungen** werden ausgegeben.



Varianzreduzierte Fließbandabstimmung



# Minimierung der Belastungsvarianz (3)



## Problem:

Komplexität verhindert die Erstellung in der Praxis mit herkömmlichen Methoden (5000 – 6000 Arbeitsvorgänge in einer Baureihe)

## Ziel:

Erstellung eines validen Variantenvorranggraphen

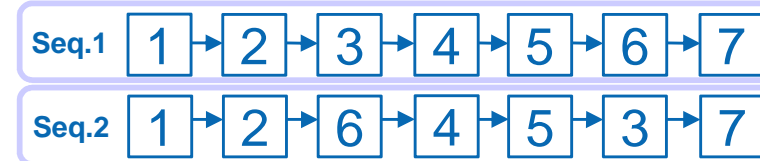
## Lösungsansatz:

Teilautomatisierte Generierung durch Analyse der Variantenstrukturinformation

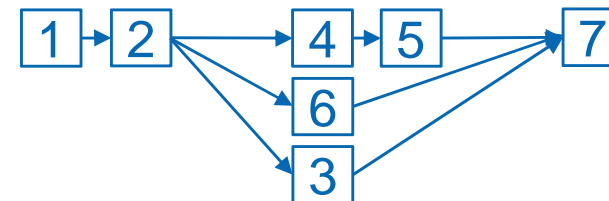
## Ergebnis:

→ Vorranggraph (AND/XOR-Struktur)

### 1. Verschiedene bestehende Sortierreihenfolgen:

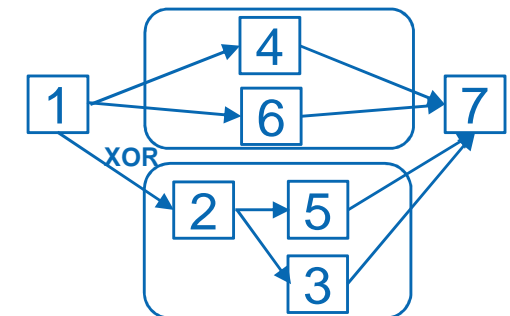


### 2. Erkennung von Freiheitsgraden durch Vergleich der Sequenzen



### 3. Identifikation von AND-/XOR Verknüpfungen in:

- + Offene Variantenstückliste
- + Baureihenspezifische Merkmalsoptionen
- + Baubarkeitsregeln
- + Unabhängige Werkstückansprachen



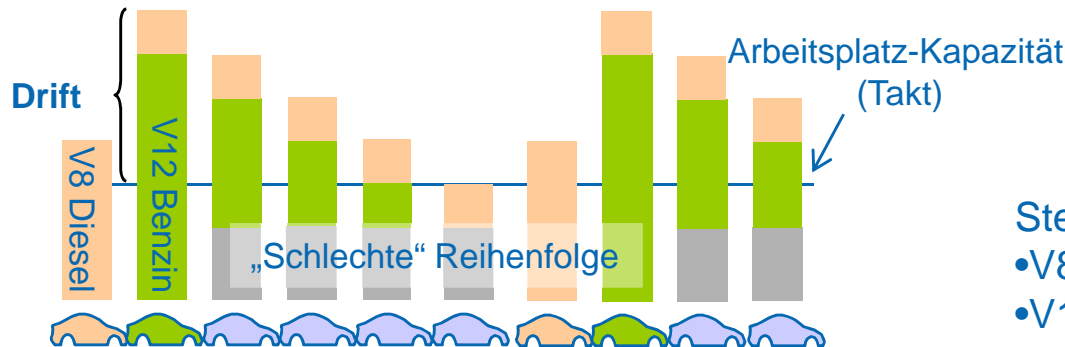
### 4. Manuelle Feinstrukturierung des Graphen in AND/XOR-Bereichen

# Minimierung der Belastungsvarianz (4)



## Problem:

Betrachtung der Arbeitsplatzbelastungen wird in der Reihenfolgeplanung vernachlässigt. Das verwendete Car-Sequencing nach Model-Mix Kriterien erreicht keine gleichmäßige Belastungssituation.



Steuerung nach Model-Mix (Car-Sequencing) von:

- V8 Diesel → 1 aus 6 (Dichtekriterium)
- V12 Benzin → 1 aus 6 (Dichtekriterium)

## Ziel:

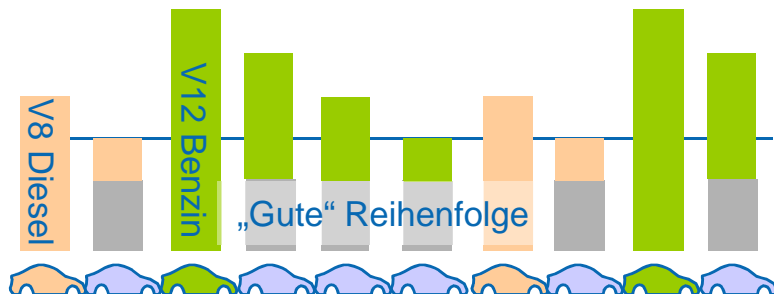
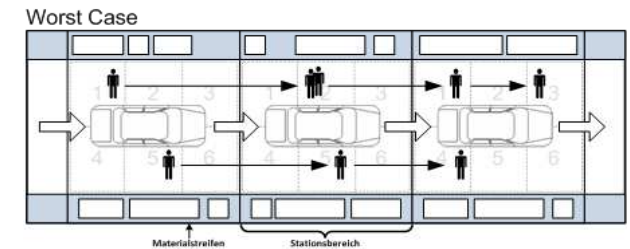
Reihenfolgeplanung zur Belastungsminimierung in der Montage

## Lösungsansatz:

Zweistufiges Verfahren unter Verwendung einer Simulation der Montagesituation (Driftpositionen der Werker) und Initiierung von Tauschvorgängen (der Positionen) anhand von Kennzahlen

## Vorgehen:

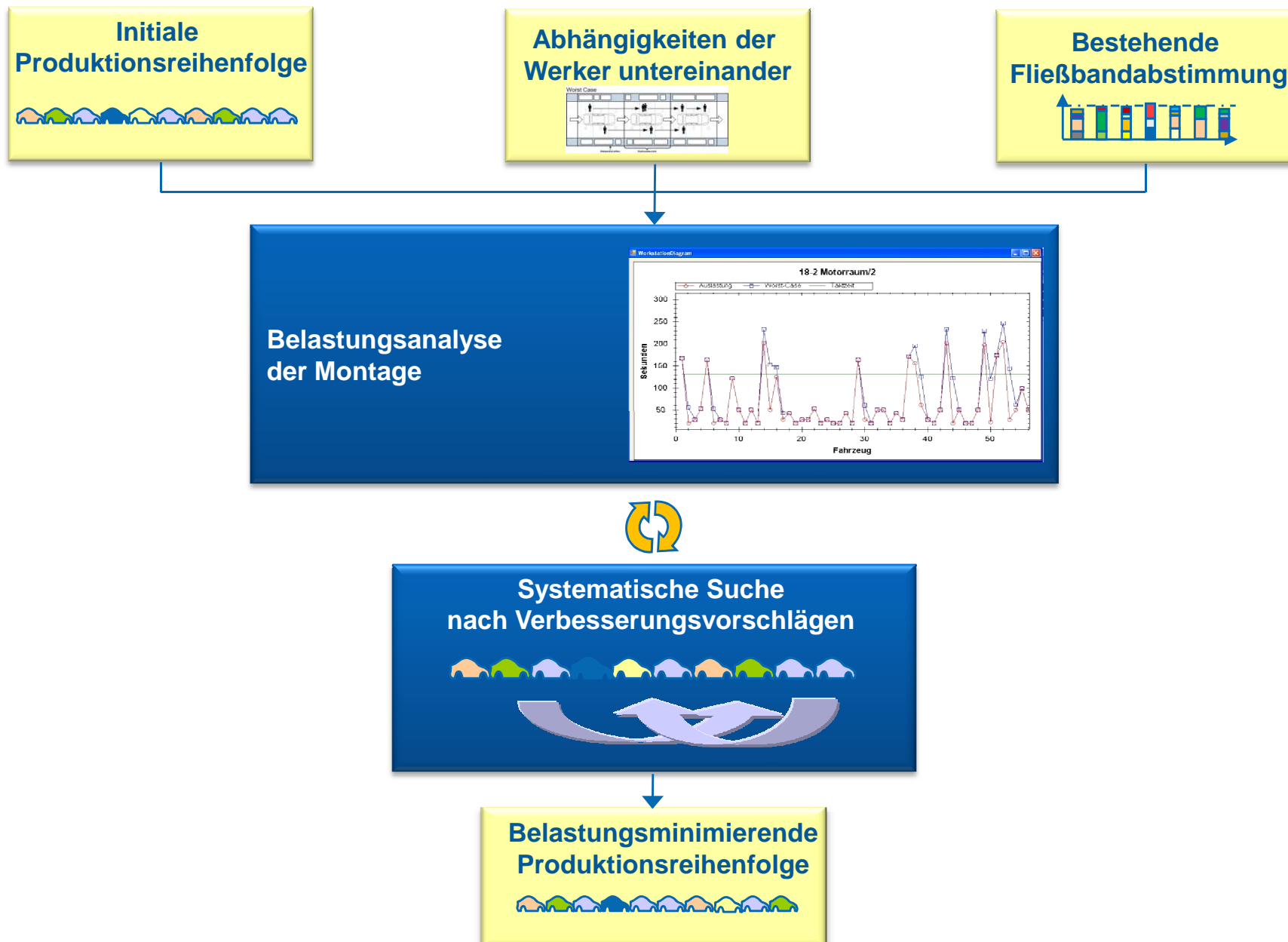
- Minimierung der Überlastungssituationen (Spitzen / Springereinsätze)
- Minimierung der durchschnittlichen DRIFT-Positionen der Werker unter Betrachtung von Werkerabhängigkeiten



## Ergebnis:

- Gleichmäßigerer Produktionsablauf (Qualitätsverbesserung)
- Weniger Leerzeiten und Springereinsatz in der Montage (Effizienzsteigerung)

# Minimierung der Belastungsvarianz (5)



## *Prognose*

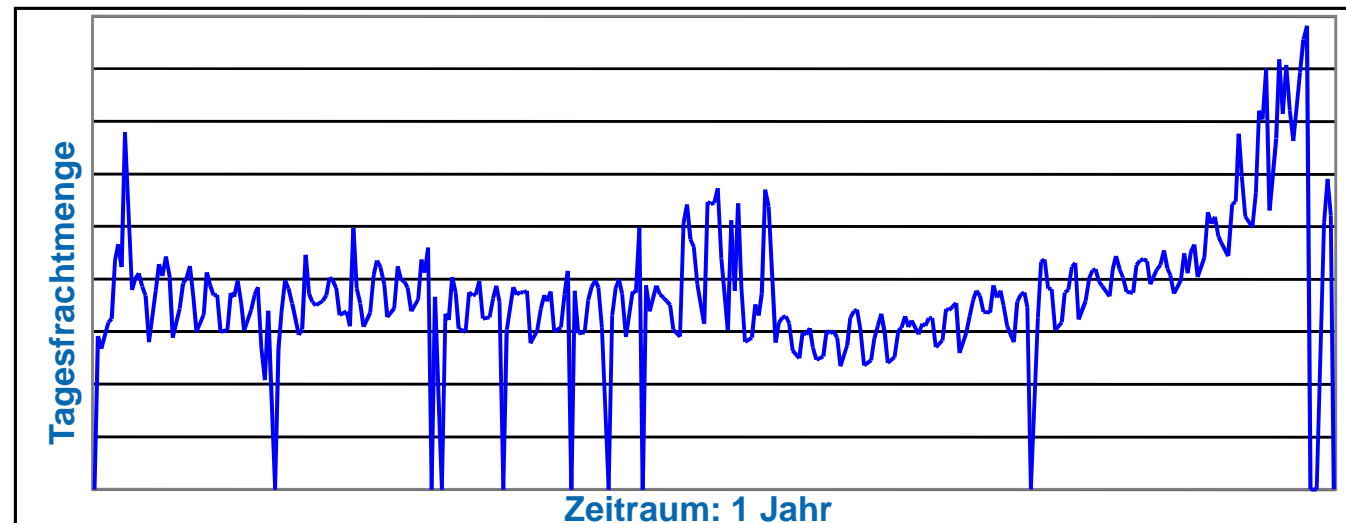
### **Beispiel: Kapazitätsplanung im Logistiknetzwerk**



33 nationale und 7 internationale Paketzentren bilden das Rückgrat eines Logistiknetzwerks zur Abwicklung eines klassischen Paketgeschäfts.

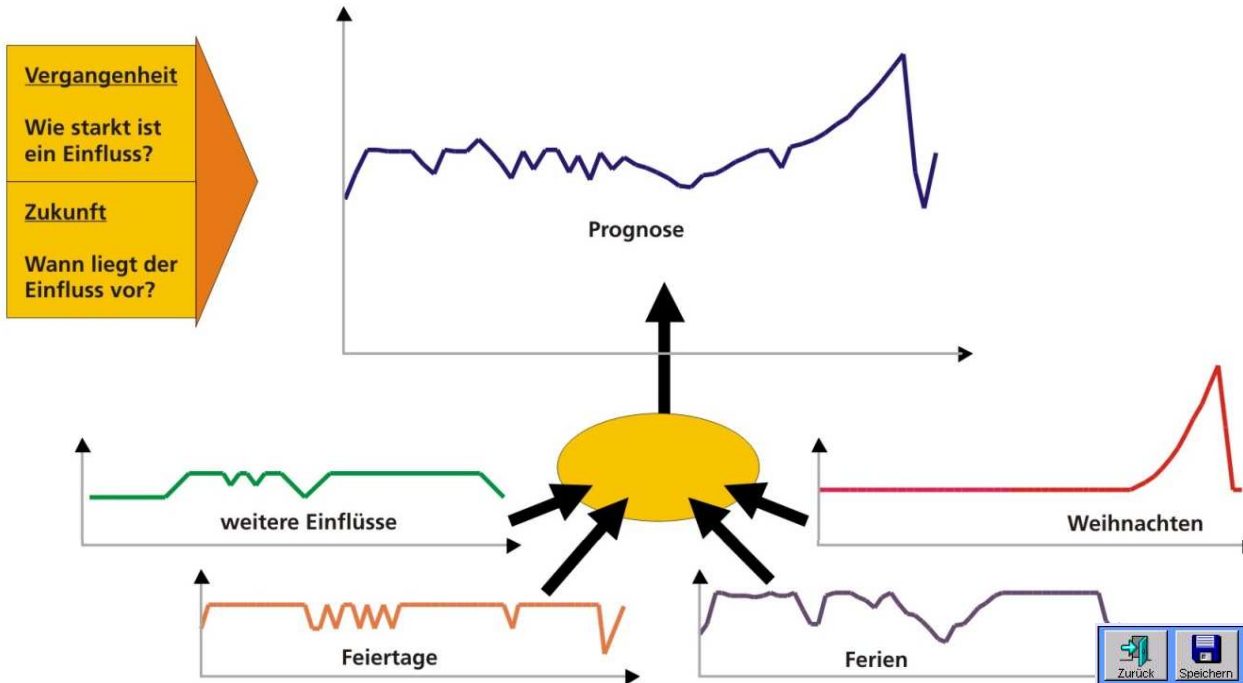


- **Problemstellung – Zielkonflikt der Kapazitätsplanung**  
Qualitätsziel: Einhalten der dem Kunden versprochenen Laufzeit
- **Lösung – Prognoseunterstützte Kapazitätsplanung**  
Entwicklung eines Prognosemodells und Standardisierung des Prognose- und Planungsprozesses zur Personalbedarfsermittlung





# Grundprinzip des verwendeten Prognosemodells



Kalenderwoche		akt. KW	2.07.2001	03.07.2001	04.07.2001	05.07.2001	06.07.2001	08.07.2001	Woche	%
Jahr	KW	laden	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Sonntag	DB	
2000	Ref. 27		57.185	66.178	71.744	66.214	60.199	22.034	343.554	
2000	wo-		53.694	68.977	67.270	71.449	63.425	23.456	348.270	RW
2000	che		56.525	68.977	68.945	65.184	60.607	18.063	338.301	
2001	akt. 25		65.029	75.976	58.845	80.365	67.325	23.766	371.305	
2001	Wo-		0	0	0	0	0	0	0	WW
2001	che		0	0	0	0	0	0	0	
Wochenprofile			16,1%	18,8%	19,7%	20,4%	18,8%	6,4%	100,0%	WP
Regression			58.373	68.162	71.425	73.963	67.434	23.204	362.560	
Referenz			0	0	0	0	0	0	0	
Prognose Grundmenge			58.373	68.162	71.425	73.963	67.434	23.204	362.561	
Progn. Grundmenge / Ist			n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
+ Mehr-/Mindermengen			0	0	0	0	0	0	0	
+ Rückstände o. Infop.									0	
+ Infop.			200	200	200	200	200	100	1.100	
= Summe			58.573	68.362	71.625	74.163	67.634	23.304	363.661	
= Summe mf inkl. Infop.			58.573	68.362	71.625	74.163	67.634	23.304	363.661	
+ Sonderendstellen			3.108	3.413	3.813	3.705	3.604	1.251	18.894	
= Summe Vorsorter			61.681	71.775	75.438	77.868	71.238	24.555	382.555	
NMF			1.284	1.262	1.976	1.655	1.263	775	8.215	

## *Management einer begrenzten Vorschau*

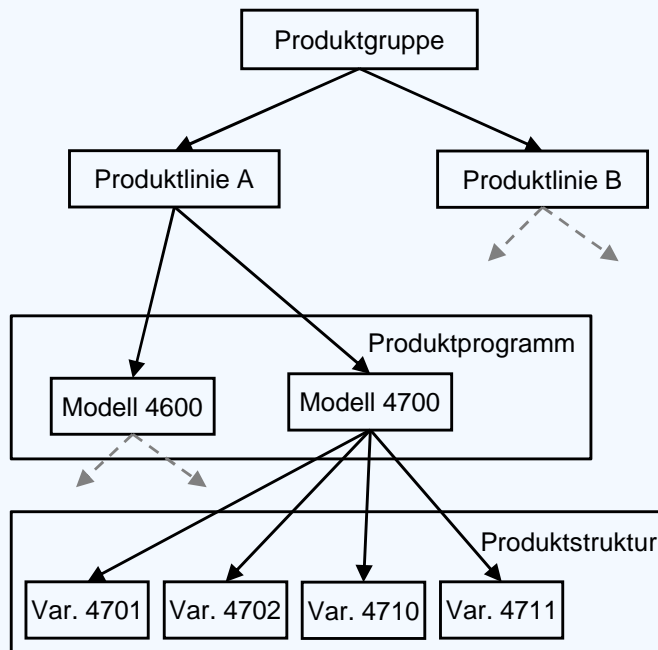
**Beispiel: Variantenvielfalt in  
Produktionsnetzwerken  
(Konsumgüterindustrie)**



# Variantenvielfalt: Sichten und Darstellungen

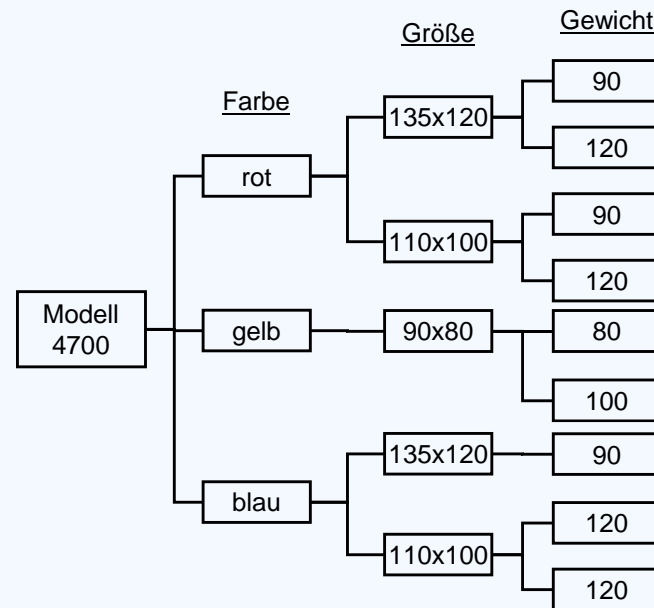


## Produktebene (Variantenbaum)



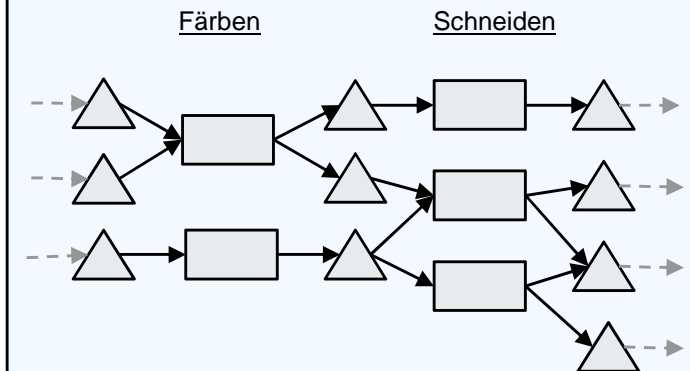
- ➔ Kundensicht ("Welche Varianten werden angeboten?")
- ➔ Vielfalt in Produktprogramm und -struktur

## Entstehungsebene (Merkmalsbaum)



- ➔ Interne Sicht ("Welche Merkmalsausprägungen erzeugen wie viele Varianten?")

## Produktions-/ Prozessebene (Modell der Fertigung)



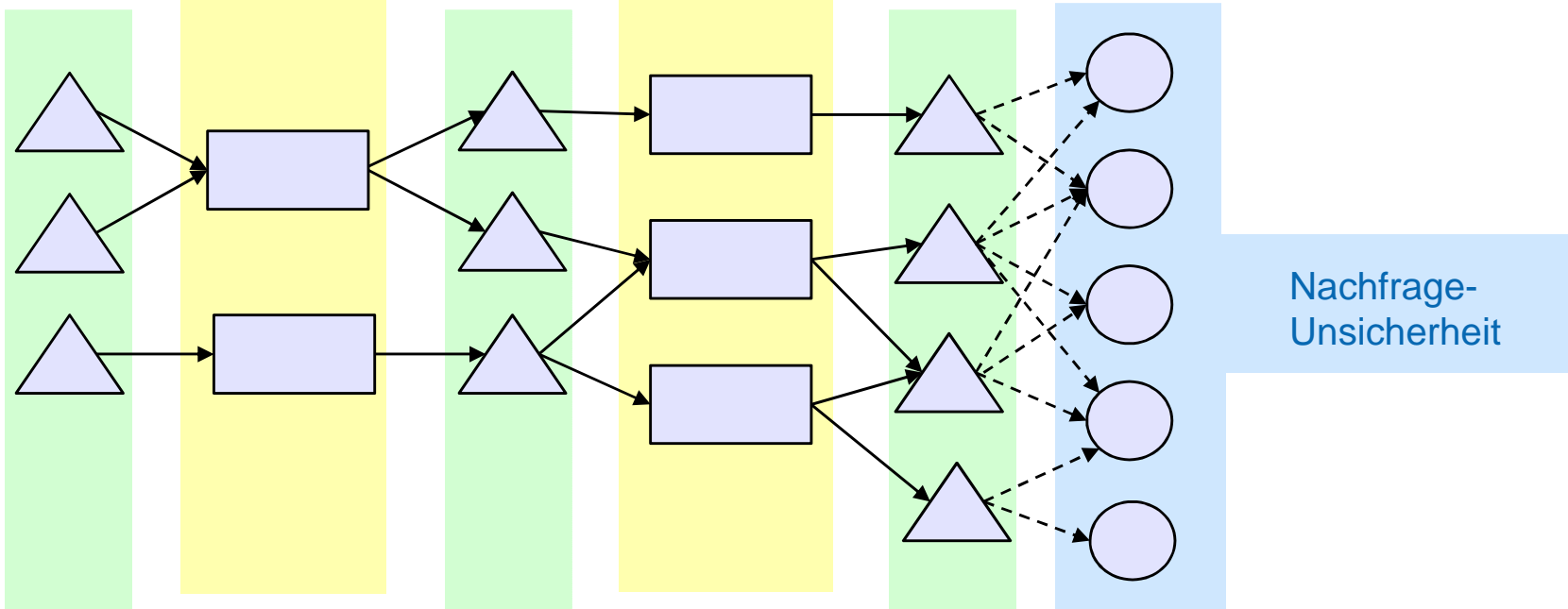
- ➔ Prozesssicht ("Wo im Produktionsablauf entstehen welche Varianten?")

- Unterschiedliche Formen der Vielfalt erfordern verschiedene Darstellungen zur Beantwortung unterschiedlicher Fragen.

# Effekte von Variantenvielfalt im Produktionsnetzwerk



- Losgrößen
- Rüstaufwand
- Durchlaufzeiten
- Produktionszyklen
- Lieferfähigkeit
- Ausgleich v. Verzug/Vorlauf

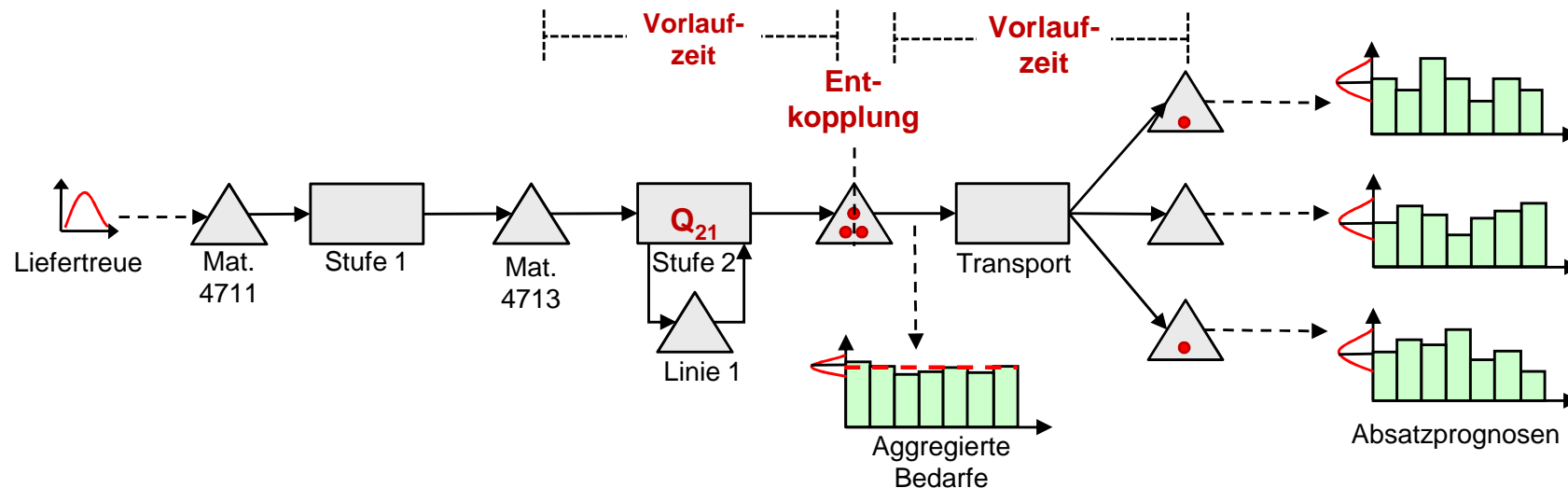
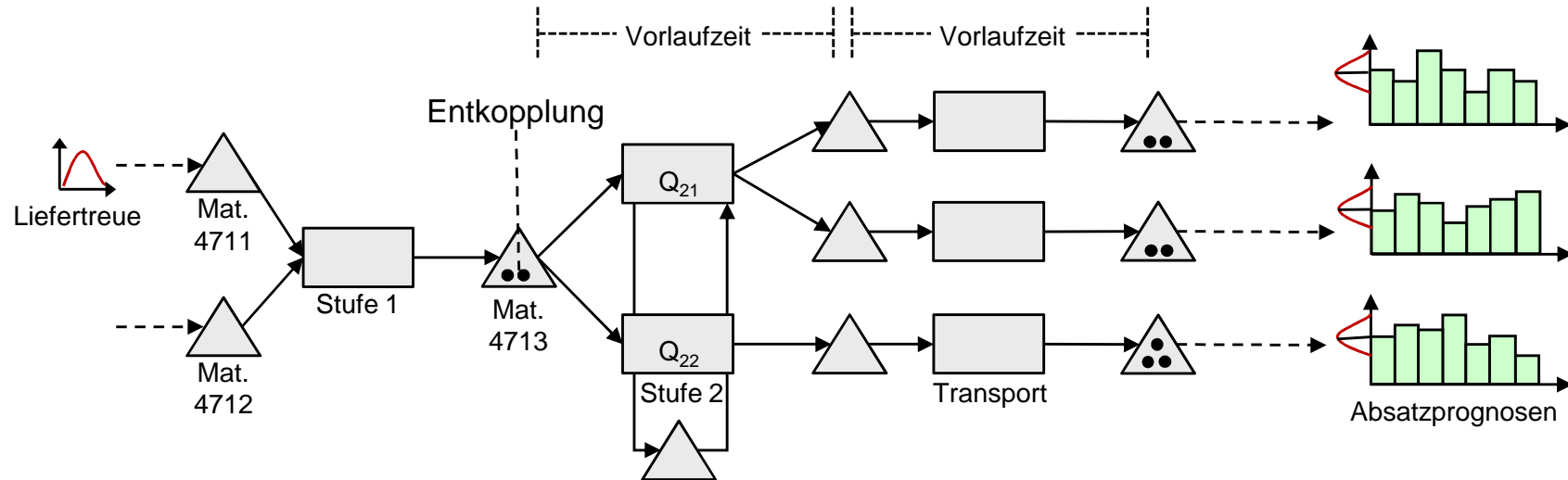


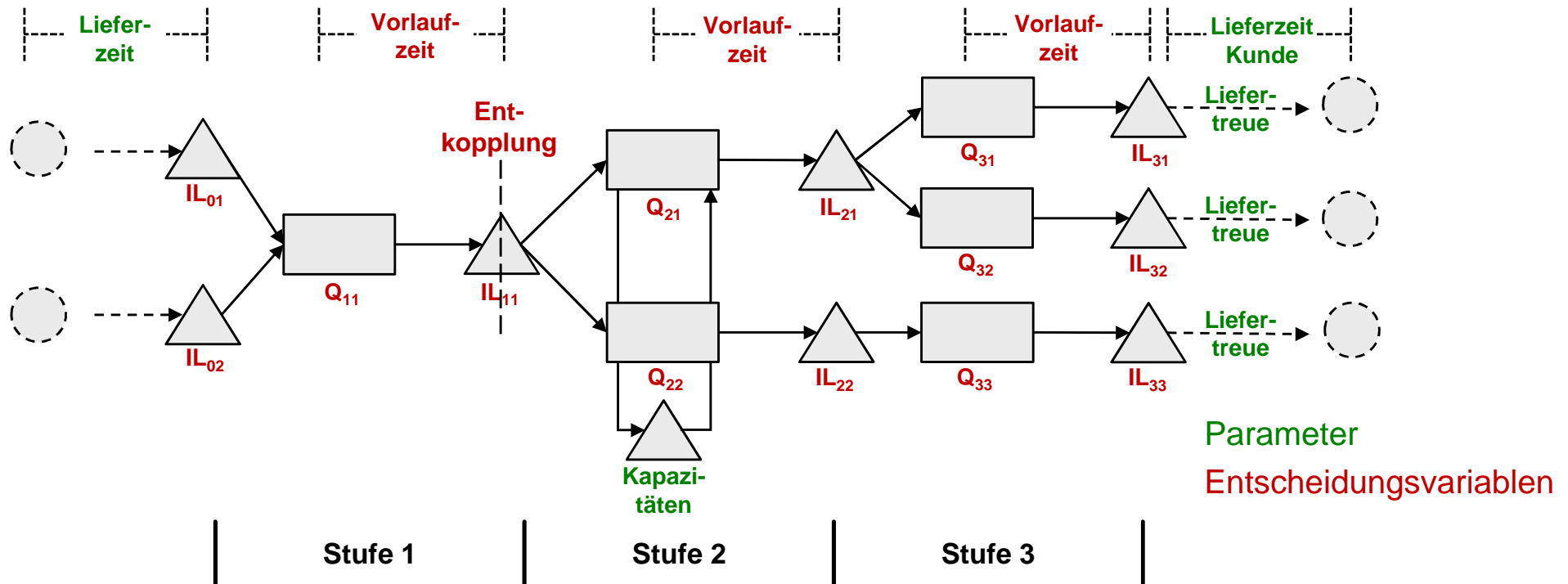
- Risiko obsoleter Materialien
- Bestandssynergien
- Planungsbedarf
- Administrativer Aufwand

# Effekte von Variantenvielfalt im Produktionsnetzwerk



- Änderung der Vielfalt wirkt sich über mehrere Stufen auf Nachfrageverläufe, Bestände und Losgrößenplanung aus





## Problem

Wie müssen bei geändertem Sortiment Planungs- und Steuerungsparameter angepasst werden?

- Entkopplungspunkte
- Losgrößen/Produktionszyklen
- Vorlaufzeiten
- Bestandshöhen

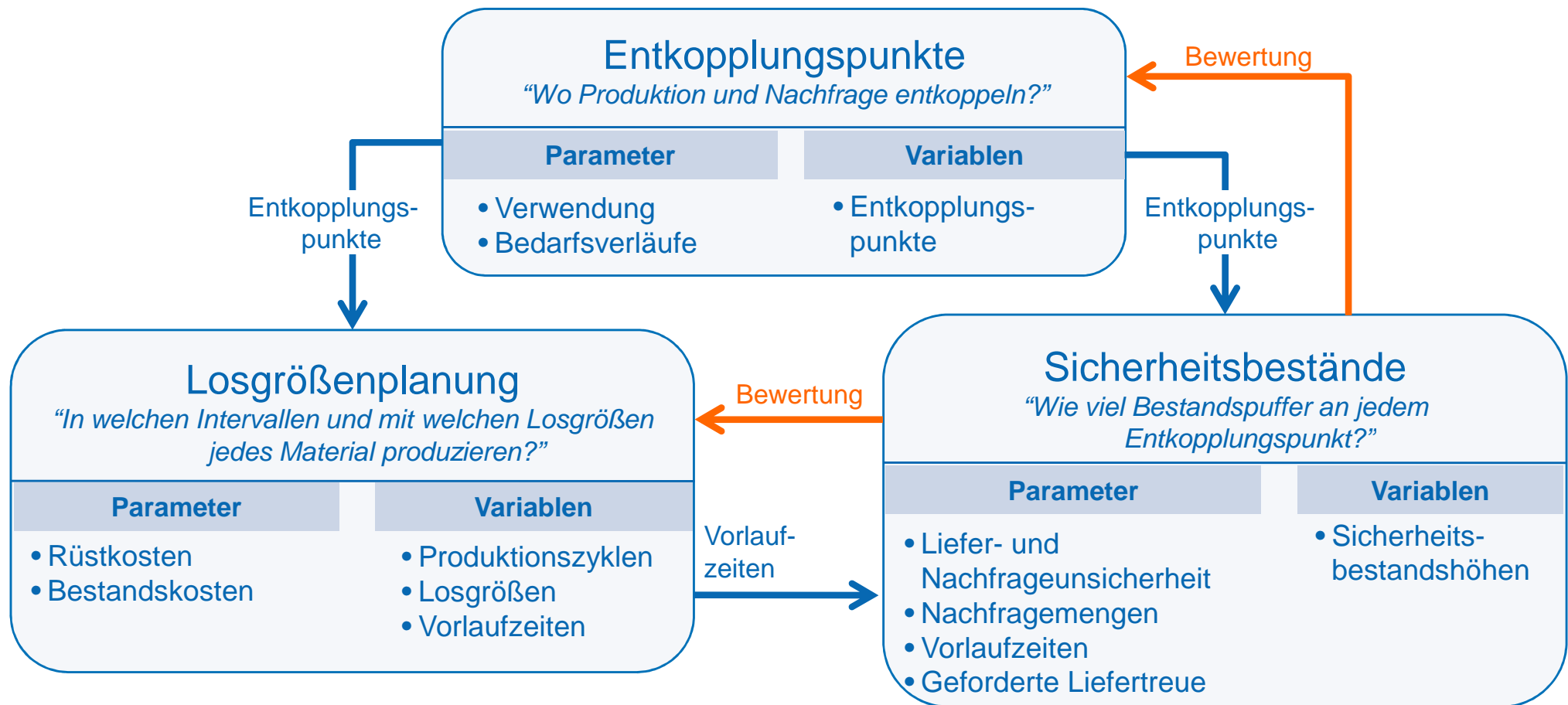
## Ansatz

1. Berechnung neuer Nachfrageverläufe über alle Stufen
2. Teste alternative Entkopplungspunkte
3. Bestimme Entkopplungspunkte, Losgrößen/Produktionszyklen, Vorlaufzeiten und Bestandshöhen optimal

## Ergebnis

Optimierte Parameter für fiktives Sortiments-Szenario als Grundlage der Kostenbewertung zur Entscheidungsunterstützung.

# Integriertes Planungsproblem



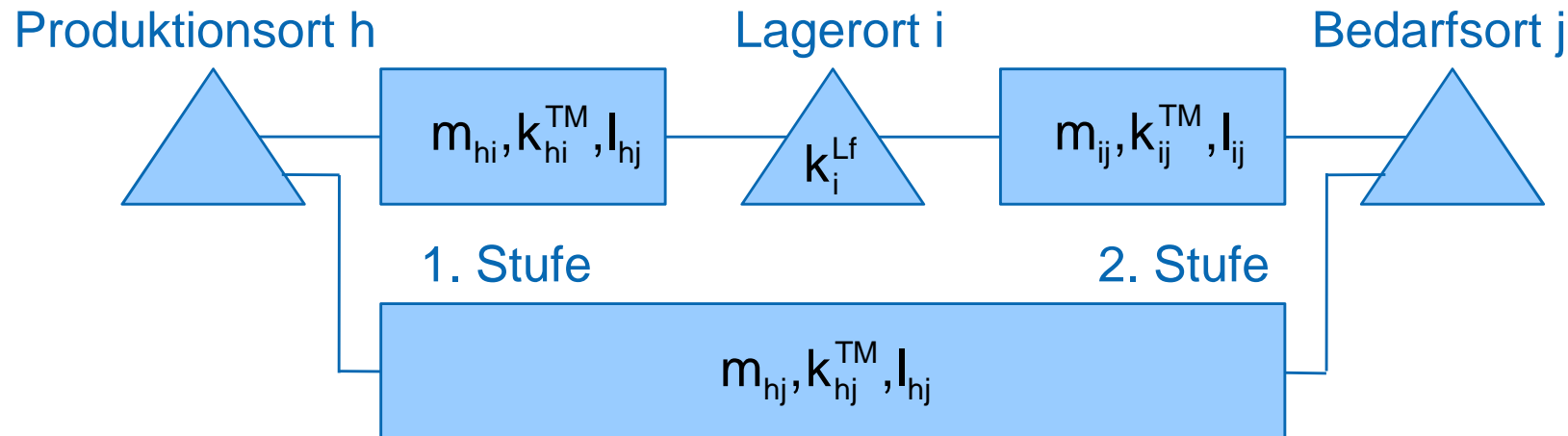
## Problem:

Interdependenzen: Für jedes Teilproblem ist die Lösung anderer Teilprobleme notwendig, entweder als expliziter Parameter oder zur Bewertung der Lösungsgüte.

## Mögliche Ansätze:

- Lösung für alle praktisch relevanten Entkopplungspunkte
- Heuristik für integrierte Betrachtung der Losgrößen- und Sicherheitsbestandsplanung. Ziel ist das Finden einer realisierbaren Lösung unter Berücksichtigung praktischer Rahmenbedingungen.

# Verfahren auf der Basis des Transportproblems



Versorgungssystem

Die in diesem Zusammenhang ableitbaren Modelle haben die folgende Gestalt:

Die Zielfunktion

$$K^G : \sum_{k=1}^{N^A} \sum_{i=1}^{n^s} k_{ij}^{TM} \cdot m_{ki} + \sum_{i=1}^{n^s} k_i^{Lf} \cdot y_i + \sum_{i=1}^{n^s} \sum_{j=1}^{N^B} (k_i^{Lv} + k_{ij}^{TM}) \cdot m_{ij} + \sum_{h=1}^{N^A} \sum_{j=1}^{N^B} k_{hj}^{TM} \cdot m_{hj}$$

Transportkosten  
1. Stufe

Fixkosten  
der Lagerung

Variable Kosten der  
Lagerung und  
Transportkosten der  
2. Stufe

Transportkosten  
der Direktbelieferung



# Umladetransportproblem



ist unter den Gleichgewichtsbedingungen

$$\sum_{j=1}^{N^B} m_{hj} + \sum_{i=1}^{n^S} m_{hi} = a_h; \quad h := 1, 2, \dots, N^A$$

von den Produktionsorten an die Bedarfsorte direkt gelieferte Menge  
Angebotsmenge der Produktionsorte  
von den Produktionsorten zu den Lagern gelieferte Menge

$$\sum_{h=1}^{N^A} m_{hi} + \sum_{j=1}^{N^B} m_{ij}; \quad i := 1, 2, \dots, n^S$$

von den Lagern zu den Bedarfsorten gelieferte Menge  
von den Produktionsorten zu den Lagern gelieferte Menge

$$\sum_{h=1}^{N^A} a_h + \sum_{j=1}^{N^B} b_j$$

gefertigte angebotene Menge  
von den Bedarfsorten benötigte Menge

# Umladetransportproblem



$$\sum_{j=1}^{N^B} m_{ij} \leq C_i^L; \quad i := 1, 2, \dots, n^S$$

Kapazität der Lager  
von den Lagern zu den Bedarfsorten gelieferte Menge

$$\sum_{i=1}^{n^S} m_{ij} + \sum_{h=1}^{N^A} m_{hj} = b_j; \quad j := 1, 2, \dots, N^B$$

an die Bedarfsorte gelieferte Menge  
von den Produktionsorten an die Bedarfsorte direkt gelieferte Menge  
von den Lagern zu den Bedarfsorten gelieferte Menge

$$y_i \in \{0,1\}; i := 1, 2, \dots, n^S$$

# Umladetransportproblem



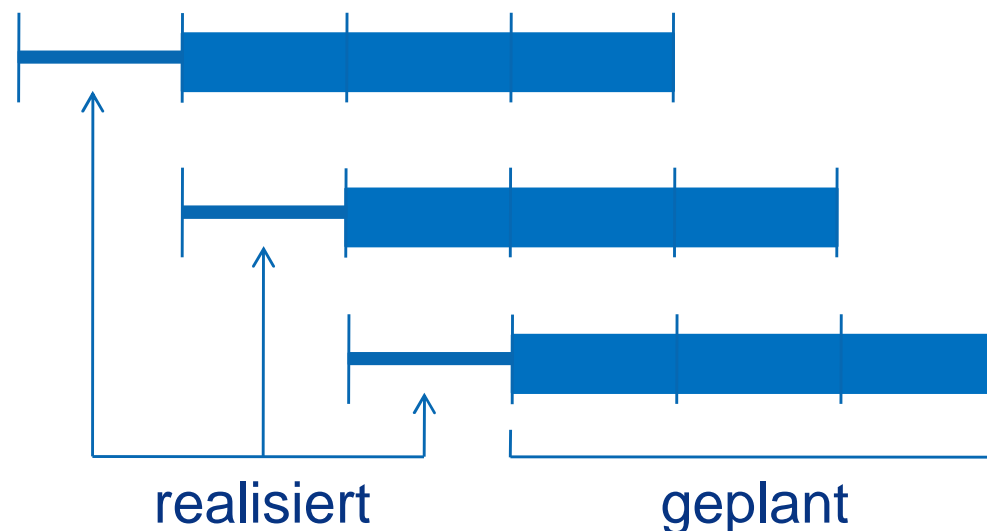
Ist  $y_i = 0$ , so wird kein Lager im Standort  $i$  errichtet; andernfalls wird  $y_i = 1$  gesetzt  
Und unter den Restriktionen

$$m_{hi} \geq 0; \quad m_{ij} \geq 0; \quad h := 1, 2, \dots, N^A; \quad i := 1, 2, \dots, n^S; \quad j := 1, 2, \dots, N^B$$

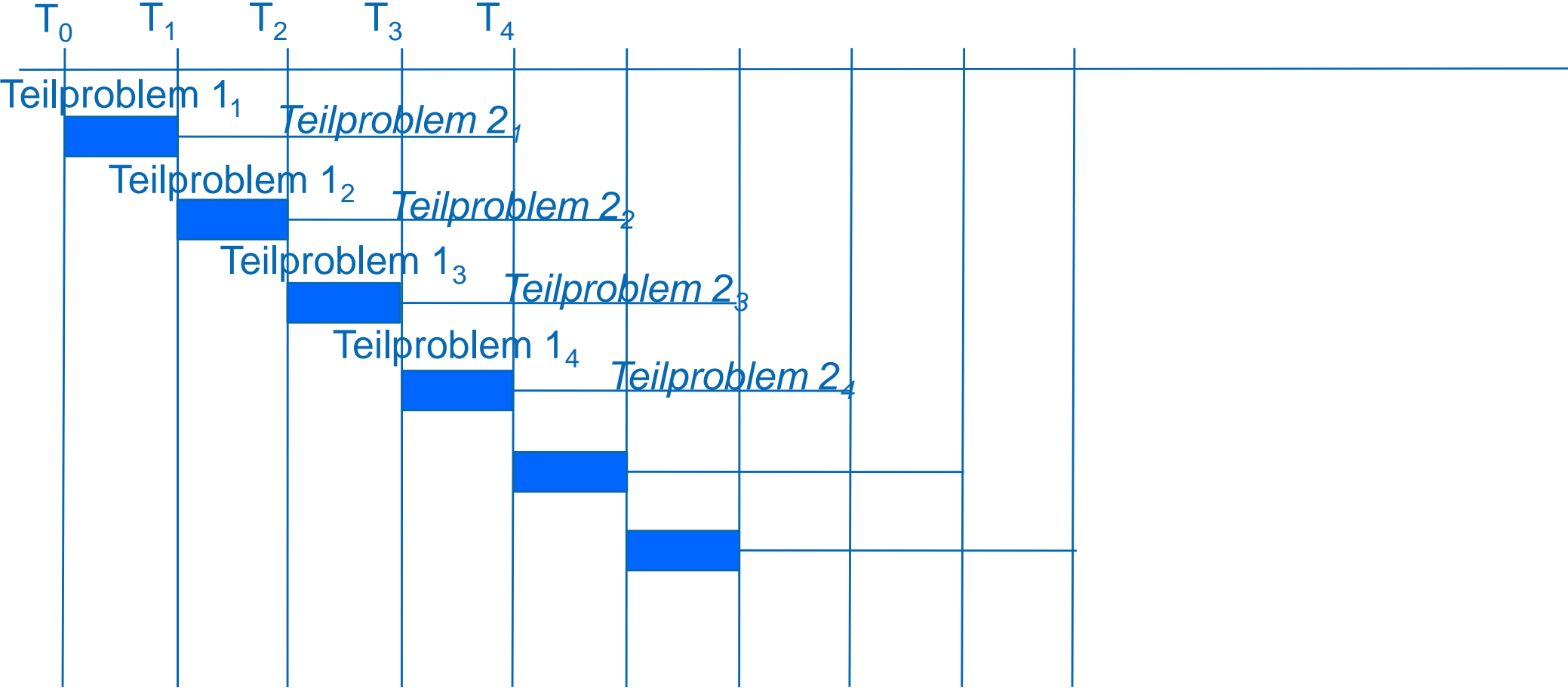
zu minimieren. Dabei ist  $m_{hi}$  die vom Produktionsort  $h$  zum Lagerort  $i$  und  $m_{ij}$  die vom Lagerort  $i$  zum Bedarfsort  $j$  zu transportierende Menge. Bei Direktbelieferung werden  $m_{hj}$  Mengeneinheiten transportiert.

## Situation:

- Bekannter Horizont ist nur Teil des gesamten Horizonts
- Zukunft wird nur abschnittsweise bekannt.
- Wiederholte Anwendung einer Offline-Optimierung über bekannten Horizont ist kein Lösungsansatz.



# Verfahren für einen schrittweise ergänzten Planungshorizont

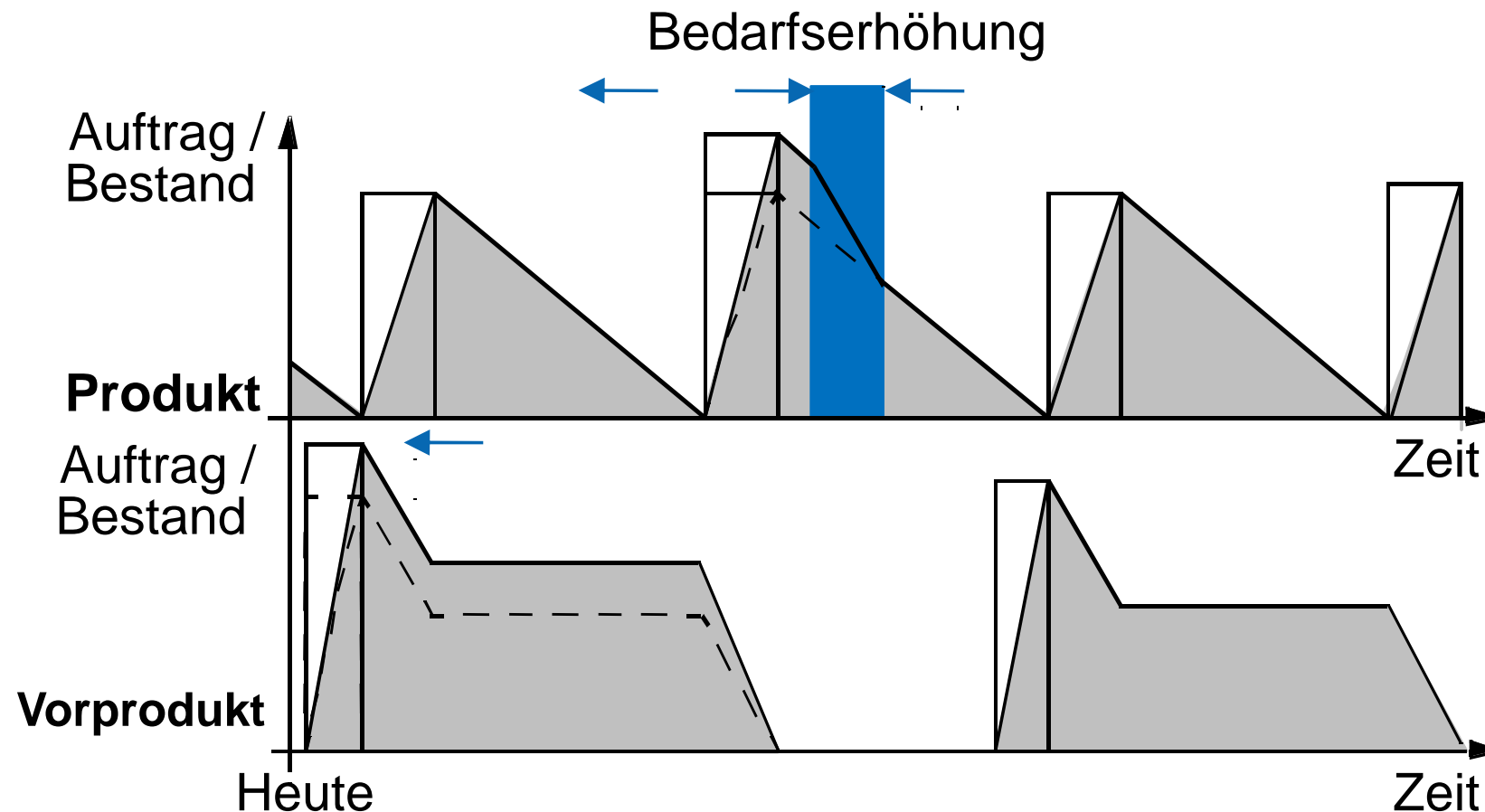


# Intelligente Planung und Steuerung

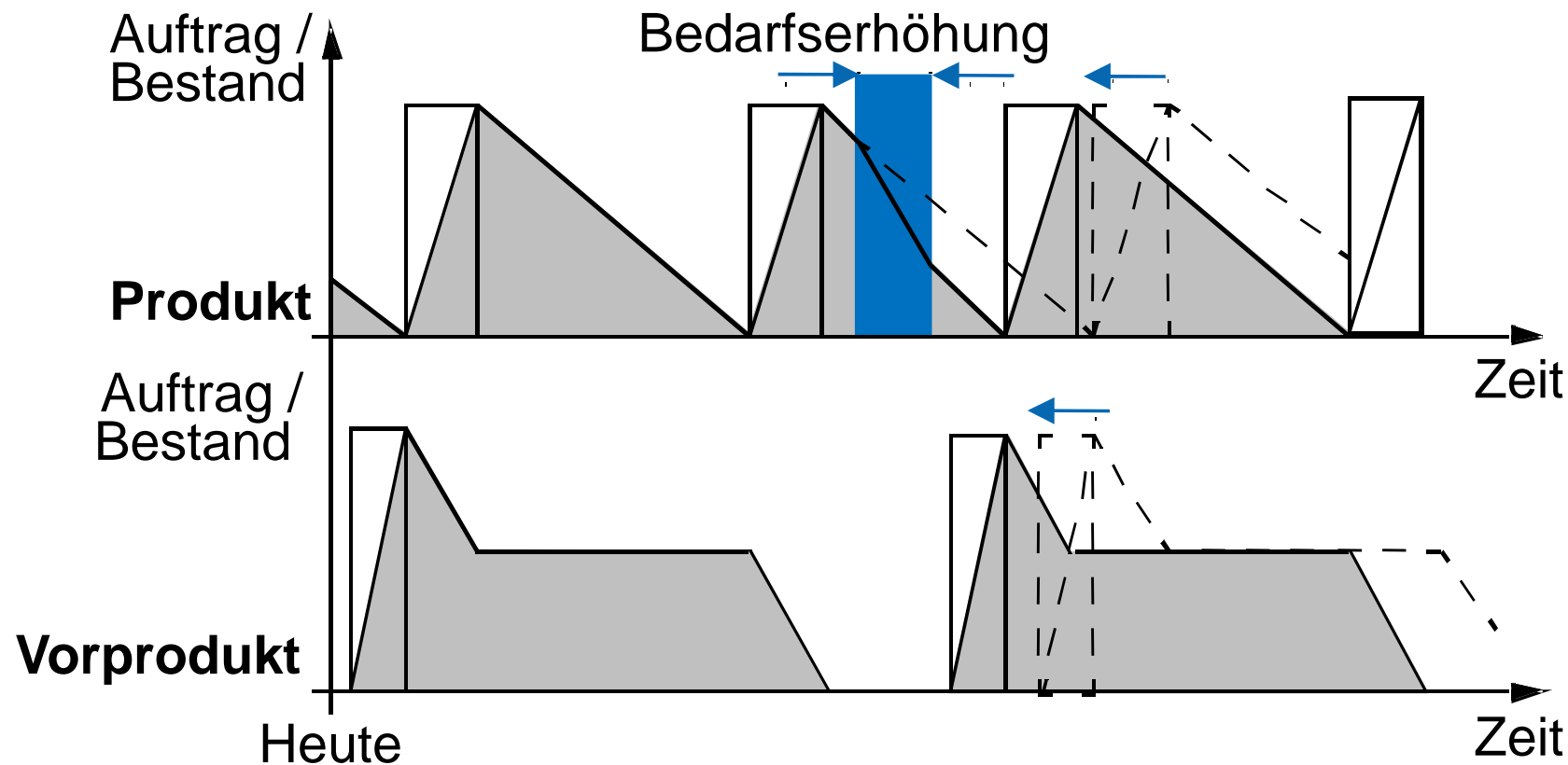
**Beispiel: Planung der  
Losgrößenfertigung  
(Automobilzuliefer-Industrie)**



## Bedarfsänderung: Bestellung nach dem Bestellrythmusverfahren (MEHR)



## Bedarfsänderung: Bestellung nach dem Bestellpunktverfahren (FRÜHER)



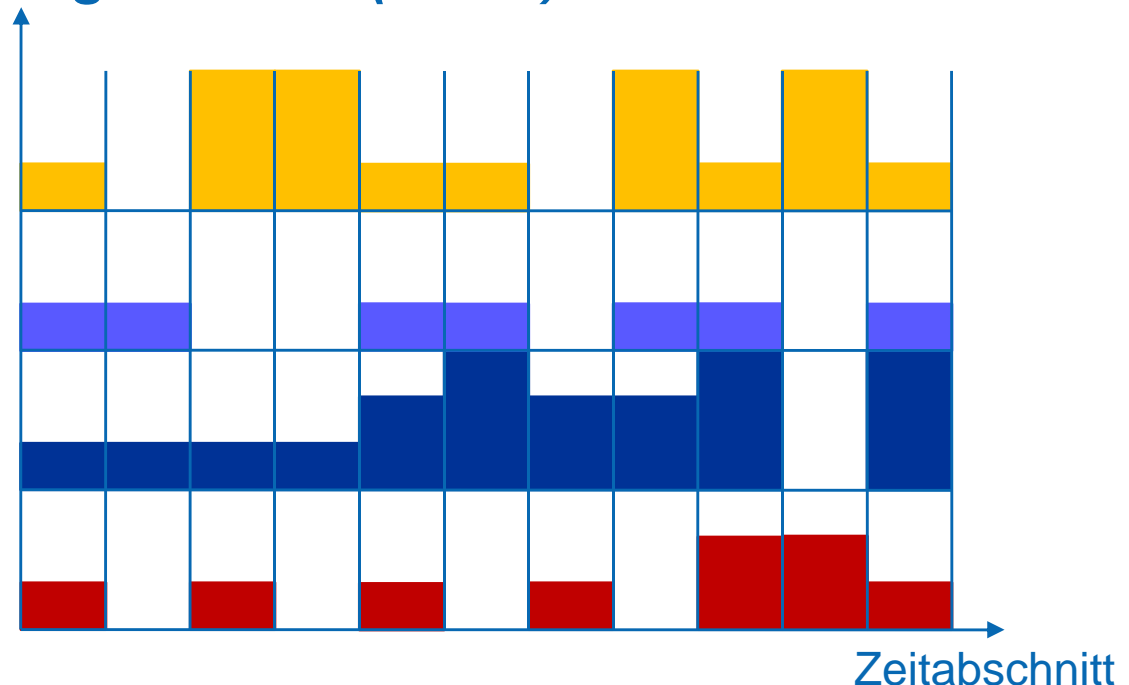


## Offline-Algorithmus:

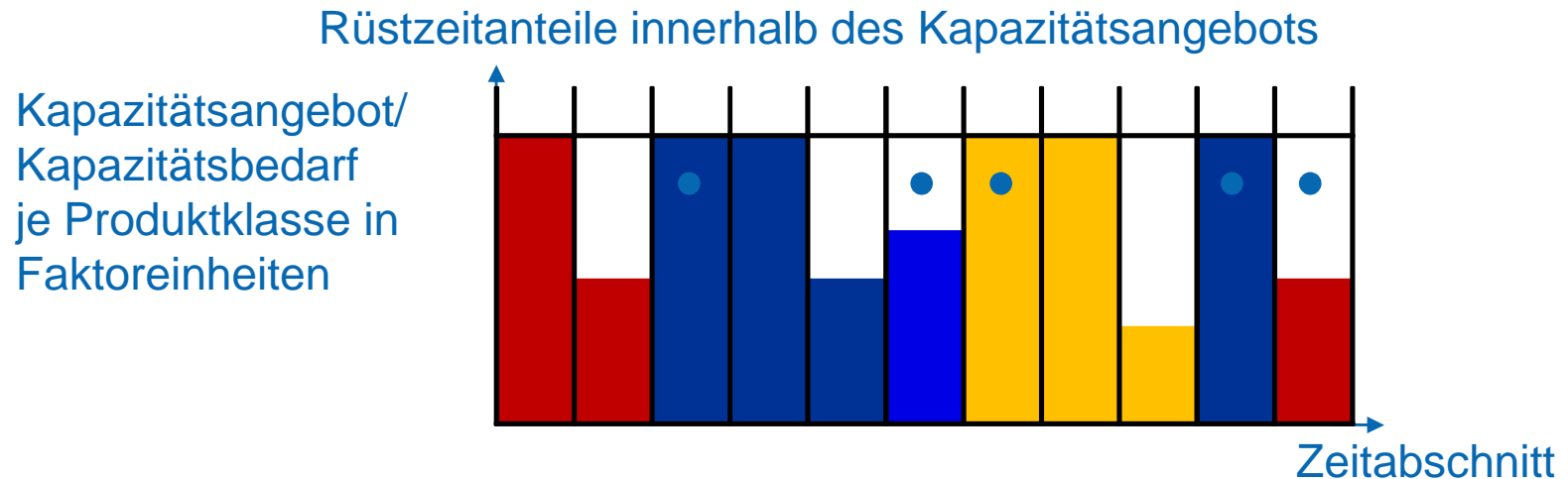
- Der Bedarf an Produkten ist / alle Bestellungen sind
  - + zu Beginn der Planung
  - + über dem gesamten Betrachtungshorizont bekannt.
- Es ist die im Sinne einer Zielfunktion optimale Produktion zu bestimmen.

### • Beispiel: *Capacitated Lotsizing Problem (CLSP)*

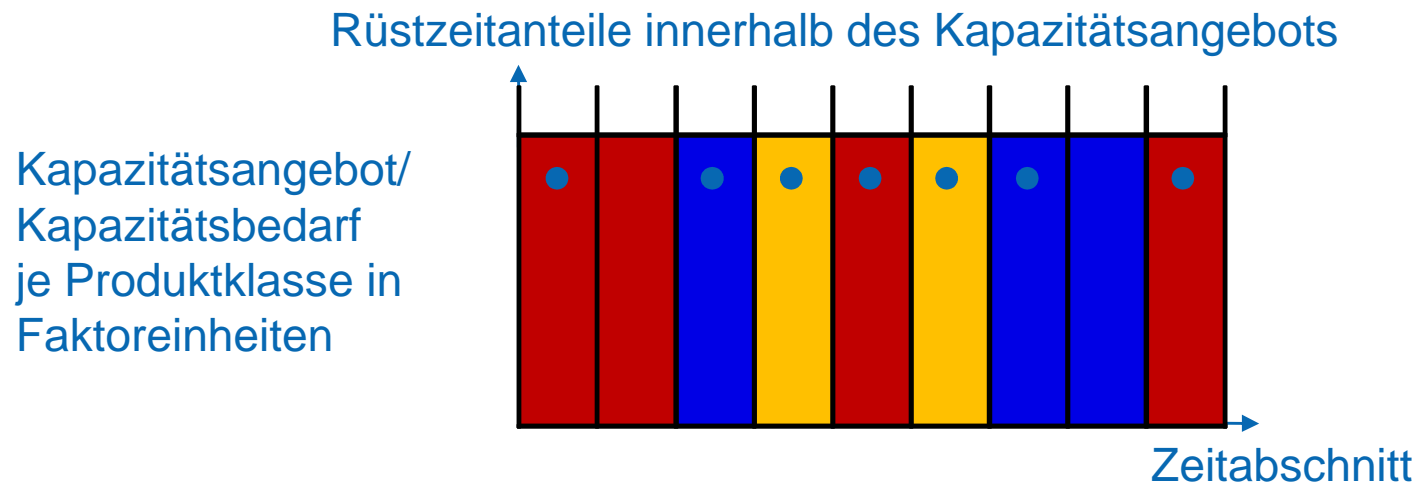
Kapazitätsangebot/  
Kapazitätsbedarf je  
Produktklasse in  
Faktoreinheiten



- Beispiel: *Continuous Setup Lotsizing Problem (CLSP)*



- Beispiel: *Discrete Lotsizing and Scheduling Problem (DLSP)*



# Offline-Formulierung über 52 Wochen



Maximiere

$$\left( \sum_{i,t} (b_{it} \cdot k_{it}^{\text{verk}}) - \sum_{i,t} (k_i^{\text{rüs}} \cdot \max\{0, \delta_{it}^{\text{rüs}} - \delta_{i,t-1}^{\text{rüs}}\}) + k_{it}^{\text{stk}} \cdot w_i \cdot \delta_{it}^{\text{rüs}} + k_i^{\text{lag}} \cdot B_{iT} \right)$$

unter den Restriktionen

$$\forall i \in I^{\text{PF}}, \forall t, T \in T_P : \quad \overset{\text{(DLSP, 1)}}{B_{iT}} = B_{i,T-1} + w_i \cdot \delta_{it}^{\text{rüs}} - b_{it}$$

$$\forall t, T \in T_P : \quad \overset{\text{(DLSP, 2)}}{\sum_i \delta_{it}^{\text{rüs}} \leq 1}$$

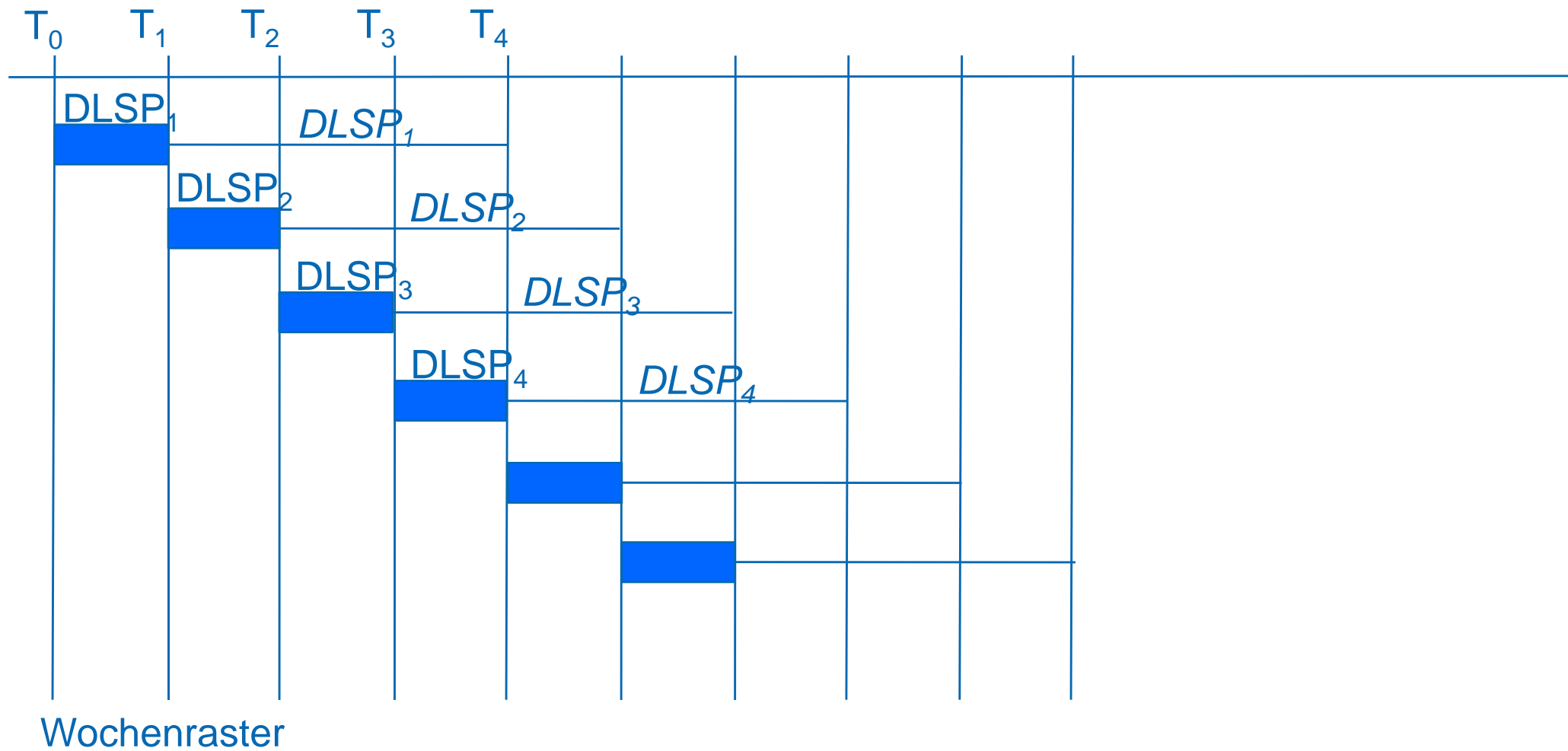
$$\forall i \in I^{\text{PF}}, \forall t, T \in T_P : \quad \overset{\text{(DLSP, 3)}}{B_{iT}} \geq B_{iT}^{\text{sht}}$$

$$\forall i \in I^{\text{PF}}, \forall t, T \in T_P : \quad \overset{\text{(DLSP, 4)}}{\delta_{it}^{\text{rüs}} \in \{0,1\}}$$

## Online-Algorithmus:

- Der Bedarf an Produkten ist nur für die nächste Bestellung / den nächsten Zeitabschnitt bekannt:  
„Was morgen bestellt wird, wissen wir heute nicht“
- Die Produktion ist so zu bestimmen, dass über dem gesamten Horizont  
**Zielwert (online)  $\leq c \cdot$  Zielwert (offline)**  
eingehalten wird.

# Verfahren für einen schrittweise ergänzten Planungshorizont



# Online-Formulierung über 52 \* (1+3) Wochen



Maximiere

$$\sum_{T \in T_P} \left( \sum_{i(t, T \in T'_T)} (b_{it} \cdot k_{it}^{\text{verk}}) - (k_i^{\text{rüs}} \cdot \max\{0, \delta_{it}^{\text{rüs}} - \delta_{i,t-1}^{\text{rüs}}\}) + k_{it}^{\text{stk}} \cdot w_i \cdot \delta_{it}^{\text{rüs}} + k_i^{\text{lag}} \cdot B_{iT} \right)$$

über folgenden Ansatz:

# Online-Formulierung über 52 \* (1+3) Wochen



Restriktionen Teilproblem 1 (Teilhorizont  $T'_T$ ):

$$\forall i \in I^{PF}, \forall t, T \in T'_T: B_{iT} = B_{i,T-1} + w_i \cdot \delta_{it}^{rüs} - b_{it} \quad (\text{DLSP, 1})$$

$$\forall t, T \in T'_T: \sum_i \delta_{it}^{rüs} \leq 1 \quad (\text{DLSP, 2})$$

$$\forall i \in I^{PF}, \forall t, T \in T'_T: B_{iT} \geq B_{iT}^{sht} \quad (\text{DLSP, 3})$$

$$\forall i \in I^{PF}, \forall t, T \in T'_T: \delta_{it}^{rüs} \in \{0,1\} \quad (\text{DLSP, 4})$$

Der Startbestand zu Beginn der Periode  $T'_T$  ist der Bestand zu Ende der Periode  $T'_T$  aus dem vorherigen Planungszyklus.

# Online-Formulierung über 52 \* (1+3) Wochen



Restriktionen Teilproblem 2 (Teilhorizont  $T''_T$ ):

$$\forall i \in I^{PF}, \forall t, T \in T''_T: B_{iT} = B_{i,T-1} + w_i \cdot \delta_{it}^{rüs} - b_{it} \quad (\text{DLSP, 1})$$

$$\forall t, T \in T''_T: \sum_i \delta_{it}^{rüs} \leq 1 \quad (\text{DLSP, 2})$$

$$\forall i \in I^{PF}, \forall t, T \in T''_T: B_{iT} \geq B_{iT}^{sht} \quad (\text{DLSP, 3})$$

$$\forall i \in I^{PF}, \forall t, T \in T''_T: \delta_{it}^{rüs} \in \{0,1\} \quad (\text{DLSP, 4})$$

Am Ende des Teilhorizonts  $T''_T$  gelten die für die Sicherstellung der Verfügbarkeit formulierten Bestandsbedingungen!



# Online-Formulierung über 52 \* (1+3) Wochen



Gemeinsame Restriktion für die beiden Teilhorizonte  $T'_T$  und  $T''_T$ :  
 $B_{iT}$  zu Ende Zeitraum  $T'_T = B_{iT}$  zu Anfang Zeitraum  $T''_T$

# Offline-Formulierung über 52 \* (1 + 3) Wochen



Zielfunktion:

Mit

$$K_T^{\text{verk}'} = \sum_{i, (t, T \in T_T')} (b_{it} \cdot k_{it}^{\text{verk}} - (k_i^{\text{rüs}} \cdot \max\{0, \delta_{it}^{\text{rüs}} - \delta_{i, t-1}^{\text{rüs}}\} + k_{it}^{\text{stk}} \cdot w_i \cdot \delta_{it}^{\text{rüs}} + k_i^{\text{lag}} \cdot B_{iT})) \geq X$$

und

$$K_T^{\text{verk}''} = \sum_{i, (t, T \in T_T'')} (b_{it} \cdot k_{it}^{\text{verk}} - (k_i^{\text{rüs}} \cdot \max\{0, \delta_{it}^{\text{rüs}} - \delta_{i, t-1}^{\text{rüs}}\} + k_{it}^{\text{stk}} \cdot w_i \cdot \delta_{it}^{\text{rüs}} + k_i^{\text{lag}} \cdot B_{iT})) \geq Y$$

Sowie  $\alpha + \beta = 1$  und  $x \geq 0$ ,  $Y = ?$  ( $x$  könnte bspw. 50 % vom maximal möglichen Gewinn bei ausschließlicher Verfügbarkeitssicherung in der 1. Periode sein)

Gilt dann

$$(\alpha \cdot K_T^{\text{verk}'} + \beta \cdot K_T^{\text{verk}''}) = \max \sum_T$$

# *Hierarchisches Vorgehen*

- Bottom up- und top down-Vorgehen
- Auslösen des Planungsprozesses auf jeder Ebene
- Durchgängigkeit bis PPS- und PDM-System





require



**HEINZ NIXDORF INSTITUT**  
Universität Paderborn  
Wirtschaftsinformatik, insbes. CIM  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

***Wir danken für Ihre Aufmerksamkeit!***

***Heinz Nixdorf Institut  
Wirtschaftsinformatik, insb. CIM  
Universität Paderborn  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn***

***Tel.: 0 52 51/60 64 85***

***Fax.: 0 52 51/60 64 83***

***E-Mail: [whd@hni.uni-paderborn.de](mailto:whd@hni.uni-paderborn.de)***

***<http://www.heinz-nixdorf-institut.de>***

