UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

MERCATOR School of Management

PLSP — Ein Mikroperioden-Modell für das dynamische einstufige Mehrprodukt-Losgrößenproblem

Dynamische Mehrprodukt-Losgrößenplanung (PLSP)

Annahmen:

- Der Rüstzustand kann übernommen werden.
- Es kann in einer Periode maximal einmal umgerüstet werden.
- Es können maximal zwei verschiedene Erzeugnisse in einer Periode produziert werden.

Modell CLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Kapazität in Periode t:

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathrm{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathrm{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

Es muss gerüstet werden, wenn $q_t > 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Wertebereich:

$$q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell CLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathsf{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathsf{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell PLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathsf{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathsf{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Übernahme des Rüstzustands: $q_{kt} \geq 0$; $y_{kt} \geq 0$; $\gamma_{kt} \in \{0, 1\}$

Modell PLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathsf{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathsf{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Übernahme des Rüstzustands: $q_{kt} \geq 0$; $y_{kt} \geq 0$; $\gamma_{kt} \in \{0, 1\}$; $\omega_{kt} \in \{0, 1\}$

$$\omega_{k0} = 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K}$$

Modell PLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathsf{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathsf{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Übernahme des Rüstzustands: $q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\};\ \omega_{kt} \in \{0, 1\}$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \omega_{kt} \leq 1 \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell PLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathsf{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathsf{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Übernahme des Rüstzustands: $q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\};\ \omega_{kt} \in \{0, 1\}$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \omega_{kt} \leq 1 \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\gamma_{kt} \geq \omega_{kt} - \omega_{k,t-1} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell PLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} (\mathsf{tb}_k \cdot q_{kt} + \mathsf{tr}_k \cdot \gamma_{kt}) \leq b_t \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$q_{kt} - M \cdot (\omega_{k,t-1} + \omega_{kt}) \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Übernahme des Rüstzustands: $q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\};\ \omega_{kt} \in \{0, 1\}$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \omega_{kt} \leq 1 \qquad \text{für alle } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$\gamma_{kt} \geq \omega_{kt} - \omega_{k,t-1} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Beispiel **PLSP**

Bedarfsmengen						Parameter			
Periode t / Erzeugnis k	1	2	3	4	5	h_k	s_k	$\mathtt{tb}_k$	$\mathtt{tr}_k$
1	30	–	80	–	40	1	100	1	10
2	–	–	30	–	70	1	100	1	10
3	–	–	40	–	60	1	100	1	10

Beispiel **PLSP**

Bedarfsmengen						Parameter			
Periode t / Erzeugnis k	1	2	3	4	5	h_k	s_k	tb_k	tr_k
1	30	–	80	–	40	1	100	1	10
2	–	–	30	–	70	1	100	1	10
3	–	–	40	–	60	1	100	1	10

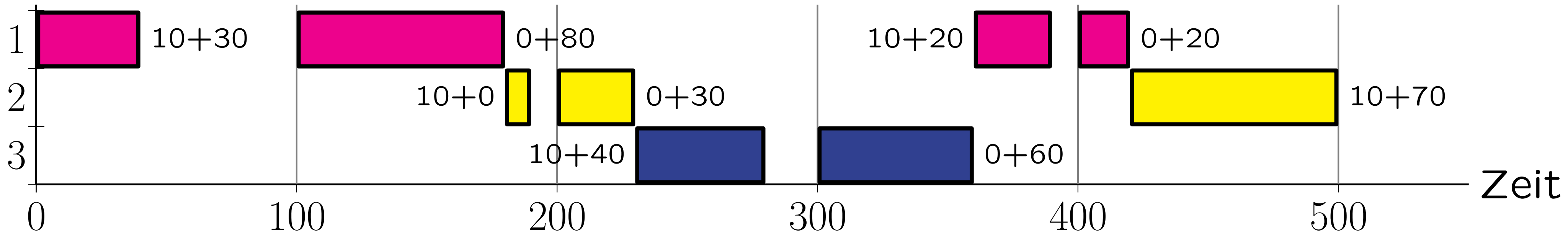
Produktionsmengen						
Erzeugnis k						
1	30	80	–	20	20	
2	–	–	30	–	70	
3	–	–	40	60	–	

Beispiel **PLSP**

Bedarfsmengen						Parameter			
Periode t / Erzeugnis k	1	2	3	4	5	h_k	s_k	tb_k	tr_k
1	30	–	80	–	40	1	100	1	10
2	–	–	30	–	70	1	100	1	10
3	–	–	40	–	60	1	100	1	10

Produktionsmengen					
Erzeugnis k					
1	30	80	–	20	20
2	–	–	30	–	70
3	–	–	40	60	–

Optimale Lösung:



Annahmen:

- Der Rüstzustand kann übernommen werden.
- Es kann in einer Periode maximal einmal umgerüstet werden.
- Es können maximal zwei verschiedene Erzeugnisse in einer Periode produziert werden.

MLCLSP — Ein Makroperioden-Modell für das dynamische mehrstufige Mehrprodukt-Losgrößenproblem

wegen Ressourcenkonkurrenz

- arbeitsgangbezogene Betrachtung (Production Process Model (PPM)) zur Erfassung aller Ressourcenverbräuche, d. h., nach jedem Arbeitsgang gilt eine neue Erzeugnisstufe als erreicht, und es wird ein neues (Zwischen-)Produkt identifiziert
- mehrstufige Betrachtung zur Erfassung der Erzeugnisstruktur
- simultane Betrachtung aller Werkstätten auf Grund der Materialflussbeziehungen

Modell CLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Kapazitäten in Periode t:

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \left(\mathrm{tb}_{kj} \cdot q_{kt} + \mathrm{tr}_{kj} \cdot \gamma_{kt} \right) \leq b_{jt} \qquad \text{für alle } j \in \mathcal{J} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Es muss gerüstet werden, wenn $q_{kt} > 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Wertebereich:

$$q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell MLCLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - y_{kt} = d_{kt} + \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Kapazitäten in Periode t:

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \left(\mathrm{tb}_{kj} \cdot q_{kt} + \mathrm{tr}_{kj} \cdot \gamma_{kt} \right) \leq b_{jt} \qquad \text{für alle } j \in \mathcal{J} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Es muss gerüstet werden, wenn $q_{kt} > 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Wertebereich:

$$q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell MLCLSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Kapazitäten in Periode t:

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \left(\mathrm{tb}_{kj} \cdot q_{kt} + \mathrm{tr}_{kj} \cdot \gamma_{kt} \right) \leq b_{jt} \qquad \text{für alle } j \in \mathcal{J} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

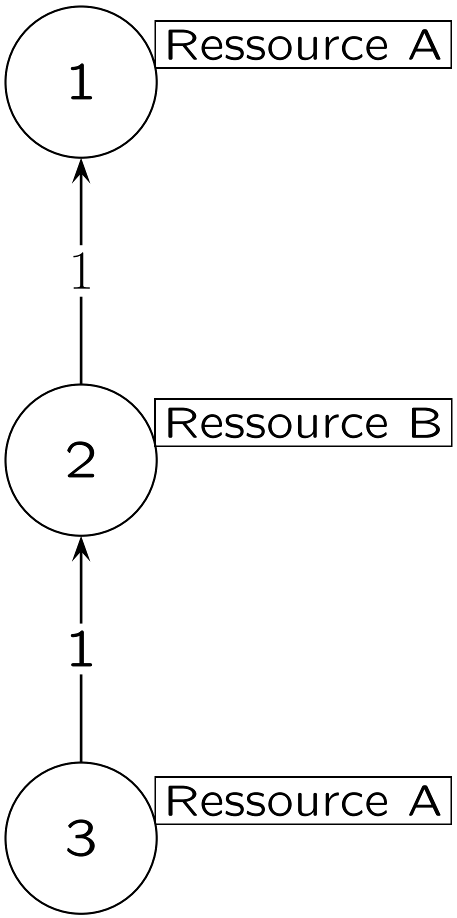
Es muss gerüstet werden, wenn $q_{kt} > 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

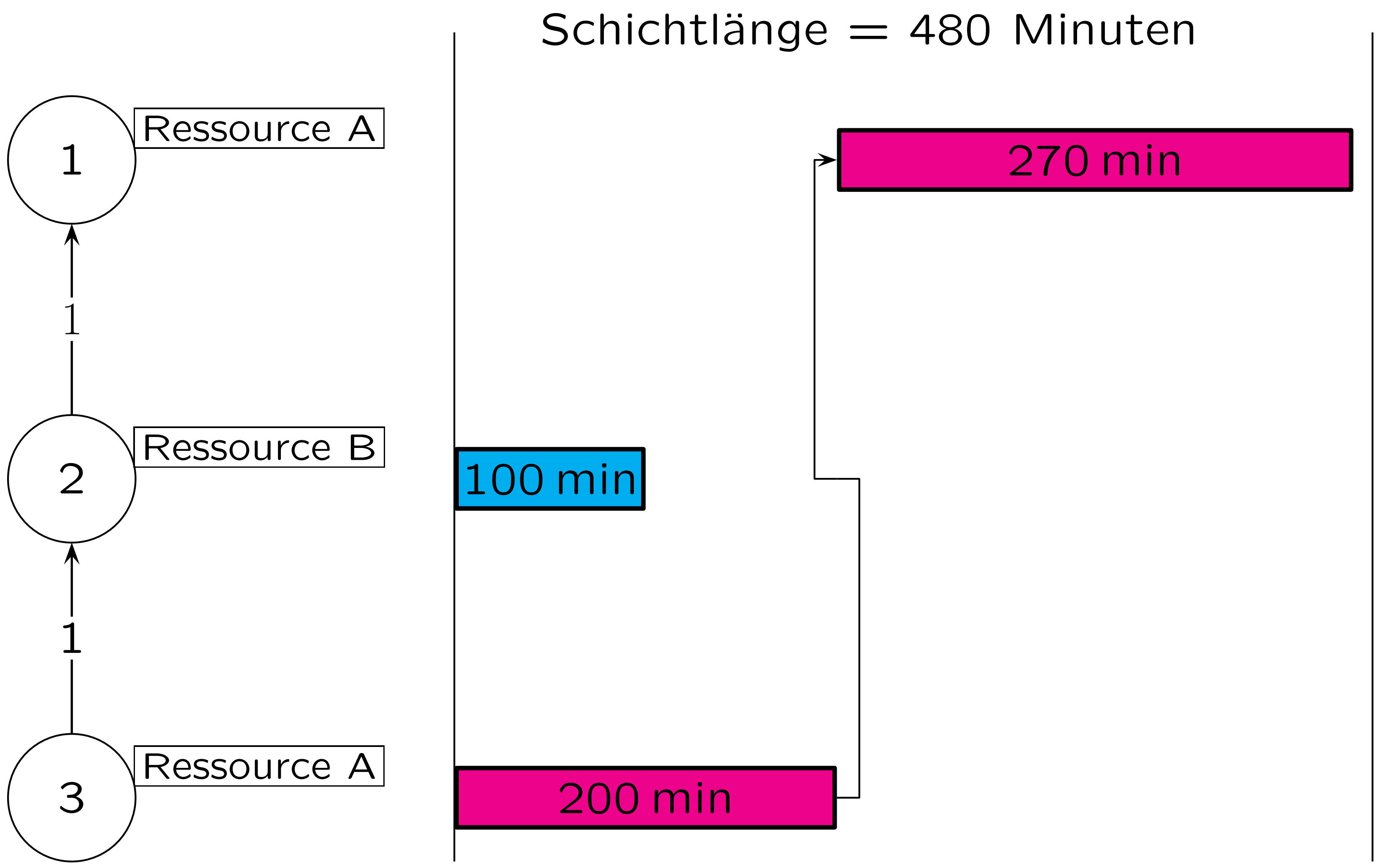
Wertebereich:

$$q_{kt} \geq 0;\ y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Erzeugnisstruktur

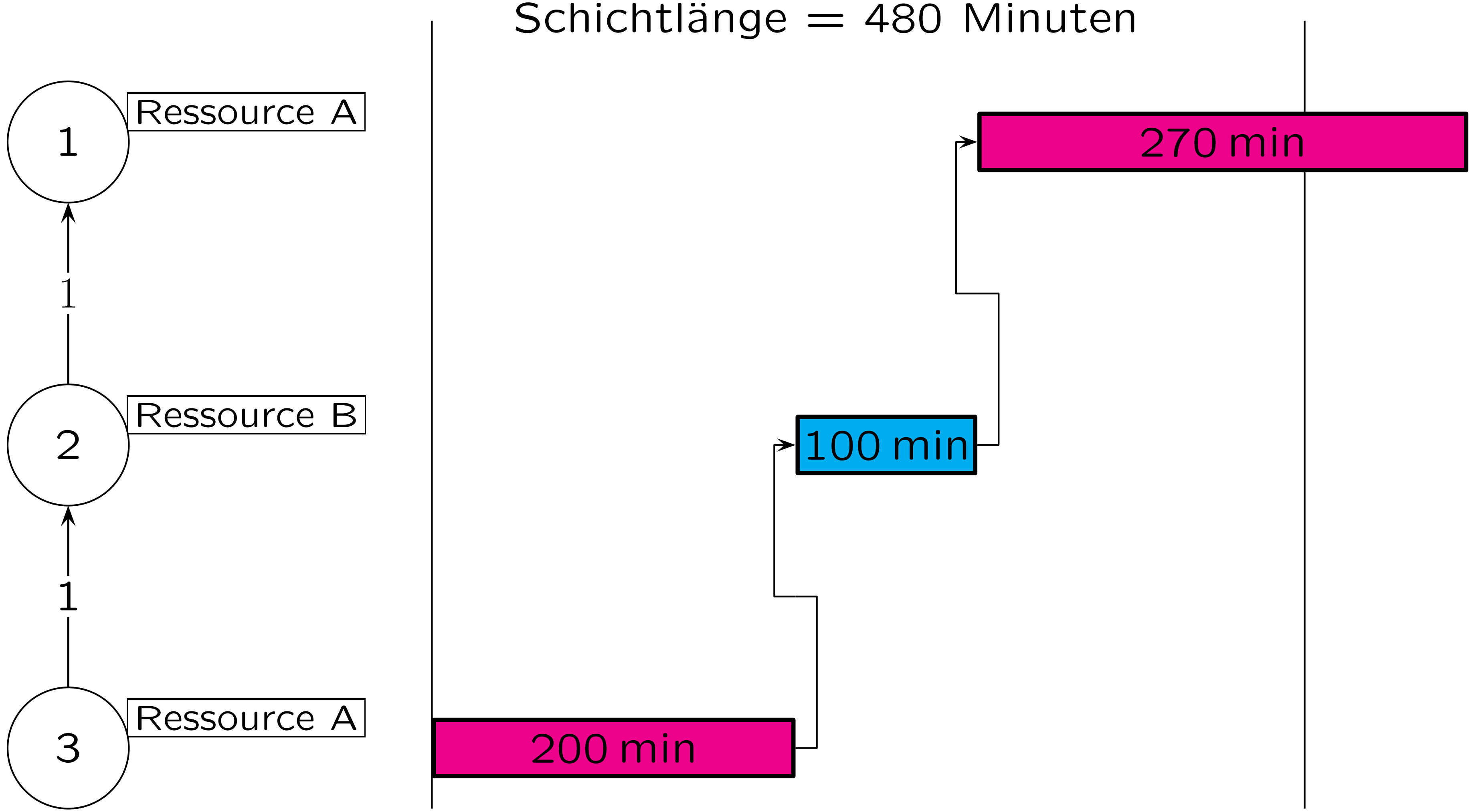


Erzeugnisstruktur **Ressourcenbelegung**

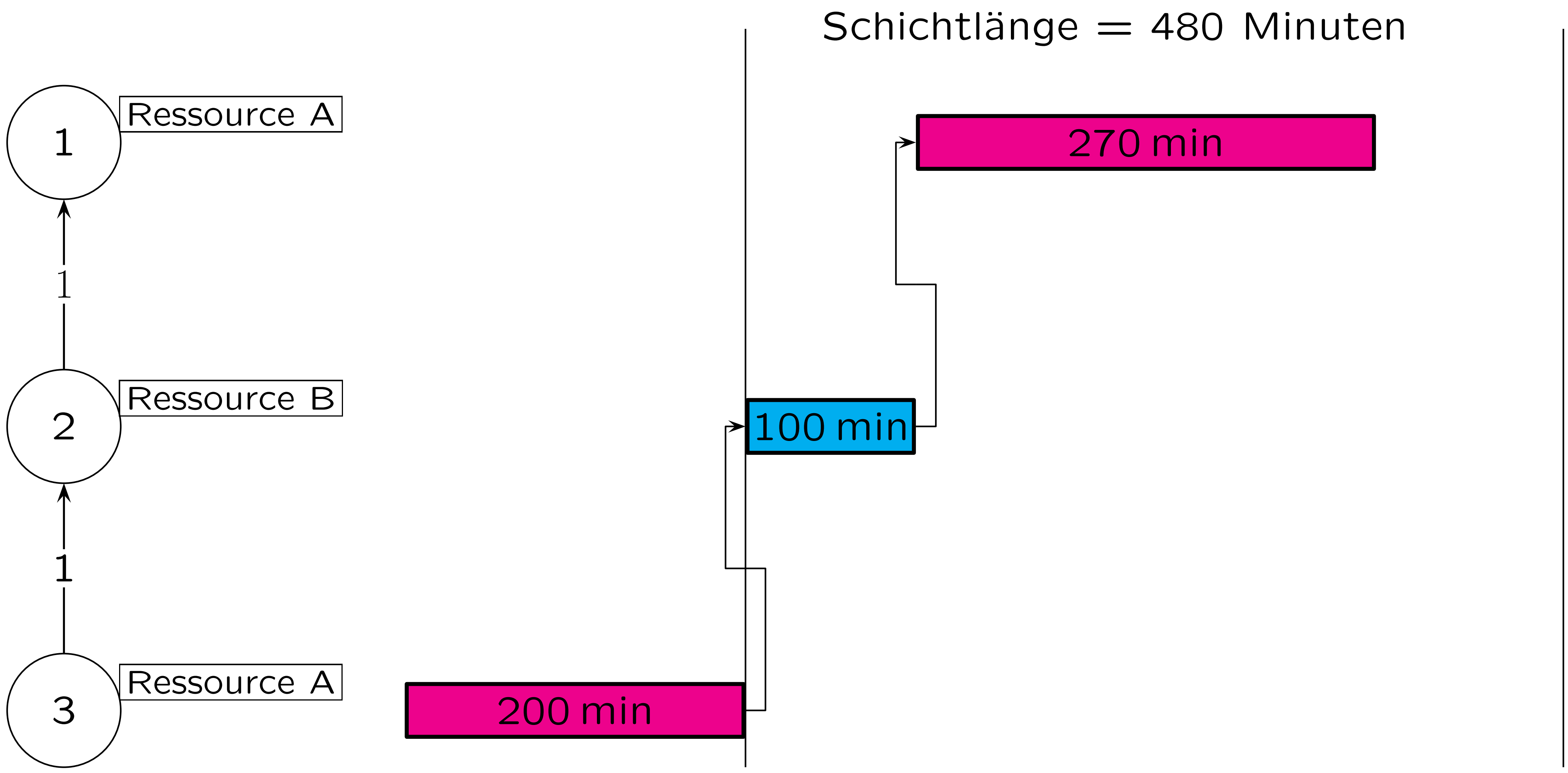


Erzeugnisstruktur **Ressourcenbelegung**

Schichtlänge = 480 Minuten



Erzeugnisstruktur **Ressourcenbelegung**



Bewertung der Lagerbestände:

- physische Lagerbestände mit vollen Lagerkosten

  $$\text{Lagerkosten}_{kt} = y_{kt} \cdot h_k \qquad (k \in \mathcal{K},\, t = 1, 2, \ldots, T)$$

- systemweite Lagerbestände mit marginalen Lagerkosten

  $$\text{Lagerkosten}_{kt} = E_{kt} \cdot e_k \qquad (k \in \mathcal{K},\, t = 1, 2, \ldots, T)$$

  - **echelon stock**

    $$E_{kt} = y_{kt} + \sum_{j \in \mathcal{N}_k^*} v_{kj} \cdot y_{jt} \qquad (k \in \mathcal{K},\, t = 1, 2, \ldots, T)$$

  - **echelon holding costs**

    $$e_k = h_k - \sum_{j \in \mathcal{V}_k} a_{jk} \cdot h_j \qquad (k \in \mathcal{K})$$

Beispiel **Erzeugnisstruktur** E1 $\xrightarrow{1}$ P1 $(h_{\text{E1}} = 6,\ h_{\text{P1}} = 10)$

physische Lagerbestände mit vollen Lagerkosten

k	h_k	Bestand am Periodenanfang (physisch)	Lager-kosten	Bestand am Periodenende (physisch)	Lager-kosten	Anstieg der Lagerkosten
P1	10	0	0	1	10	10
E1	6	1	6	0	0	−6
					Summe	4

systemweite Lagerbestände mit marginalen Lagerkosten

k	e_k	Bestand am Periodenanfang (systemweit)	Lager-kosten	Bestand am Periodenende (systemweit)	Lager-kosten	Anstieg der Lagerkosten
P1	4	0	0	1	4	4
E1	6	1	6	1	6	0
					Summe	4

Lösungsverfahren für mehrstufige Mehrprodukt-Losgrößenprobleme

Meta-Heuristiken

Modell MLULSP

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + s_k \cdot \gamma_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt})$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Es muss gerüstet werden, wenn $q_{kt} > 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Wertebereich:

$$0 \leq q_{kt} \leq \widehat{q}_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \in \{0, 1\} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell MLULSP bei gegebenem Rüstmuster

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt}) + \text{Rüstkosten}$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Es muss gerüstet werden, wenn $q_{kt} > 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Wertebereich:

$$0 \leq q_{kt} \leq \widehat{q}_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \text{ gegeben} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell MLULSP bei gegebenem Rüstmuster

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt}) + \text{Rüstkosten}$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Es darf nicht produziert werden, wenn $\gamma_{kt} = 0$ ist:

$$q_{kt} - M \cdot \gamma_{kt} \leq 0 \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Wertebereich:

$$0 \leq q_{kt} \leq \widehat{q}_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \text{ gegeben} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

Modell MLULSP bei gegebenem Rüstmuster

Minimiere die Summe aus Rüstkosten und Lagerkosten:

$$Z = \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t=1}^{T} (h_k \cdot y_{kt} + p_{kt} \cdot q_{kt}) + \text{Rüstkosten}$$

u. B. d. R.:

Bedarf in Periode t:

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

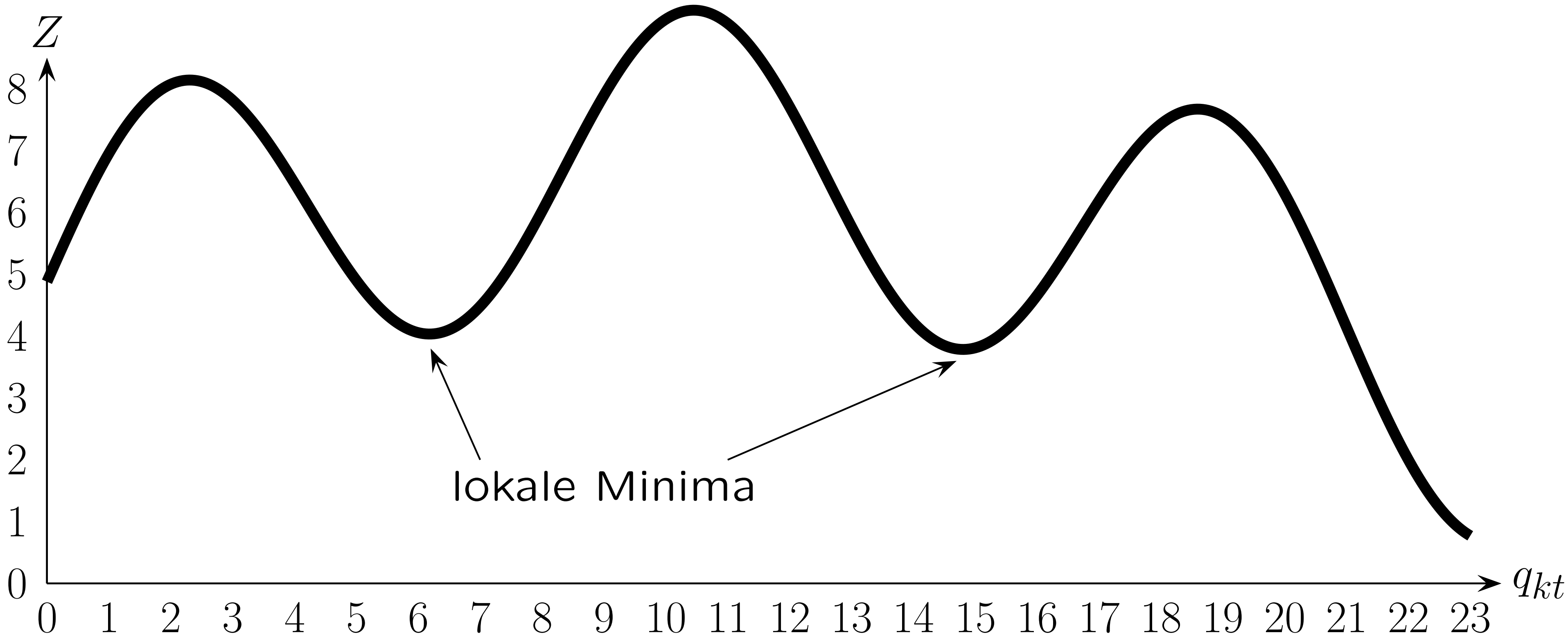
Es darf nicht produziert werden, wenn $\gamma_{kt} = 0$ ist:

$$\widehat{q}_{kt} = 0 \text{ für alle } k \in \{1, 2, \ldots, K | \gamma_{kt} = 0\} \qquad (t = 1, 2, \ldots, T)$$

Wertebereich:

$$0 \leq q_{kt} \leq \widehat{q}_{kt} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$

$$y_{kt} \geq 0;\ y_{k0} = 0;\ y_{kT} = 0;\ \gamma_{kt} \text{ gegeben} \qquad \text{für alle } k \in \mathcal{K} \text{ und } t = 1, 2, \ldots, T$$



Local Search (lokale Suchverfahren)

- deterministische Suchstrategie
- vorübergehendes Zulassen einer Lösungsverschlechterung
  - Simulated Annealing
  - genetische Algorithmen

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

MERCATOR SCHOOL OF MANAGEMENT

Lösungsverfahren für mehrstufige Mehrprodukt-Losgrößenplanungsprobleme unter Beachtung von Kapazitätsbeschränkungen

Eine Relax&Fix-Heuristik von Maes und van Wassenhove

MLCLSP — Verfahren von Maes

1. Vollständige Relaxation der Ganzzahligkeitsbedingungen
2. Fixierung von einzelnen Rüstvariablen
   - isoliert einzeln
     - periodenbezogen vorwärts
     - periodenbezogen rückwärts
     - produktbezogen rückwärts
     - maximumorientiert
   - simultan
3. Lösung des resultierenden LPs
   - Wenn alle binären Rüstvariablen ganzzahling sind, Stop!

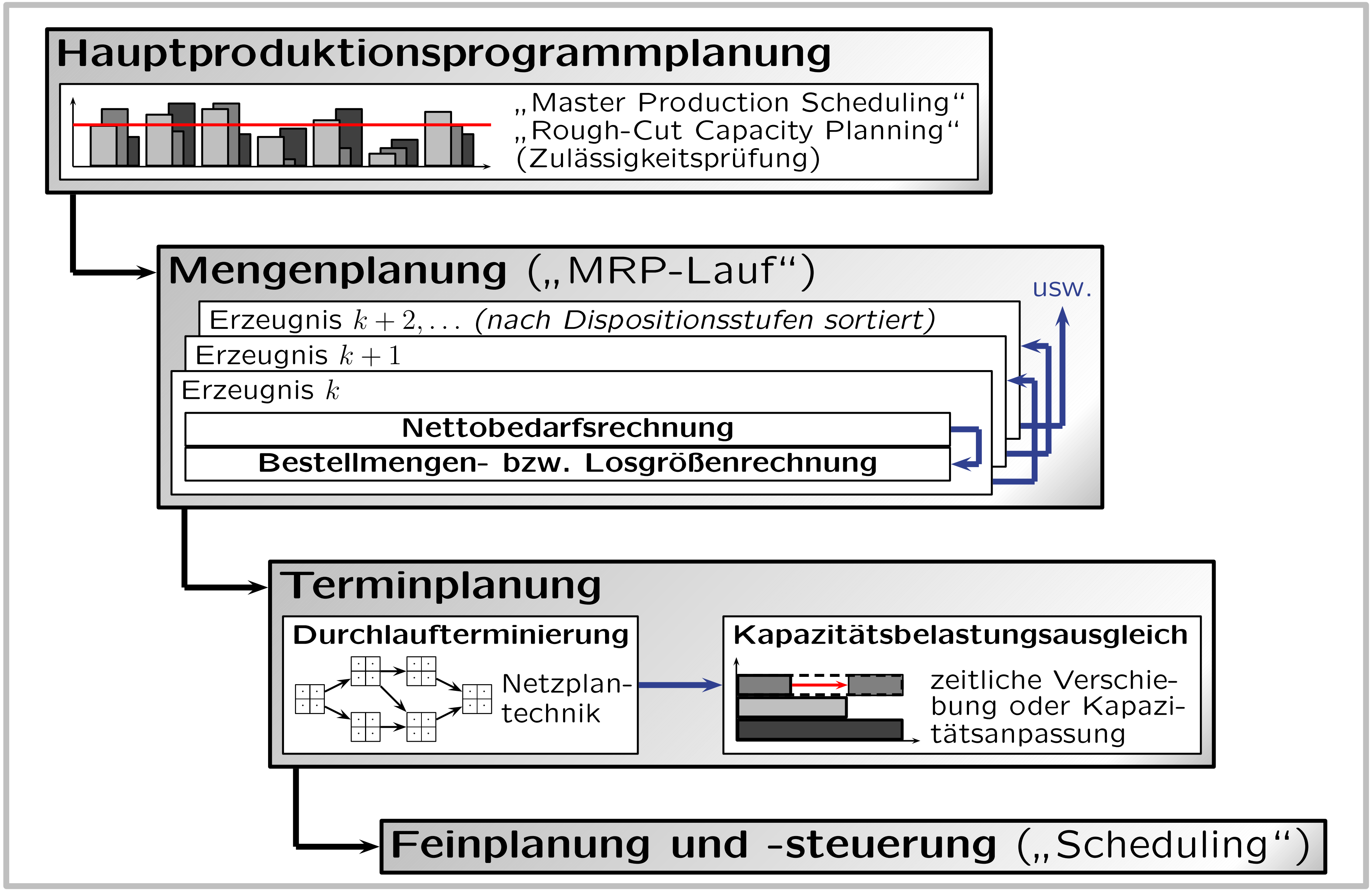
Eine Fix&Optimize-Heuristik von Sahling

Fix-and-Optimize-Heuristik in bezug auf Subprobleme:

- **Produktorientierte** Identifikation von Subproblemen:
  Die Rüstvariablen für ein Produkt über alle Perioden werden optimiert.
- **Ressourcenorientierte** Identifikation von Subproblemen:
  Alle Rüstvariablen, die sich auf eine Ressource beziehen, – ggf. reduziert auf verschiedene, sich überlappende Zeitfenster – werden optimiert.
- **Prozessorientierte** Identifikation von Subproblemen:
  Die Rüstvariablen für Produkte, die durch direkte Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen miteinander verbunden sind, – ggf. reduziert auf einzelne Zeitfenster – werden optimiert.

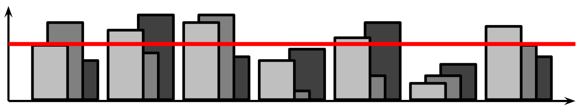
Alle nicht betrachteten Produkte und Perioden werden mit den besten gefundenen Werten für die binären Rüstvariablen vorbesetzt. Im Unterschied zu den Relax-and-Fix-Heuristiken gibt es nur ganzzahlige Lösungen für die Rüstvariablen.

Integration der Losgrößen- und Materialbedarfsplanung in ein PPS-System



(vgl. Günther/Tempelmeier (2009))

Hauptproduktionsprogrammplanung



„Master Production Scheduling“
„Rough-Cut Capacity Planning“
(Zulässigkeitsprüfung)

Mehrstufige, kapazitätsorientierte Mehrprodukt-Losgrößenplanung (MLCLSP)

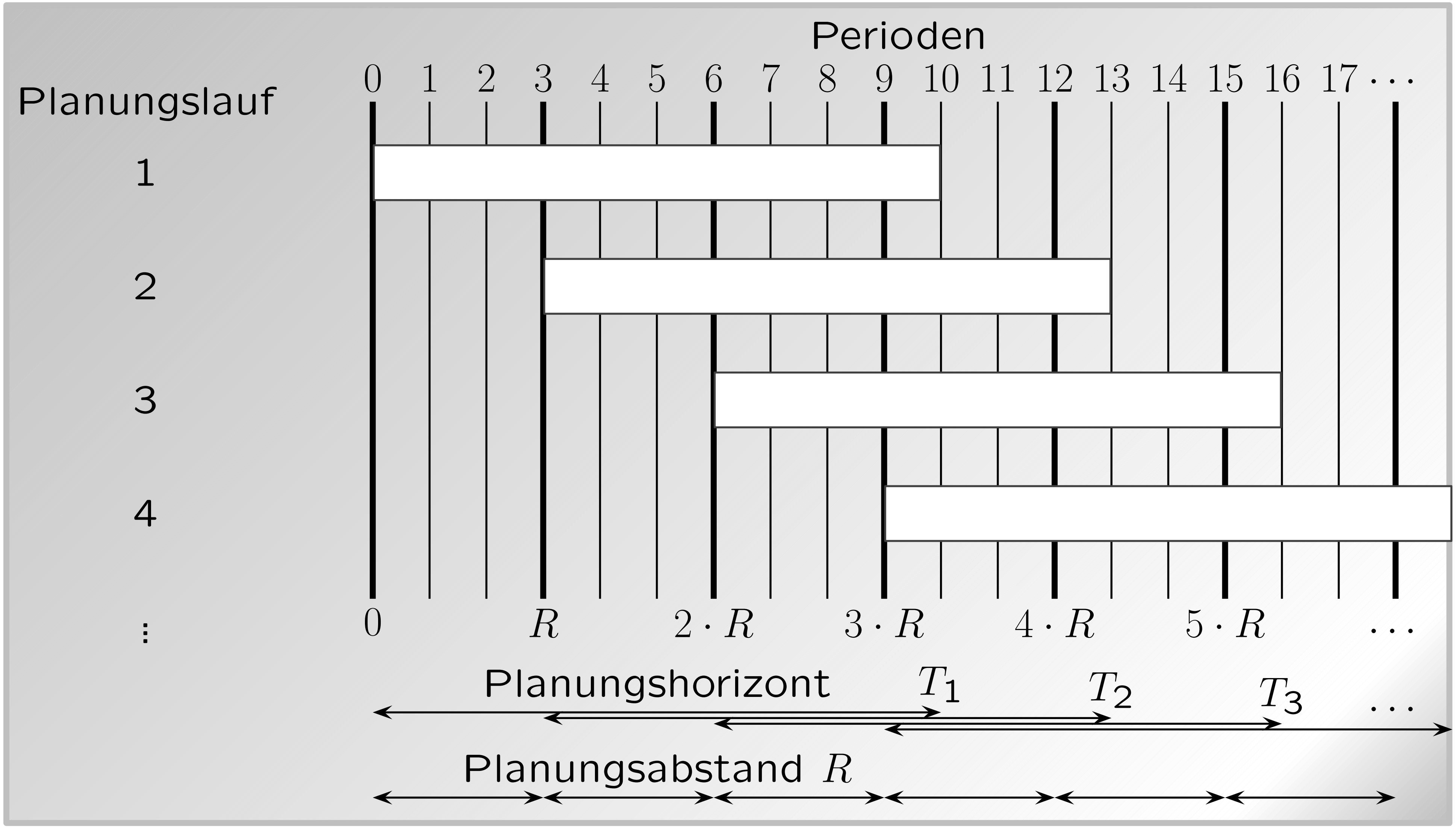
Kapazitätsorientierte Ressourceneinsatzplanung (RCPSP)

Feinplanung und -steuerung

(vgl. Günther/Tempelmeier (2009))

Materialdisposition in einem Konzept der rollierenden Planung

Rollierende Losgrößenplanung

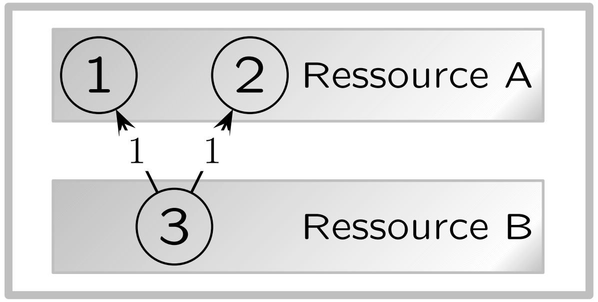


(vgl. Tempelmeier (2006))

Beispiel Rollierende Planung (MLCLSP)

(vgl. Tempelmeier (2008))

Erzeugnisstruktur:



Primärbedarfsmengen:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
d_{1t}	111	110	103	118	104	106	101	111	106	103	93
d_{2t}	166	152	148	156	125	116	139	153	131	154	139

Weitere Daten:

$b_{\mathrm{A}t} = 350, b_{\mathrm{B}t} = 500$

$s_1 = s_2 = s_3 = 400;\ h_1 = h_2 = 2,\ h_3 = 1$

$\mathrm{tb}_1 = \mathrm{tb}_2 = \mathrm{tb}_3 = 1,\ \mathrm{tr}_1 = \mathrm{tr}_2 = \mathrm{tr}_3 = 0$

$z_1 = z_2 = 0,\ z_3 = 2$

Lagerbilanzgleichungen

$$y_{k,t-1} + q_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = 1, \ldots, T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = z_k + 1, \ldots, T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen (im Planungslauf zum Zeitpunkt 0)

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = 0 + z_k + 1, \ldots, 0 + T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen (im Planungslauf am Ende von Periode τ)

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + z_k + 1, \ldots, \tau + T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen (im Planungslauf am Ende von Periode $\tau = n \cdot R$)

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + z_k + 1, \ldots, \tau + T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen (im Planungslauf am Ende von Periode $\tau = n \cdot R$)

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + z_k + 1, \ldots, \tau + T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen mit aus dem vorherigen Planungslauf übernommenen Zugangsmengen x_{kt}

$$y_{k,t-1} + x_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + 1, \ldots, \tau + z_k \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen (im Planungslauf am Ende von Periode $\tau = n \cdot R$)

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + z_k + 1, \ldots, \tau + T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen mit aus dem vorherigen Planungslauf übernommenen Zugangsmengen x_{kt}

$$y_{k,t-1} + x_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + 1, \ldots, \tau + z_k \end{pmatrix}$$

$$(n = 0, 1, 2, \ldots)$$

Lagerbilanzgleichungen (im Planungslauf am Ende von Periode $\tau = n \cdot R$)

$$y_{k,t-1} + q_{k,t-z_k} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + z_k + 1, \ldots, \tau + T \end{pmatrix}$$

Lagerbilanzgleichungen mit aus dem vorherigen Planungslauf übernommenen Zugangsmengen x_{kt}

$$y_{k,t-1} + x_{kt} - \sum_{j \in \mathcal{N}_k} a_{kj} \cdot q_{jt} - y_{kt} = d_{kt} \qquad \begin{pmatrix} k \in \mathcal{K} \\ t = \tau + 1, \ldots, \tau + z_k \end{pmatrix}$$

$$(n = 0, 1, 2, \ldots)$$

Beispiel **Rollierende Planung zum Zeitpunkt** $\tau = 0$: $x_{31} = 292$, $x_{32} = 350$

$$y_{30} + 292 - q_{11} - q_{21} - y_{31} = 0 \qquad (t = 1)$$

$$y_{31} + 350 - q_{12} - q_{22} - y_{32} = 0 \qquad (t = 2)$$

$$y_{32} + q_{31} - q_{13} - q_{23} - y_{33} = 0 \qquad (t = 3)$$

usw.

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			292	350	304	328	242	0	350	153

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			292	350	304	328	242	0	350	153
$x_{3,t+2}$	292	350								

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			292	350	304	328	242	0	350	153
$x_{3,t+2}$ bzw. q_{3t}	292	350	377	500	0	0	500	0	–	–

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			292	350	304	328	242	0	350	153
$x_{3,t+2}$ bzw. q_{3t}	292	350	377	500	0	0	500	0	—	—
y_{3t}		0	0	0	73	245	3	3	153	0

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			292	350	304	328	242	0	350	153
$x_{3,t+2}$ bzw. q_{3t}	292	350	377	500	0	0	500	0	—	—
y_{3t}		0	0	0	73	245	3	3	153	0

$y_{31} = y_{30} + x_{31} -$ Sekundärbedarf$_{31} = 0 + 292 - 292 = 0$
$y_{32} = y_{31} + x_{32} -$ Sekundärbedarf$_{32} = 0 + 350 - 350 = 0$

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim ersten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 0$:

t	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
d_{1t}			111	110	103	118	104	106	101	111
q_{1t}			126	198	0	328	0	0	212	0
y_{1t}		0	15	103	0	210	106	0	111	0
d_{2t}			166	152	148	156	125	116	139	153
q_{2t}			166	152	304	0	242	0	138	153
y_{2t}		0	0	0	156	0	117	1	0	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			292	350	304	328	242	0	350	153
$x_{3,t+2}$ bzw. q_{3t}	292	350	377	500	0	0	500	0	–	–
y_{3t}		0	0	0	73	245	3	3	153	0

$y_{31} = y_{30} + x_{31} -$ Sekundärbedarf$_{31} = 0 + 292 - 292 = 0$
$y_{32} = y_{31} + x_{32} -$ Sekundärbedarf$_{32} = 0 + 350 - 350 = 0$
$y_{33} = y_{32} + q_{31} -$ Sekundärbedarf$_{33} = 0 + 377 - 304 = 73$
$y_{34} = y_{33} + q_{32} -$ Sekundärbedarf$_{34} = 73 + 500 - 328 = 245$
$y_{35} = y_{34} + q_{33} -$ Sekundärbedarf$_{35} = 245 + 0 - 242 = 3$
usw.

Beispiel **MLCLSP für 8 Perioden** (s. o.) (vgl. Tempelmeier (2008))

Optimale Lösung beim zweiten Planungslauf im Zeitpunkt $\tau = 3$:

t / t'	2 / -1	3 / 0	4 / 1	5 / 2	6 / 3	7 / 4	8 / 5	9 / 6	10 / 7	11 / 8
d_{1t}			118	104	106	101	111	106	103	93
q_{1t}			328	0	0	212	0	209	0	93
y_{1t}		0	210	106	0	111	0	103	0	0
d_{2t}			156	125	116	139	153	131	154	139
q_{2t}			0	242	0	138	284	0	293	0
y_{2t}		156	0	117	1	0	131	0	139	0
Sekundärbedarf$_{3t}$			328	242	0	350	284	209	293	93
$x_{3,t+2}$	500	0	—	—	—	—	—	—	—	—
q_{3t}	—	—	0	347	493	0	386	0	—	—
y_{3t}		73	245	3	3	0	209	0	93	0