

Modellvorschlag für IM-Challenge

Produktion und Distribution von Radiopharmaka

Tom Vogel

7. September 2017

Parameter:

| | |
|-------------|---|
| a^{min} | Minimale Radioaktivität |
| a^{max} | Maximale Radioaktivität |
| d_i^{min} | Minimale Zeit zwischen Produktionsende eines Batches vom Typ i und Verwendung |
| d_i^{max} | Maximale Zeit zwischen Produktionsende eines Batches vom Typ i und Verwendung |
| N_{jt} | Start der Nachfrageperiode t in Einrichtung j |
| p_i | Produktionszeit für einen Batch vom Typ i |
| b_i | Produktionsmenge von Batch i |
| a_i | Radioaktivität von Batch i am Ende der Produktion |
| c | Zerfallskoeffizient |
| L_{jk} | Distanz zwischen Einrichtung j und k |
| T_{jk} | Fahrzeit zwischen Einrichtung j und k |
| S_j | Entladezeit an Einrichtung j |
| c^{PF} | Fixkosten pro Produktionslinie |
| c^P | Produktionskosten pro Minute(!) |
| M^F | Fixkosten pro Fahrzeug |
| m^v | Kosten pro gefahrener Meile |
| m^t | Kosten pro Fahrzeug pro Minute(!) |
| M^s | Strafkosten für nicht befriedigte Nachfrage |
| M | ausreichend große Zahl |

Die Parameter d_i^{min} und d_i^{max} sind nicht explizit gegeben und müssen wie folgt bestimmt werden. Das kann beim Pre-Processing geschehen, wodurch nicht-lineare Nebenbedingungen vermieden werden.

$$a_i \cdot c^{d_i^{min}/30} = a^{min} \quad (1)$$

$$a_i \cdot c^{d_i^{max}/30} = a^{max} \quad (2)$$

Entscheidungsvariablen:

| | |
|------------------|---|
| α_p | = 1, wenn Produktionslinie p verwendet wird |
| g_v | = 1, wenn Fahrzeug v genutzt wird |
| ϵ_{jt} | = 1, wenn Nachfrage in Einrichtung j in Periode t nicht befriedigt wird |
| x_{cjt} | = 1, wenn eine Einheit von Batch c zur Befriedigung des Bedarfs von Einrichtung j in Periode t verwendet wird |
| y_{icp} | = 1, wenn Batch c vom Typ i an Linie p produziert wird |
| γ_{cdp} | = 1, wenn Batch d direkt nach Batch c auf Linie p produziert wird |
| γ_{0dp} | = 1, wenn Batch d der erste Batch ist, der auf Linie p produziert wird |
| st_{cp} | Startzeitpunkt von Batch c auf Linie p |
| λ_{cjvr} | = 1, wenn Fahrzeug v die Einrichtung j mit (mindestens) einer Einheit von Batch c auf Tour r beliefert |
| β_{vjkr} | = 1, wenn Fahrzeug v auf Tour r von Einrichtung j zu Einrichtung k fährt |
| f_{vrj} | Ankunftszeit von Fahrzeug v auf Tour r an Ort j |
| z_{vr} | Start von Tour r von Fahrzeug v |

Modell:

$$\begin{aligned} \min \sum_{j,t} \epsilon_{jt} \cdot M^S + \sum_p \alpha_p \cdot c^{PF} + \sum_{i,c,p} y_{icp} \cdot p_i \cdot c^P \\ + \sum_v g_v \cdot M^F + \sum_{v,j,k,r} \beta_{vjkr} \cdot L_{jk} \cdot m^v + \sum_{v,j,k,r} \beta_{vjkr} \cdot T_{jk} \cdot m^t \end{aligned} \quad (3)$$

$$\sum_p st_{cp} + \sum_{i,p} y_{icp} \cdot (p_i + d_i^{min}) \geq N_{jt} \cdot x_{cjt} \quad \forall j, c, t \quad (4)$$

$$\sum_p st_{cp} + \sum_{i,p} y_{icp} \cdot (p_i + d_i^{max}) \leq N_{jt} \cdot x_{cjt} \cdot M \quad \forall j, c, t \quad (5)$$

$$st_{cp} + \sum_i y_{icp} \cdot p_i \leq st_{dp} + M \cdot (1 - \gamma_{cdp}) \quad \forall c, d, p \quad (6)$$

$$\epsilon_{jt} + \sum_c x_{cjt} \geq 1 \quad \forall j, t \quad (7)$$

$$\sum_{v,r} \lambda_{cjvr} \geq x_{cjt} \quad \forall c, j, t \quad (8)$$

$$f_{vrj} + S_j + 30 \leq N_{jt} \cdot M \cdot \sum_c 1 - \lambda_{cjvr} \quad \forall v, r, j, t \quad (9)$$

$$f_{vrj} + S_j + T_{jk} \leq f_{vrk} + (1 - \beta_{vjkr})M \quad \forall v, r, j, k \quad (10)$$

$$\sum_p st_{cp} + \sum_{i,p} y_{icp} \cdot p_i \leq z_{vr} + M(1 - \lambda_{cjavr}) \quad \forall c, j, v, r \quad (11)$$

$$\sum_{i,c} y_{icp} \leq M\alpha_p \quad \forall p \quad (12)$$

$$\sum_{c,j,r} \lambda_{cjavr} \leq Mg_v \quad \forall v \quad (13)$$

$$\sum_{j,t} x_{cjt} \leq \sum_{i,p} b_i \cdot y_{icp} \quad \forall c \quad (14)$$

$$\sum_{i,p} y_{icp} \leq 1 \quad \forall c \quad (15)$$

$$\sum_k \beta_{v0kr} = g_v \quad \forall v, r \quad (16)$$

$$\sum_j \beta_{vj0r} = g_v \quad \forall v, r \quad (17)$$

$$f_{vr0} \leq z_{v,r+1} \quad \forall v, r \quad (18)$$

$$\sum_{j=0}^n \beta_{vjkr} = \sum_{l=1}^n \beta_{vklr} \quad \forall v, r, k \quad (19)$$

$$\alpha_p, g_v, \epsilon_{jt}, x_{cjt}, y_{icp}, \gamma_{cdp}, \gamma_{0dp}, \lambda_{cjavr}, \beta_{vjkr} \in \{0, 1\} \quad (20)$$

$$st_{cp}, f_{vrj}, z_{vr} \geq 0 \quad (21)$$

- Zielfunktion: Minimiere Strafkosten, fixe Produktionskosten, variable Produktionskosten, Fixkosten pro Fahrzeug, variable Kosten für Fahrtstrecke, variable Kosten für Fahrtzeit
- Nebenbedingungen (4) und (5): Batch c kann nur dann für die Nachfrage von Einrichtung j in Periode t verwendet werden, wenn zwischen Produktionsende und Nachfragezeitpunkt die minimale und maximale Wartezeit eingehalten wurde - sofern c überhaupt für diese Einrichtung und Periode vorgesehen ist.
- Nebenbedingung (6): Batch d kann erst auf Linie p starten, wenn Batch c vorher beendet wurde - sofern c der Vorgänger-Batch von d ist.
- Nebenbedingung (7): Wird die Nachfrage von Einrichtung j in Periode t nicht erfüllt, werden Strafkosten fällig.
- Nebenbedingung (8): Batch c kann nur dann für die Nachfrage von Einrichtung j in Periode t verwendet werden, wenn es mindestens ein Fahrzeug v gibt, welches auf einer Tour r Einrichtung j mit einer Einheit aus Batch c beliefert.
- Nebenbedingung (9): Fahrzeug v muss auf Tour r rechtzeitig an Einrichtung j ankommen sowie Servicezeit und die 30 Minuten vor Verwendung einbeziehen, damit es die Nachfrage von Periode t bedienen kann. Das gilt nur, wenn Fahrzeug v auf Tour r Einrichtung j mit mindestens einer Einheit aus Batch c beliefert.

- Nebenbedingung (10): Die Ankunftszeit von Fahrzeug v auf Tour r an Einrichtung k ergibt sich aus der Ankunfts- und Entladezeit bei der vorherigen Einrichtung j sowie der Fahrzeit von j nach k - sofern diese Strecke überhaupt gefahren wird.
- Nebenbedingung (11): Fahrzeug v kann die Einrichtung j mit (mindestens) einer Einheit von Batch c auf Tour r nur dann beliefern, wenn der Batch vor dem Tourstart fertig ist.
- Nebenbedingung (12): Batch c vom Typ i kann nur dann an Linie p produziert werden, wenn diese Linie benutzt wird.
- Nebenbedingung (13): Sobald Fahrzeug v für irgendeine Belieferung von Einrichtung j mit einem Batch c auf einer Tour r eingesetzt wird, muss die entsprechende Entscheidungsvariable g_v auf 1 gesetzt werden und in der Zielfunktion fallen Fixkosten an.
- Nebenbedingung (14): Damit eine Einheit von Batch c für die Nachfrage von Einrichtung j in Periode t verwendet werden kann, muss ein Batch c eines Typs i an einer Linie p produziert werden und darf nicht bereits vollständig für andere Einrichtungen bzw. Perioden verwendet worden sein.
- Nebenbedingung (15): Jeder Batch c darf nur auf einer Linie p produziert werden und muss genau einem Typ i zugeordnet sein.
- Nebenbedingung (16): Jede Tour r muss beim Knoten 0, dem Produktionszentrum, starten. Dadurch gilt das Fahrzeug v als genutzt und Fixkosten fallen an (siehe Zielfunktion).
- Nebenbedingung (17): Jede Tour r muss beim Knoten 0, dem Produktionszentrum, enden. Dadurch gilt das Fahrzeug v als genutzt und Fixkosten fallen an (siehe Zielfunktion).
- Nebenbedingung (18): Fahrzeug v kann erst dann eine neue Tour $r + 1$ starten, wenn es die vorherige Tour r am Produktionszentrum beendet hat.
- Nebenbedingung (19): Wenn Fahrzeug v in Tour r zur Einrichtung k fährt, muss es diese Einrichtung auch wieder verlassen.