

## 4. Übungsblatt

### GANZZAHLIGE OPTIMIERUNG IM ÖFFENTLICHEN VERKEHR

Ralf Borndörfer, Christian Liebchen, Marc Pfetsch

**1. Aufgabe:** Implementiere das Direktfahrermodell zur Linienplanung mit ZIMPL. Benutze dazu die unten/umseitig dargestellten Daten für die Niederlande. Setze die Zugkapazität auf  $\kappa := \text{maxtraincap}$  und berechne die unteren Frequenzschranken durch  $\underline{\Lambda}_e := \left\lceil \frac{\rho_e}{\kappa} \right\rceil$ .

- Zunächst benutze Variablen  $y_{\ell st}$  für alle Kombinationen von Linien und Knoten-Paaren ( $\ell \in \mathcal{L}$ ,  $s, t \in V$ ).
- Reduziere die Anzahl der Variablen indem nur Kombinationen von Linien  $\ell$  und OD-Paaren  $(s, t) \in D$  (also  $d_{st} > 0$ ) mit  $s, t \in \ell$  zugelassen sind.
- Löse die zwei folgenden Varianten dieses Modells mit SCIP oder CPLEX. In der einen Variante werden die oberen Schranken für die Frequenzen ignoriert, in der zweiten wird der Wert  $\text{maxfreq} = 10$  für die Frequenzschranken benutzt. Vergleiche die beiden Lösungen.

**2. Aufgabe:** Benutze ZIMPL um das kostenminimierungs-Modell für die Linienplanung mit den Niederlande-Daten. Löse das Problem jeweils mit oberen Frequenzschranken und ohne obere Beschränkungen.

Die Umlaufzeit  $T_\ell$  ist die Summe der Fahrzeiten in beide Richtungen plus Rangierzeiten an den Enden. Die Rangierzeiten sind wie folgt:

Ehv	Gn	Gvc	Hgl	Lls	Rsdg	Std	Apd	Asn	Gv	Hr	Mt
5	5	5	5	5	5	5	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
Shl	Zvg	Ah	Asd	Asdz	Bd	Lw	Odzg	Rtd	Ut	Zl	
13.8	13.8	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	

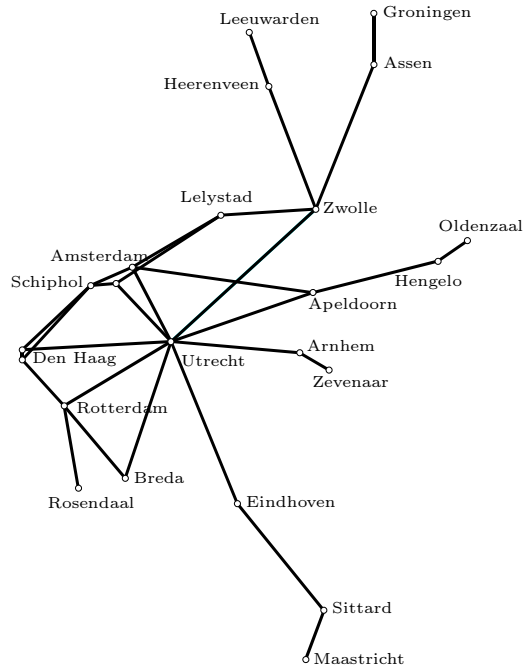
Bei Berechnung der Kosten wird die Länge einer Linie durch die Fahrzeit ersetzt. Die unteren Frequenzschranken werden wie in der 1. Aufgabe berechnet.

Benutze folgenden Werte für die beiden Aufgaben:

- ▷  $\text{mincars} := 3$  ( $\underline{z}$ , minimale Anzahl von Wagons pro Zug)
- ▷  $\text{maxcars} := 5$  ( $\bar{z}$ , maximale Anzahl von Wagons pro Zug)
- ▷  $\text{carcap} := 467$  ( $K$ , Kapazität für einen Wagon)
- ▷  $\text{maxfreq} := 10$  ( $\bar{\Lambda}_e$ , obere Schranke für die Kapazität)
- ▷  $\text{maxtraincap} := \text{maxcars} * \text{carcap}$  (maximale Zugkapazität)
- ▷  $\text{carfixedcost} := 353100$  ( $C^c$ , Fixkosten pro Wagon)
- ▷  $\text{trainfixedcost} := \text{carfixedcost}$  ( $C^t$ , Fixkosten pro Zug)
- ▷  $\text{caropercost} := 5803$  ( $c^c$ , operative Kosten pro Wagon)
- ▷  $\text{trainopercost} := 44959$  ( $c^t$ , operative Kosten pro Zug)

## Niederlande-Daten

Für die Übungsaufgaben werden Daten für das niederländische Intercity-Netz benutzt. (Die Daten stammen aus einem GAMS Modell von Michael Bussieck.) Das Netz sieht wie folgt aus:



Die folgenden Abkürzungen für Knoten werden benutzt:

Ah	Arnhem	Gv	Den Haag HS	Rsdg	Rosendaal Grens
Apd	Apeldoorn	Gvc	Den Haag CS	Rtd	Rotterdam CS
Asd	Amsterdam CS	Hgl	Hengelo	Shl	Schiphol
Asdz	Amsterdam Zuid WTC	Hr	Heerenveen	Std	Sittard
Asn	Assen	Lls	Lelystad Centrum	Ut	Utrecht CS
Bd	Breda	Lw	Leeuwarden	Zl	Zwolle
Ehv	Eindhoven	Mt	Maastricht	Zvg	Zevenaar Grens
Gn	Groningen	Odzg	Oldenzaal Grens		

Die Daten sind in mehreren Dateien enthalten:

- ▷ *edges.dat*: gerichtete Kanten des Graphs (Hin- und Rückrichtung sind enthalten)
- ▷ *load.dat*: enthält  $\rho_e$  (Anzahl der Passagiere pro Kante).
- ▷ *times.dat*: Fahrzeit pro Kante
- ▷ *odnodes.dat*: OD-Knoten (Teilmenge der Knoten).
- ▷ *od.dat*: OD-Matrix
- ▷ *lines.dat*: Kanten in Linien – die Linien sind ungerichtet, d. h. das Modell muss Vorwärts- und Rückwärtsrichtung der Kanten berücksichtigen.