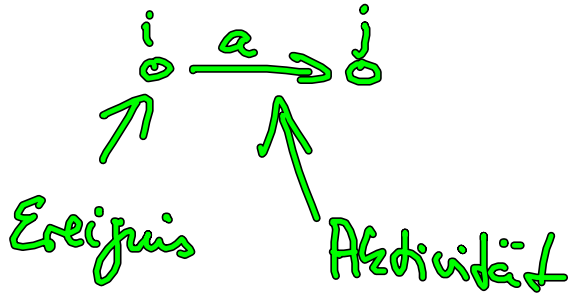


Fahrpläne / Ablaufpläne



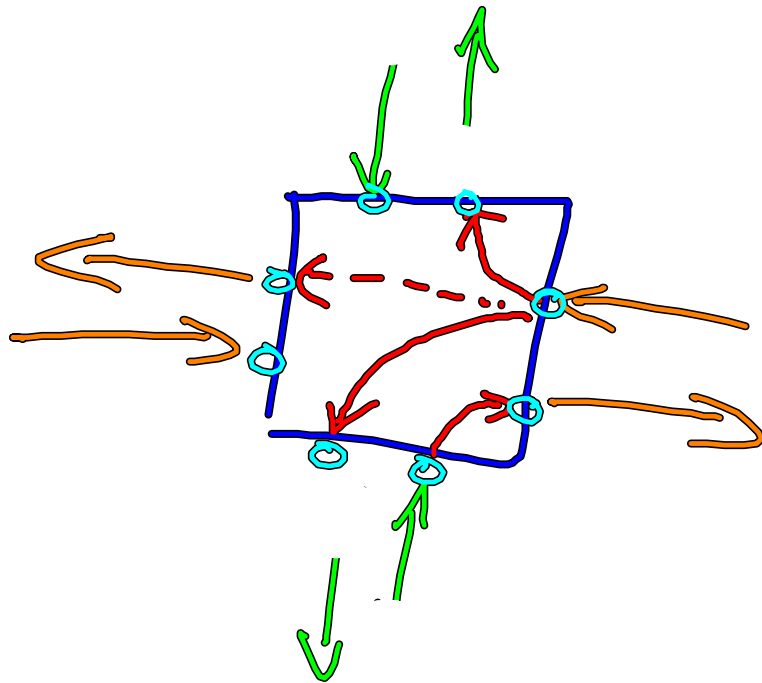
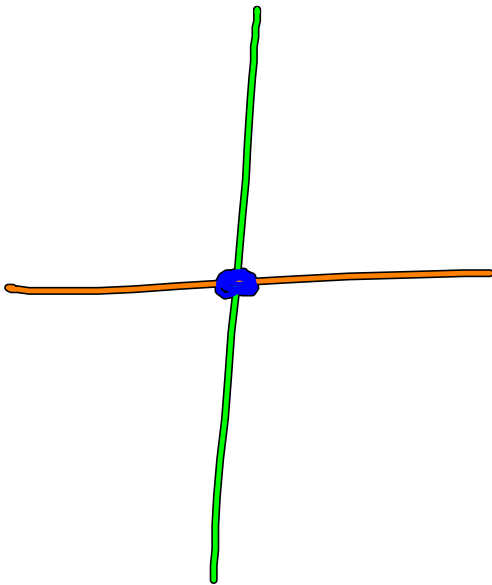
Ereignis-Aktivitätsstruktur

$$c_a \geq \pi_j - \pi_i \geq l_a$$

Fahrbanden

Stopbanden

Unstetige Banden



↳ Azyklischer gerichteter Graph (DAG)

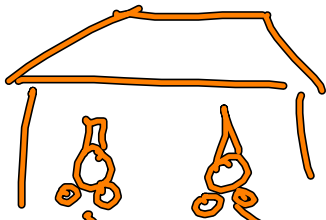
# Periodischer Fahrplan

## 1. Möglichkeit

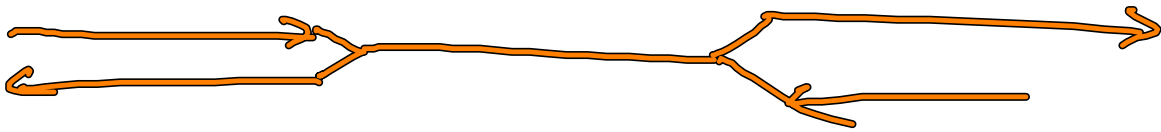
$$i \longrightarrow i' \longrightarrow i''$$
$$u_a \geq \bar{\pi}_{i'} - \pi_i \geq l_a, \quad l_a = u_a = T$$

↑  
Periode (z.B. 10 min)

fehlende Modellierungskraft:



Wo quert? / Headway Constraints



Einfließigkeit

---

## 2. Möglichkeit

$$u_a \geq \pi_{ij} - \pi_i + p \cdot T \geq l_a \quad p \in \mathbb{Z}$$

- Graph nicht notwendig azyklisch
- Headways / Eingangszeit ...



[13, 47]

Gemischt Ganzzahliges Programm

$$\min_{\pi \in \mathcal{M}} \sum (\pi_j - \pi_i) \bmod T \cdot w_a$$

$$l \leq B \pi + p T \leq u$$

$$\begin{array}{l} \pi \in \mathbb{Q}^V \\ p \in \mathbb{Z}^A \end{array} \quad \pi \in \mathbb{Z}^V$$

Matrix B ist TUM.

Was heißt das?

Komplexität

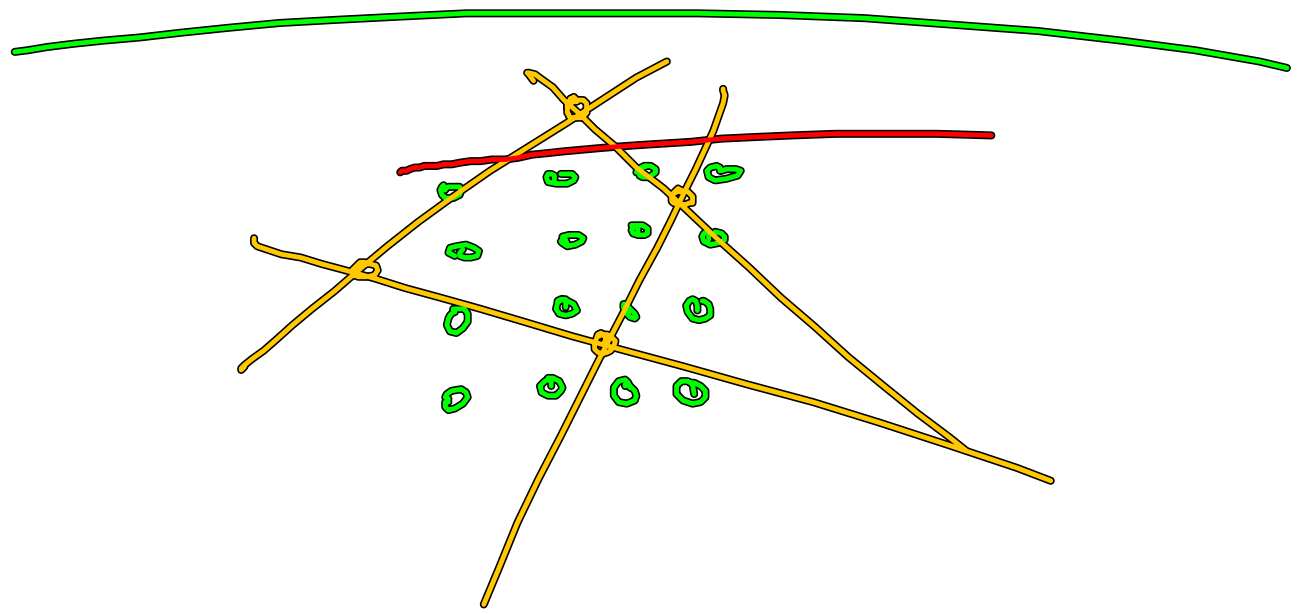
"Max-k-colorable Subgraph" (Papadimitriou / Yannakakis 91)

: wähle aus einem ungerichteten Graphen einen Teilgraphen aus der k-färbbar ist und möglichst viele Kanten hat.

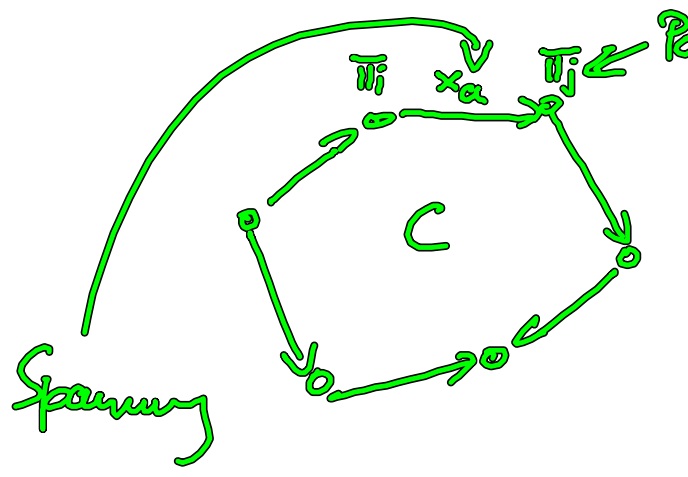
$$k \rightarrow T$$

(Lieberman, Peeters 02)

$$[1, T-1]$$



Sei  $\tilde{p}$  zu deinem IP-Solver



Potential

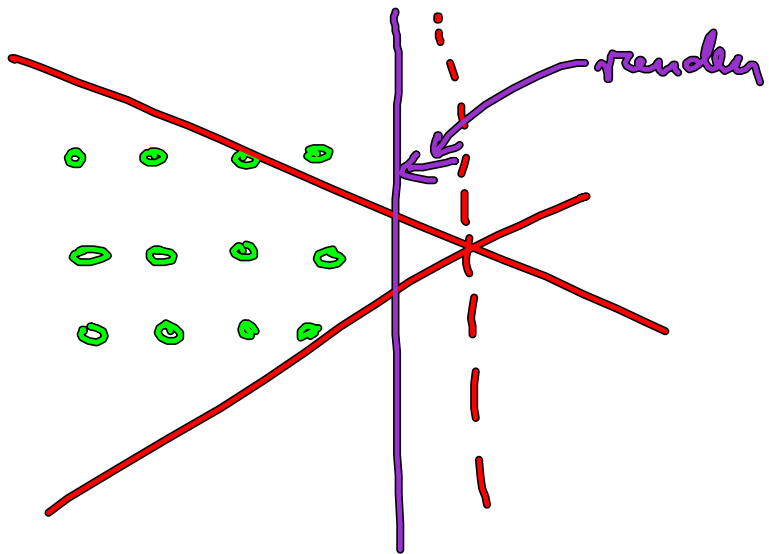
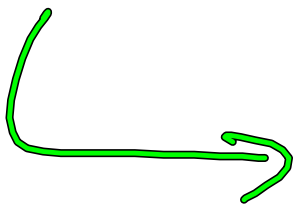
$$x_a = \tilde{p}_j - \tilde{p}_i \pmod{T}, a = (ij)$$

$$\sum_{a \in C^+} x_a - \sum_{a \in C^-} x_a = \tilde{p} \cdot T$$

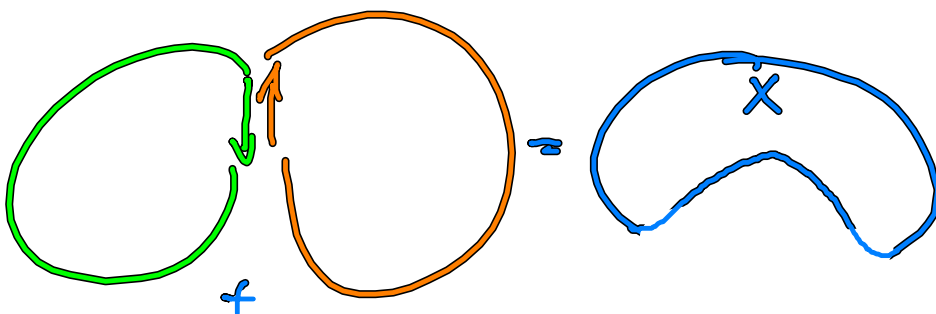
↳  $\frac{\gamma_c' x_a}{T} \in \mathbb{Z}$   
 Kreiszahl

Odijk Ungleichungen

$$\left[ \frac{\sum_{a \in C^+} l_a + \sum_{a \in C^-} u_a}{T} \right]$$



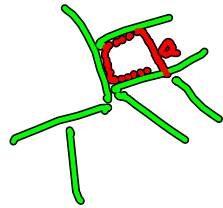
Kreise in Graphen



$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \end{pmatrix} \quad \longrightarrow \quad \mathbb{K} \text{ Erzeugnis aller Kreise.}$$

## Dimension des $\mathbb{K} \langle \text{Erzeugnis} \rangle \mathcal{L}$

Wähle Baum



Fundamental-  
kreis zu  $a$ .

$m$  Kanten  
 $n$  Knoten

$m - (n - 1)$  Fundamentalkreise

$n - 1$  Fundamentalschritte

