

Connection Scan

Julian Dibbelt, Thomas Pajor, Ben Strasser, Dorothea Wagner | 20.4.2016

INSTITUT FÜR THEORETISCHE INFORMATIK · ALGORITHMIK · PROF. DR. DOROTHEA WAGNER



Probleme mit Verspätungen

Station/Stop	Date	Time	Platform	Products
Karlsruhe Hbf	Fr, 31.05.13	dep 08:00	2	ICE 5 Intercity-Express
Zürich HB	Fr, 31.05.13	arr 11:00	10	Bordrestaurant
Transfer time 9 min.				→ Adjust the transfer time
Zürich HB	Fr, 31.05.13	dep 11:09	5	EC 17 Eurocity
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	arr 14:50 approx. +25 ⚠		Subject to compulsory reser available
Transfer time 20 min.		Connecting train may not be reached in time.		→ Adjust the transfer time
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	dep 15:10		ES 9541 EuroStar Italia
Roma Termini	Fr, 31.05.13	arr 18:30		Subject to compulsory reser wheelchairs

composed out of several screenshots of bahn.de, specific situation was not observed

... aber eventuell reichen sie ...
→ Backup-Journeys sind notwendig

Probleme mit Verspätungen

Station/Stop	Date	Time	Platform	Products
Karlsruhe Hbf	Fr, 31.05.13	dep 08:00	2	ICE 5 Intercity-Express
Zürich HB	Fr, 31.05.13	arr 11:00	10	Bordrestaurant
Transfer time 9 min.				→ Adjust the transfer time
Zürich HB	Fr, 31.05.13	dep 11:09	5	EC 17 Eurocity
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	arr 14:30 approx. +25 ⚠		Subject to compulsory reser available
Transfer time 20 min.		Connecting train may not be reached in time.		→ Adjust the transfer time
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	dep 15:10		ES 9541 EuroStar Italia
Roma Termini	Fr, 31.05.13	arr 18:30		Subject to compulsory reser wheelchairs

composed out of several screenshots of bahn.de, specific situation was not observed

25 min Verspätung vs 20 min Transfer

... aber eventuell reichen sie ...

→ Backup-Journeys sind notwendig

Probleme mit Verspätungen

Station/Stop	Date	Time	Platform	Products
Karlsruhe Hbf	Fr, 31.05.13	dep 08:00	2	ICE 5 Intercity-Express
Zürich HB	Fr, 31.05.13	arr 11:00	10	Bordrestaurant
Transfer time 9 min.				→ Adjust the transfer time
Zürich HB	Fr, 31.05.13	dep 11:09	5	EC 17 Eurocity
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	arr 14:30 approx. +25 ⚠		Subject to compulsory reser available
Transfer time 20 min.		Connecting train may not be reached in time.		→ Adjust the transfer time
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	dep 15:10		ES 9541 EuroStar Italia
Roma Termini	Fr, 31.05.13	arr 18:30		Subject to compulsory reser wheelchairs

composed out of several screenshots of bahn.de, specific situation was not observed

Was wenn 9 min nicht reichen?
... aber eventuell reichen sie ...
→ Backup-Journeys sind notwendig

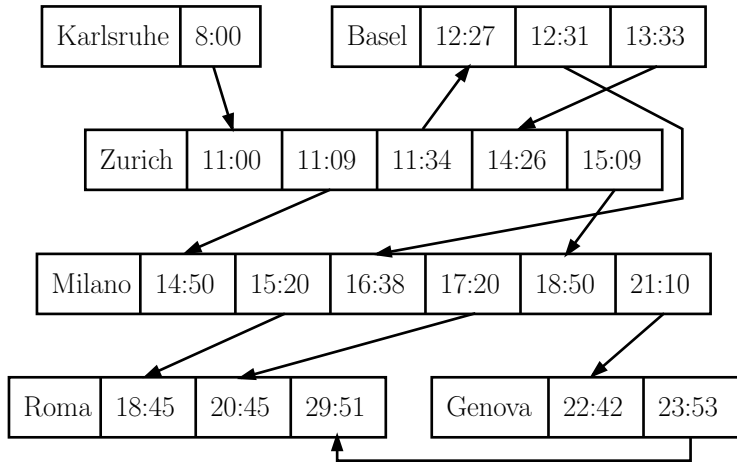
Probleme mit Verspätungen

Station/Stop	Date	Time	Platform	Products
Karlsruhe Hbf	Fr, 31.05.13	dep 08:00	2	ICE 5 Intercity-Express
Zürich HB	Fr, 31.05.13	arr 11:00	10	Bordrestaurant
Transfer time 9 min.				> Adjust the transfer time
Zürich HB	Fr, 31.05.13	dep 11:09	5	EC 17 Eurocity
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	arr 14:30 approx. +25 ⚠		Subject to compulsory reser available
Transfer time 20 min.		Connecting train may not be reached in time.		> Adjust the transfer time
Milano Centrale	Fr, 31.05.13	dep 15:10		ES 9541 EuroStar Italia
Roma Termini	Fr, 31.05.13	arr 18:30		Subject to compulsory reser wheelchairs

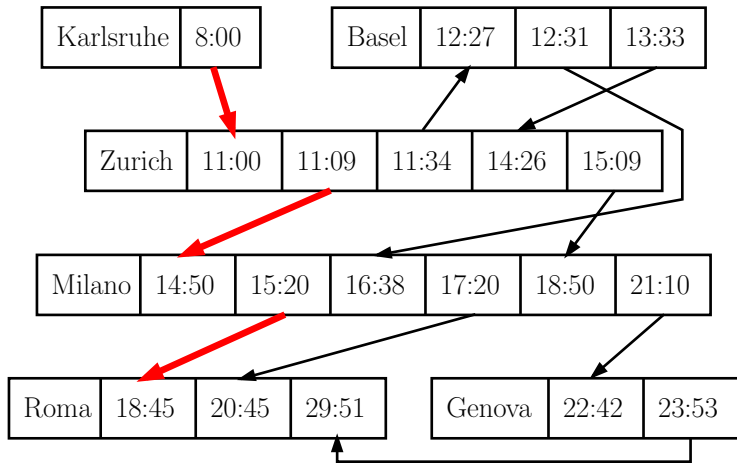
composed out of several screenshots of bahn.de, specific situation was not observed

... aber eventuell reichen sie ...
→ Backup-Journeys sind notwendig

Entscheidungsgraph

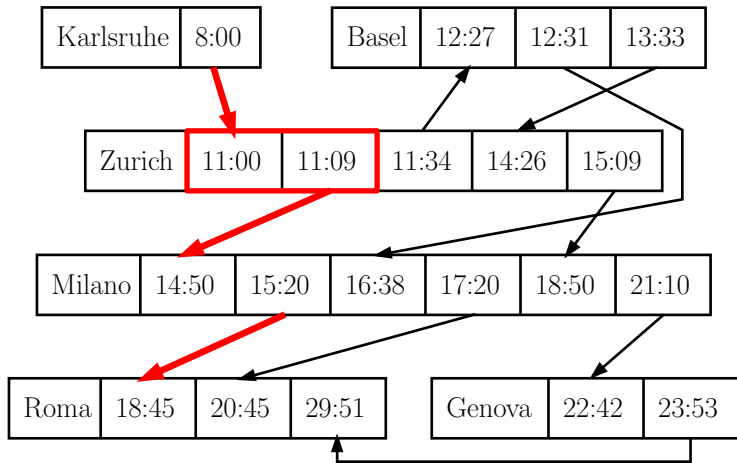


Entscheidungsgraph



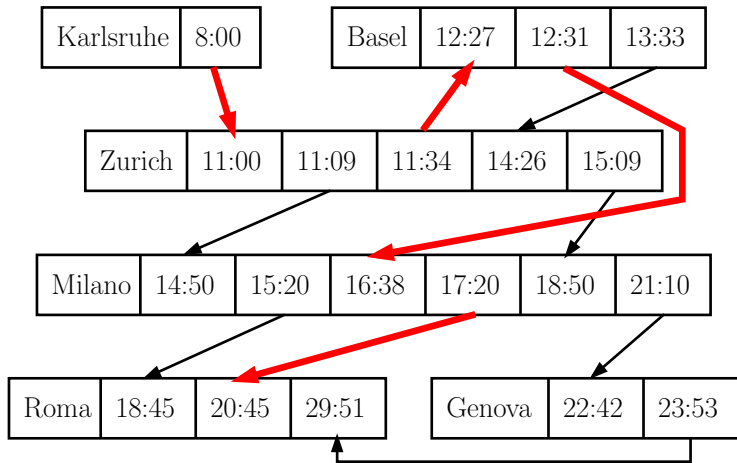
Wenn alles gut geht

Entscheidungsgraph



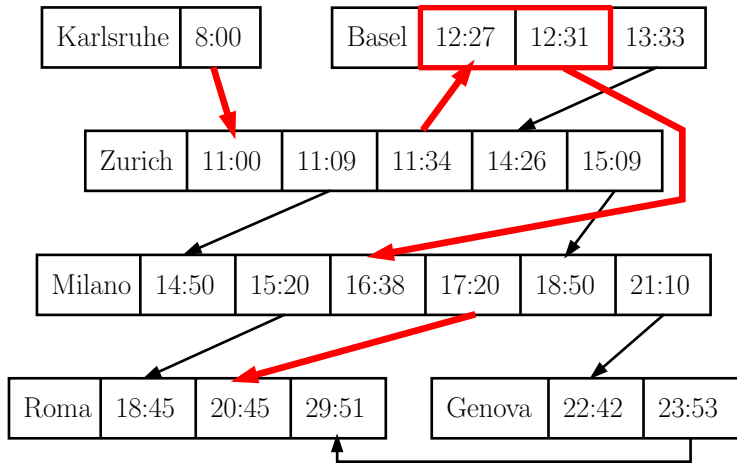
9 min Umstiegszeit → Geht oft schief

Entscheidungsgraph



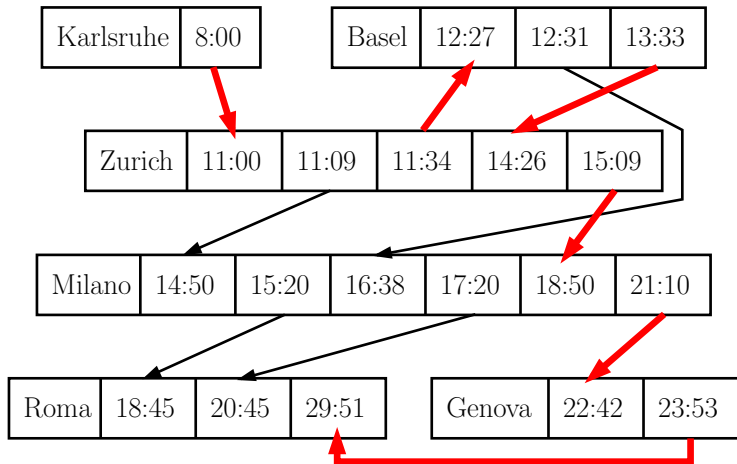
Der Backup

Entscheidungsgraph



Unsicher Umstieg auf dem Backup → Der Backup braucht ein Backup

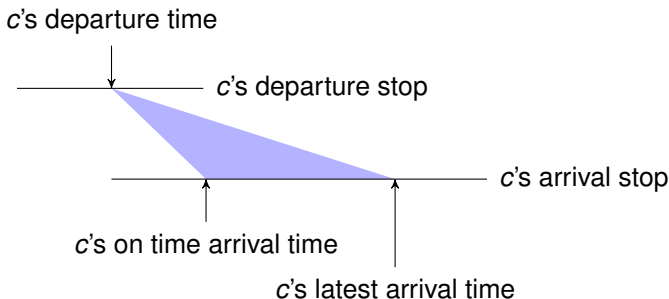
Entscheidungsgraph



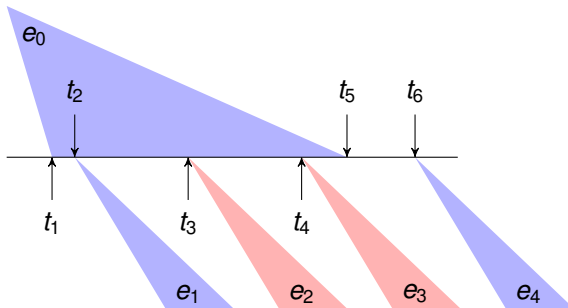
Backup des Backups

Annahmen:

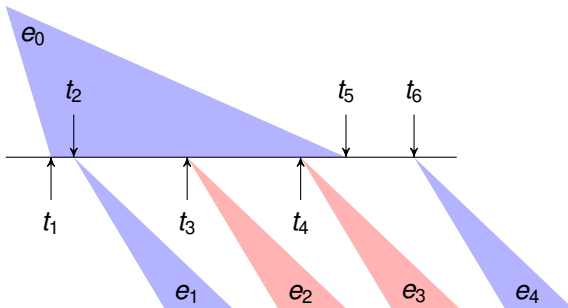
- Beim Ausstieg aus einer Connection gibt es eine zufällige Verspätung
- (Beim Sitzenbleiben nicht)
- Connections haben eine maximale Verspätung
- Zufallsverteilungen sind bekannt
- Alle Zufallsvariablen sind unabhängig
- Connections fahren immer pünktlich ab



Erwartete Ankunftszeit

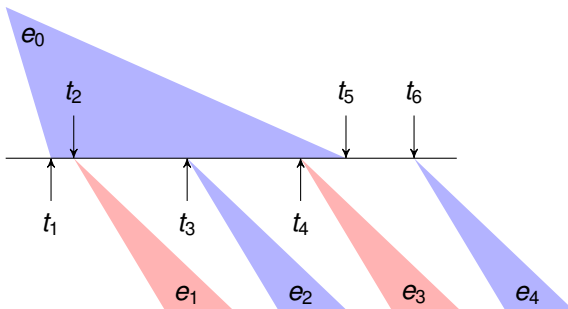


$e_0 \dots e_4$: erwartete Ankunftszeit
 $t_1 \dots t_6$: feste Zeitpunkte
blau: im Entscheidungsgraph
rot: nicht im Entscheidungsgraph



t : tatsächliche Ankunftszeit

$$e_0 = P(t_1 \leq t \leq t_2) \cdot e_1 + P(t_2 \leq t \leq t_5) \cdot e_4$$

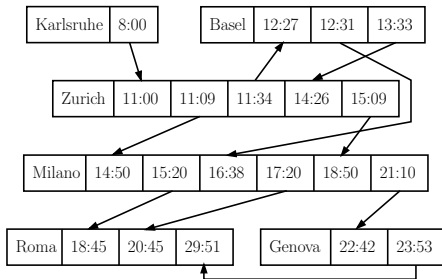


t : tatsächliche Ankunftszeit

$$e_0 = P(t_1 \leq t \leq t_3) \cdot e_2 + P(t_3 \leq t \leq t_5) \cdot e_4$$

Minimale Erwarte Ankunftszeit

Minimum Expected Arrival Time (MEAT)



Entscheidungsgraphen berechnen

Eingabe: Fahrplan, Verspätungswahrscheinlichkeiten, Zielstop

Ausgabe: Connectionteilmenge mit *minimaler erwarteter Ankunftszeit* für jeden Startstop und Startzeit

Initialisiere Datenstruktur an Stops;
Initialisiere Datenstruktur an Trips;

for alle *Connections* c *absteigend* nach $c_{\text{dep_time}}$ **do**

```
/* 1. Bestimme Ankunftszeit von man in  $c$  startet */
 $\tau_1 \leftarrow$  Ankunftszeit wenn man zum Ziel läuft;
 $\tau_2 \leftarrow$  Ankunftszeit wenn Sitzenbleiben, braucht Daten von Trip  $c_{\text{trip\_id}}$ ;
 $\tau_3 \leftarrow$  Ankunftszeit wenn Umsteigen, braucht Daten vom Stop  $c_{\text{arr\_stop}}$ ;

/*  $\tau_c$  Ankunftszeit wenn man in  $c$  beginnt */
 $\tau_c \leftarrow \min\{\tau_1, \tau_2, \tau_3\}$ ;

/* 2. Passe die Stop / Trip Datenstrukturen an */
Baue  $\tau_c$  in Daten von Stop  $c_{\text{dep\_stop}}$  ein;
Baue  $\tau_c$  in Daten von Trip  $c_{\text{trip\_id}}$  ein;
```

- Ankunftszeit wird ersetzt durch erwartete Ankunftszeit
- Ankunftszeiten nun Gleitkommazahl

- $\tau_1 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn man zum Ziel läuft;

ist gleich wie bei der normalen Profilvariante

- $\tau_2 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn Sitzenbleiben;

ist gleich wie bei der normalen Profilvariante

- $\tau_3 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn Umsteigen;

hier muss man ein bisschen was machen

- Spezielle Evaluierung

- $\tau_1 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn man zum Ziel läuft;

ist gleich wie bei der normalen Profilvariante

- $\tau_2 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn Sitzenbleiben;

ist gleich wie bei der normalen Profilvariante

- $\tau_3 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn Umsteigen;

hier muss man ein bisschen was machen

- Spezielle Evaluierung

- $\tau_1 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn man zum Ziel läuft;

ist gleich wie bei der normalen Profilvariante

- $\tau_2 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn Sitzenbleiben;

ist gleich wie bei der normalen Profilvariante

- $\tau_3 \leftarrow$ Ankunftszeit wenn Umsteigen;

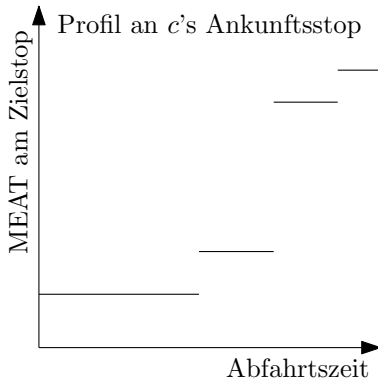
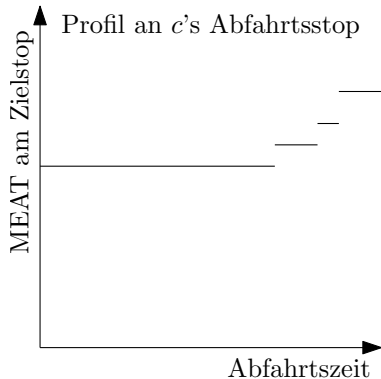
hier muss man ein bisschen was machen

- Spezielle Evaluierung

Beobachtung

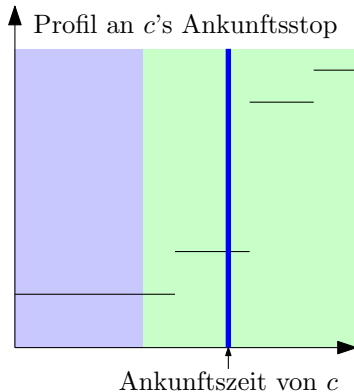
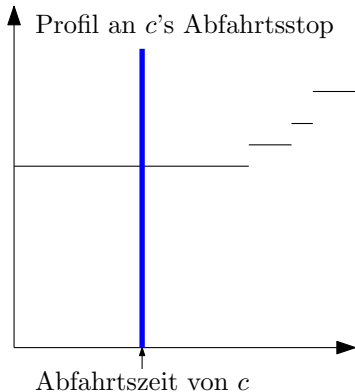
- Profil nach der Ankunftszeit von c_{arr_time} bereits vollständig aufgebaut
- Wir können die Profileinträge einfach verwenden

MEAT Connection Scan

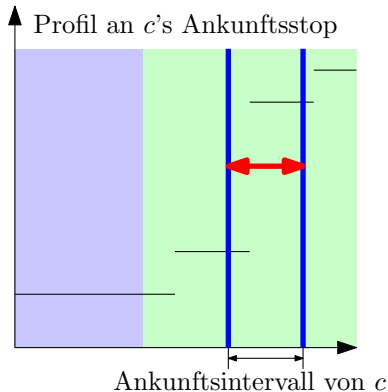
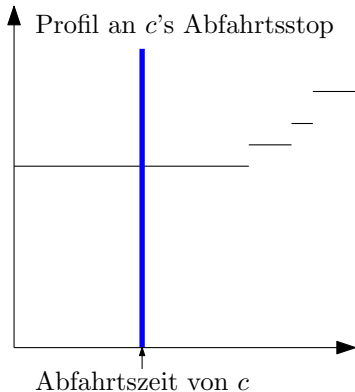


Profil bilden Abfahrtszeit auf **MEAT** am Zielstop ab.

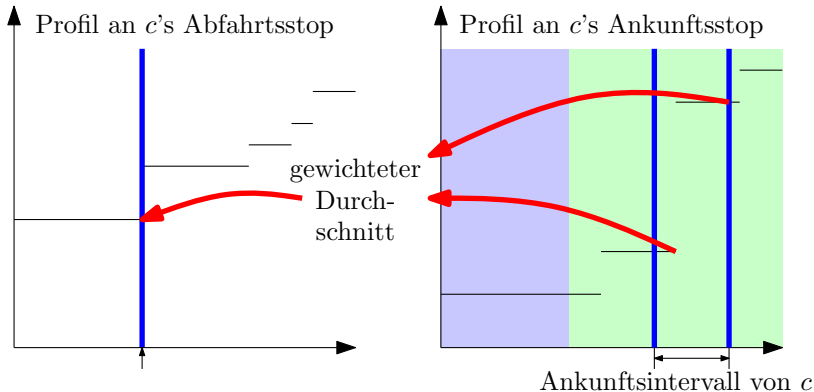
MEAT Connection Scan



Profil bilden Abfahrtszeit auf **MEAT** am Zielstop ab.



Etwas weiter scannen um alle relevanten Züge einzusammeln.
Das geht nicht in $O(1)$.



Bilde das gewichtete Mittel mit der Wahrscheinlichkeit, dass man einen Zug erreichen kann. Einfügen ist $O(1)$ wie bisher.

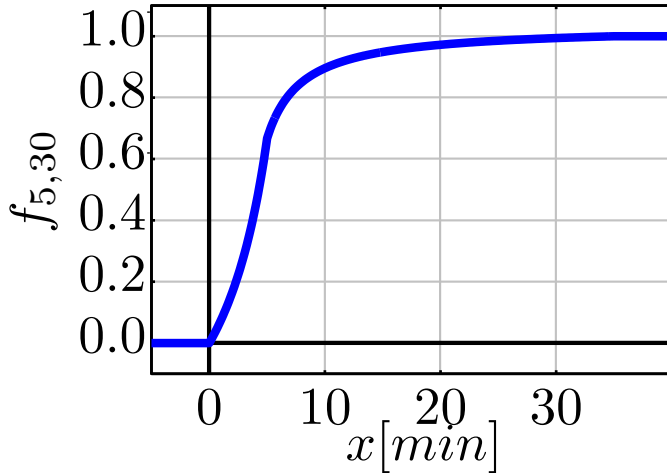
- Keine Realwelt-Daten verfügbar
- Synthetische Verteilungen
- Parametriert auf
 - globale maximale Verspätungsvariable d
 - $m = \text{changetime}(c_{\text{arr_stop}})$
- **Achtung:** Exponential-Funktionen als Bausteine führen schnell zu numerischen Instabilitäten mit Gleitkommazahlen
- Wir nehmen darum $1/x$ -Funktionen als Bausteine

$$f_1(x) = \frac{2x}{3(10-x)}$$

$$f_2(x) = \frac{31x+60}{30(x+3)}$$

$$f_{m,d}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ f_1\left(\frac{5x}{m}\right) & \text{if } 0 \leq x \leq m \\ f_2\left(\frac{30(x-m)}{d}\right) & \text{if } m < x < m+d \\ 1 & \text{if } m+d \leq x \end{cases}$$

- $f_{m,d}(x)$ ist die Wahrscheinlichkeit, dass Verspätung $\leq x$



Dep.: Karlsruhe_Hbf
Arr.: Berlin_Hbf
When.: 8:05
Representation: Compact
Bound (factor): 1.3
Relaxation Parameter (sec): 39
Max-Delay (sec): 1935
Transfer Costs (sec): 1
Go!



<http://meatdemo.iti.kit.edu>

London Instanz mit 4 850 431 Connections.

Non-Pareto Profil All-to-One:

■ Self-Pruning-Connection-Setting :	1 262 ms
■ Connection Scan:	177 ms
■ + constant eval:	134 ms
■ + time compress:	104 ms

Pareto Profil All-to-One (mit höchstens 8 Zügen pro Journey):

■ RAPTOR :	1 179 ms
■ Connection Scan:	255 ms
■ + SSE:	221 ms

MEAT: 272 ms



Julian Dibbelt, Ben Strasser, and Dorothea Wagner.

Delay-robust journeys in timetable networks with minimum expected arrival time.

In *Proceedings of the 14th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems (ATMOS'14)*, volume 42 of *OpenAccess Series in Informatics (OASICS)*, pages 1–14. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2014.