

# Simulation mit OpenTrack - Voraussetzungen, Durchführung und Auswertung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Eisenbahntechnisches Kolloquium  
13. Juni 2006

Dipl.-Ing. Marco Lüthi  
IVT - ETH Zürich

Dr. Daniel Hürlimann  
OpenTrack Railway Technology GmbH

# Agenda

- Ausgangslage
- Daten und Modellierung
- Simulation
- Auswertungen
- Verknüpfung mit Umsystemen / RailML
- Anwendungsbeispiel

# Was ist OpenTrack?

- Virtuelles Eisenbahnlabor
- Werkzeug, um die Eisenbahnrealität auf einem Computer nachvollziehbar zu machen
- Werkzeug zur Verwaltung von Eisenbahnprojekten
- Kommunikationsmittel gegenüber Partnern, Behörden, ...

## Was wird simuliert?

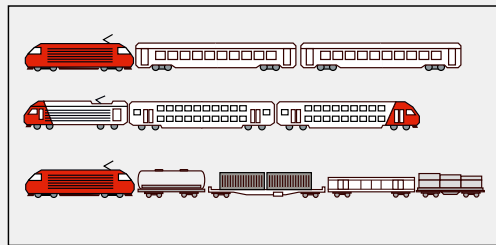
- Alle relevanten Prozesse während einem oder mehreren Betriebstagen eines Eisenbahnnetzes
- Bewegung der Züge (Position, Geschwindigkeit)
- Verhalten des Signalsystems
- Disposition der Züge (Prioritäten, ...)
- Simulation von Verspätungen und Störungen



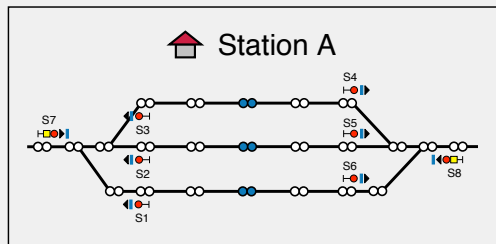
# Typische Fragestellungen / Einsatzgebiete

- Infrastrukturbedarf nachweisen
- Strecken- und Knotenkapazitäten
- Analyse des Verhaltens von Triebfahrzeugen
- Fahrplankonstruktion, Fahrplanstabilität
- Analyse von Signal- und Sicherungsanlagen

## Input



**Rollmaterial**

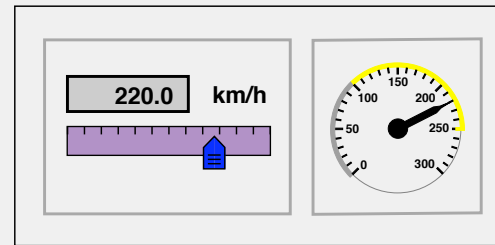


**Infrastruktur**

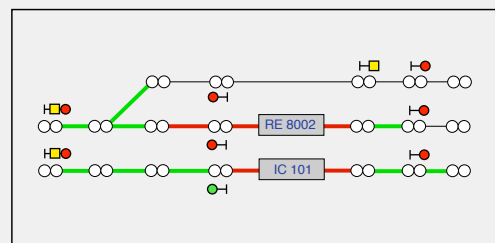
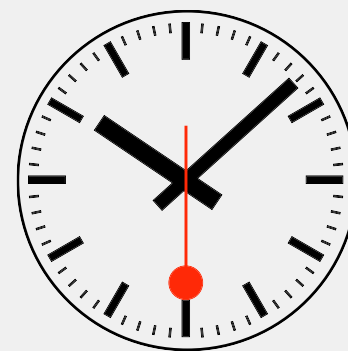
Course ID	Station	Arrival	Departure	Wait
IC 5000	IGG	HH:MM:SS	08:20:00	0
IC 5000	YPS	08:24:00	08:25:00	60
IC 5000	OBE	HH:MM:SS	08:31:00	30
IC 5000	AAT	HH:MM:SS	08:38:00	60
IC 5000	GRS	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0
IC 5000	PEW	HH:MM:SS	HH:MM:SS	0
IC 5000	WED	08:55:00	HH:MM:SS	60

**Fahrplan**

## Simulation

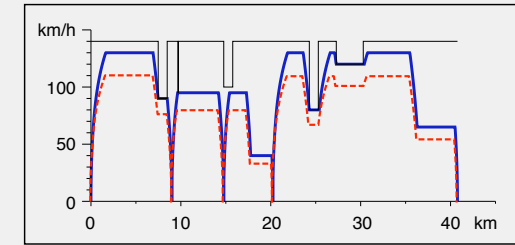


**Interaktivität**

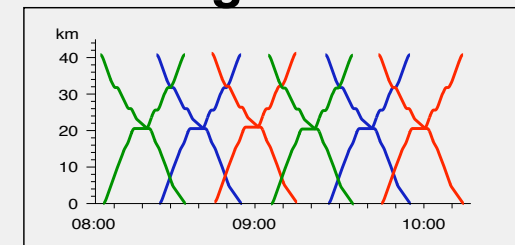


**Animation**

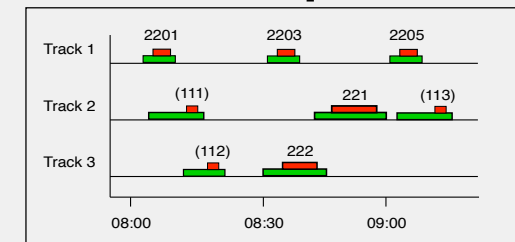
## Output



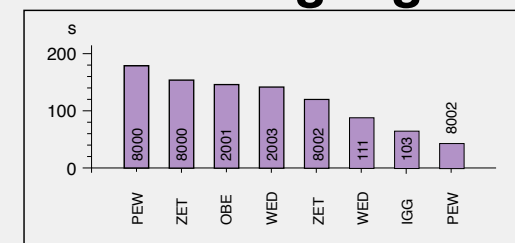
**Diagramme**



**Bildfahrpläne**



**Gleisbelegungen**

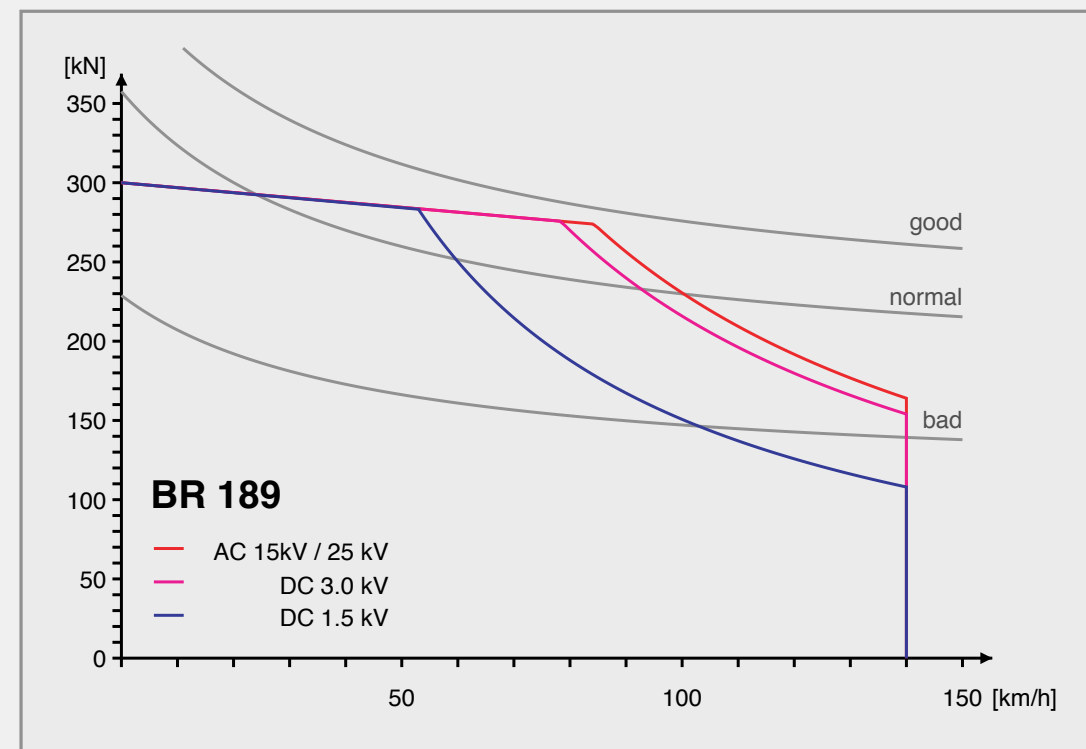


**Statistiken**

# Input: Triebfahrzeuge / Rollmaterial



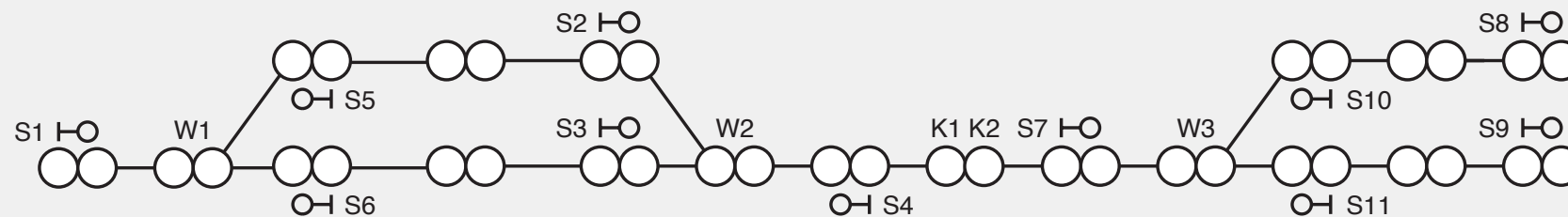
BR 189 (Siemens)



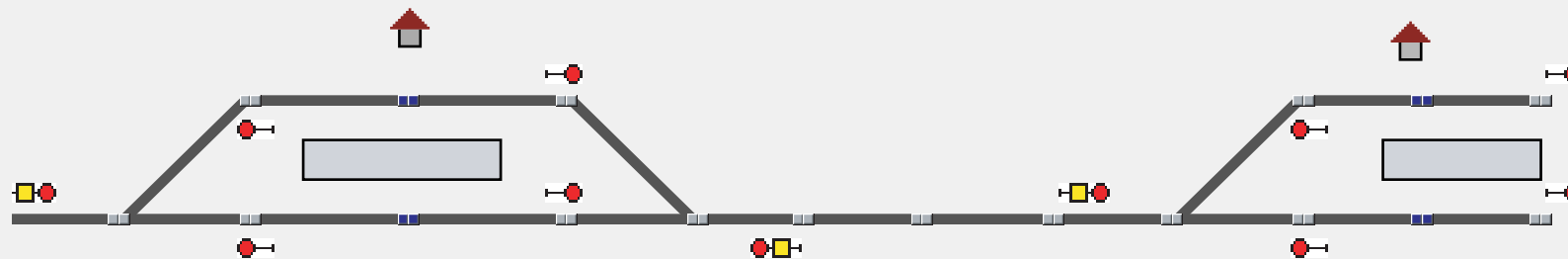
Z/V-Diagramme

# Input: Infrastruktur

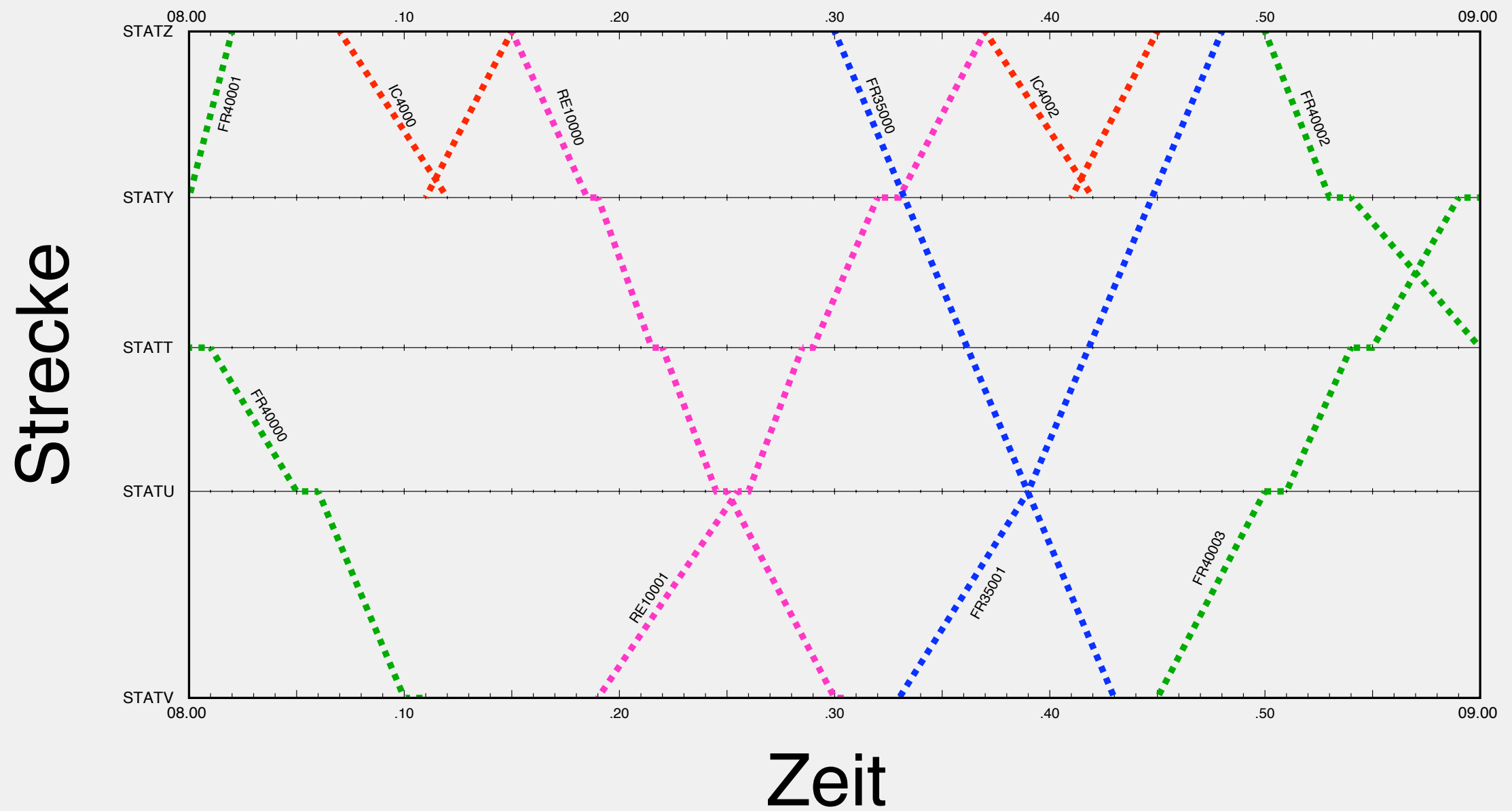
- Mathematisches Modell: Doppelpunkt-Graph



- Benutzerschnittstelle (GUI)

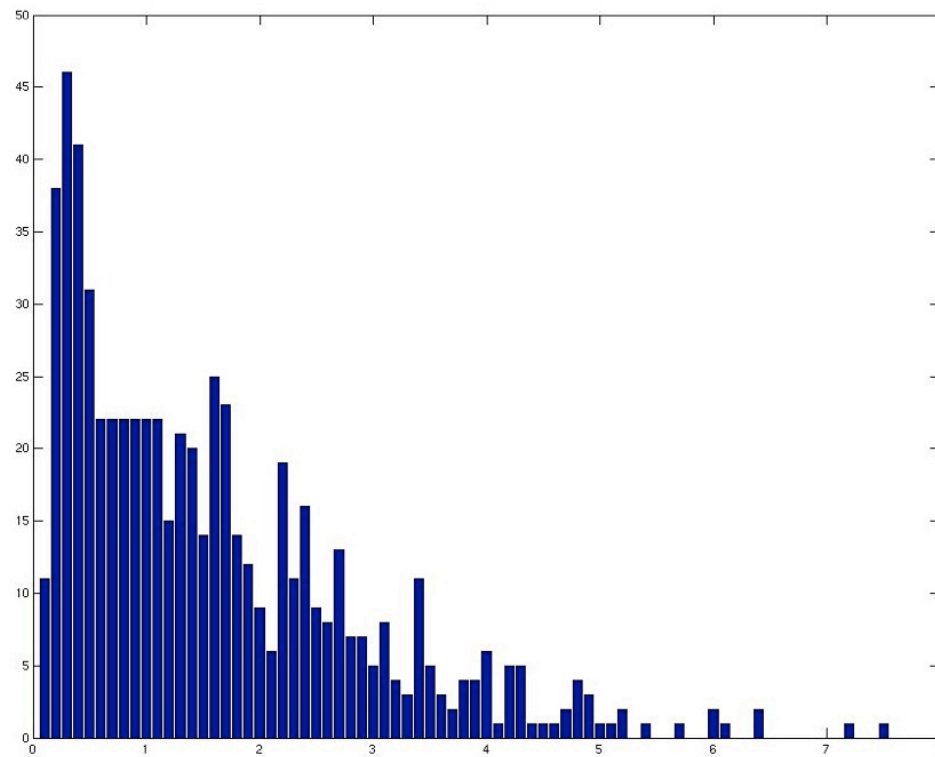


# Input: Fahrplandaten



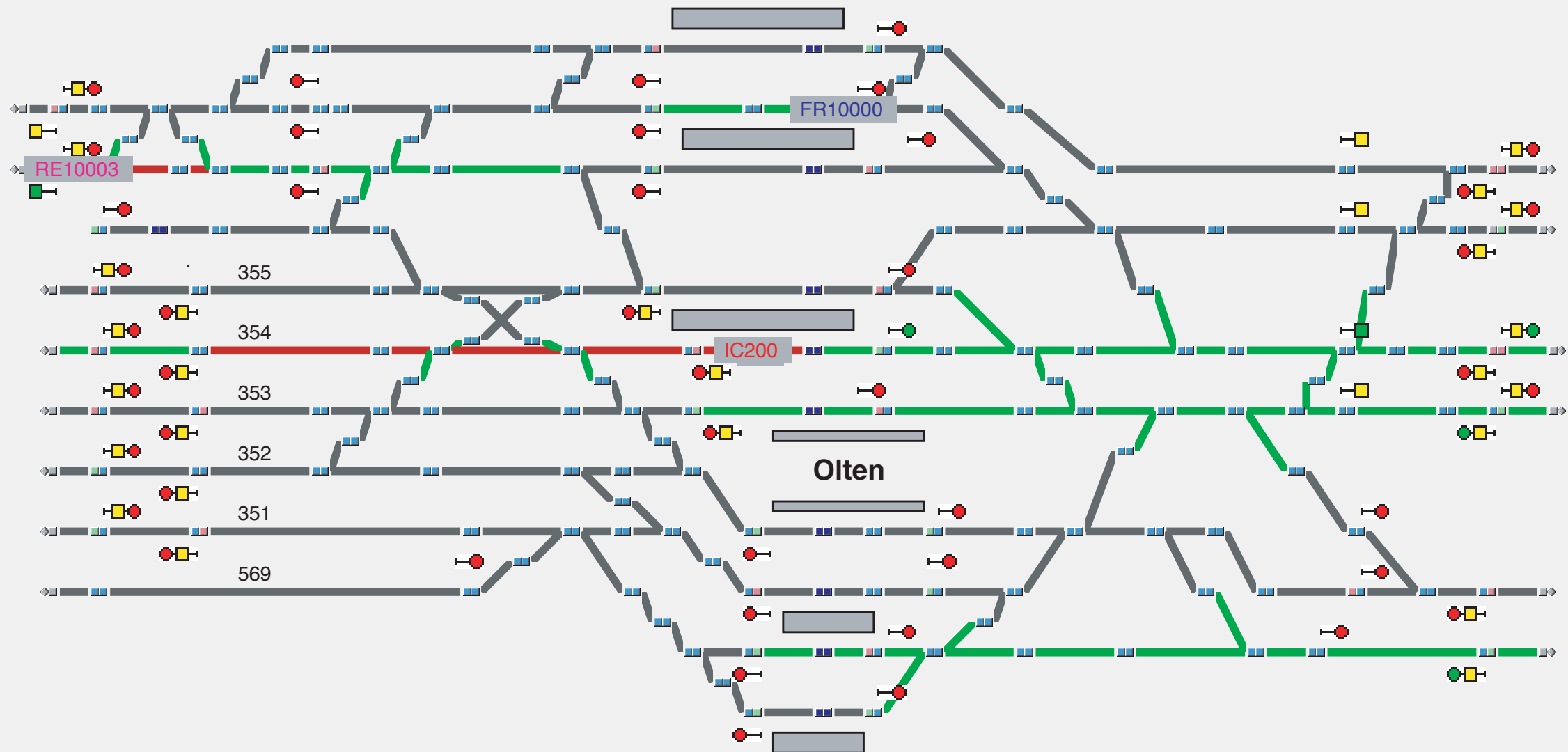
# Input für Mehrfachsimulation: Initialverspätungen pro Zugskategorie

Anzahl Züge



Verspätung [min]

# Simulation: Animation der Züge und Signale

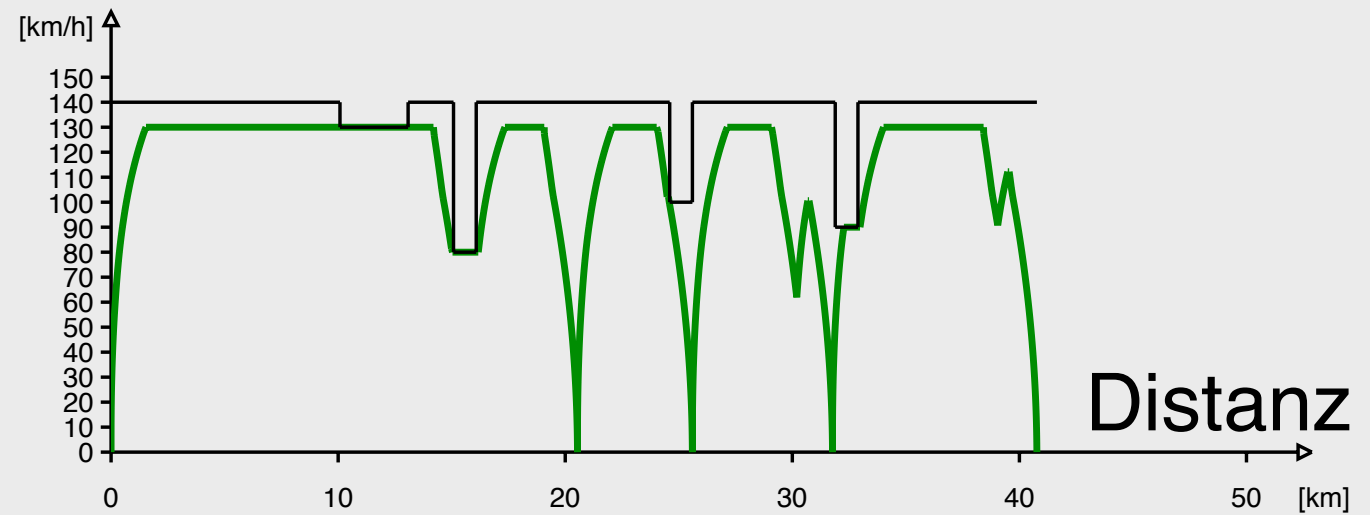


# Auswertung: Zugspezifische Auswertungen

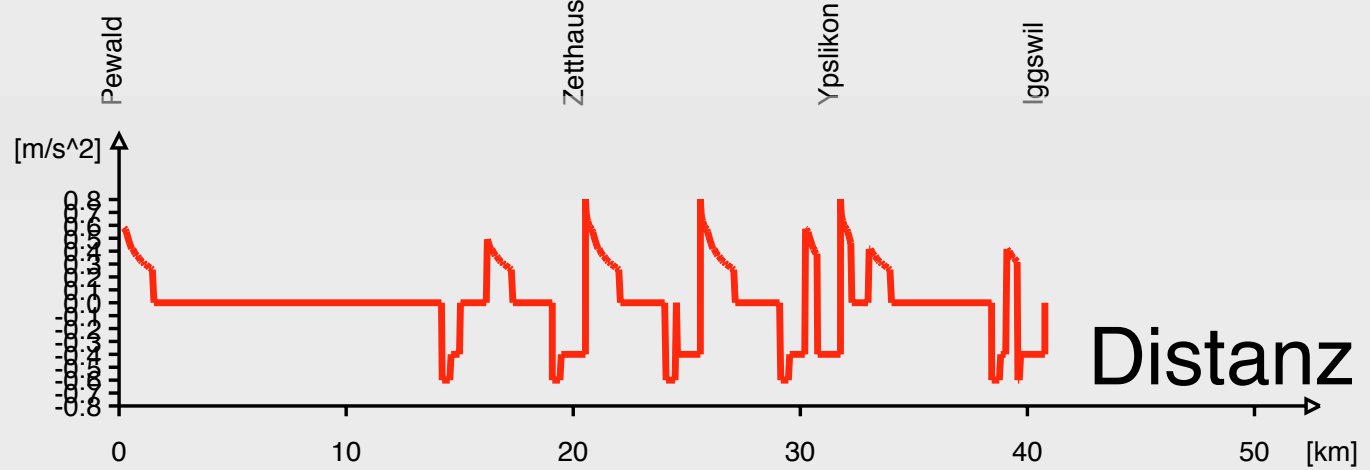


S-Bahn Zürich

Geschwindigkeit



Beschleunigung



Distanz

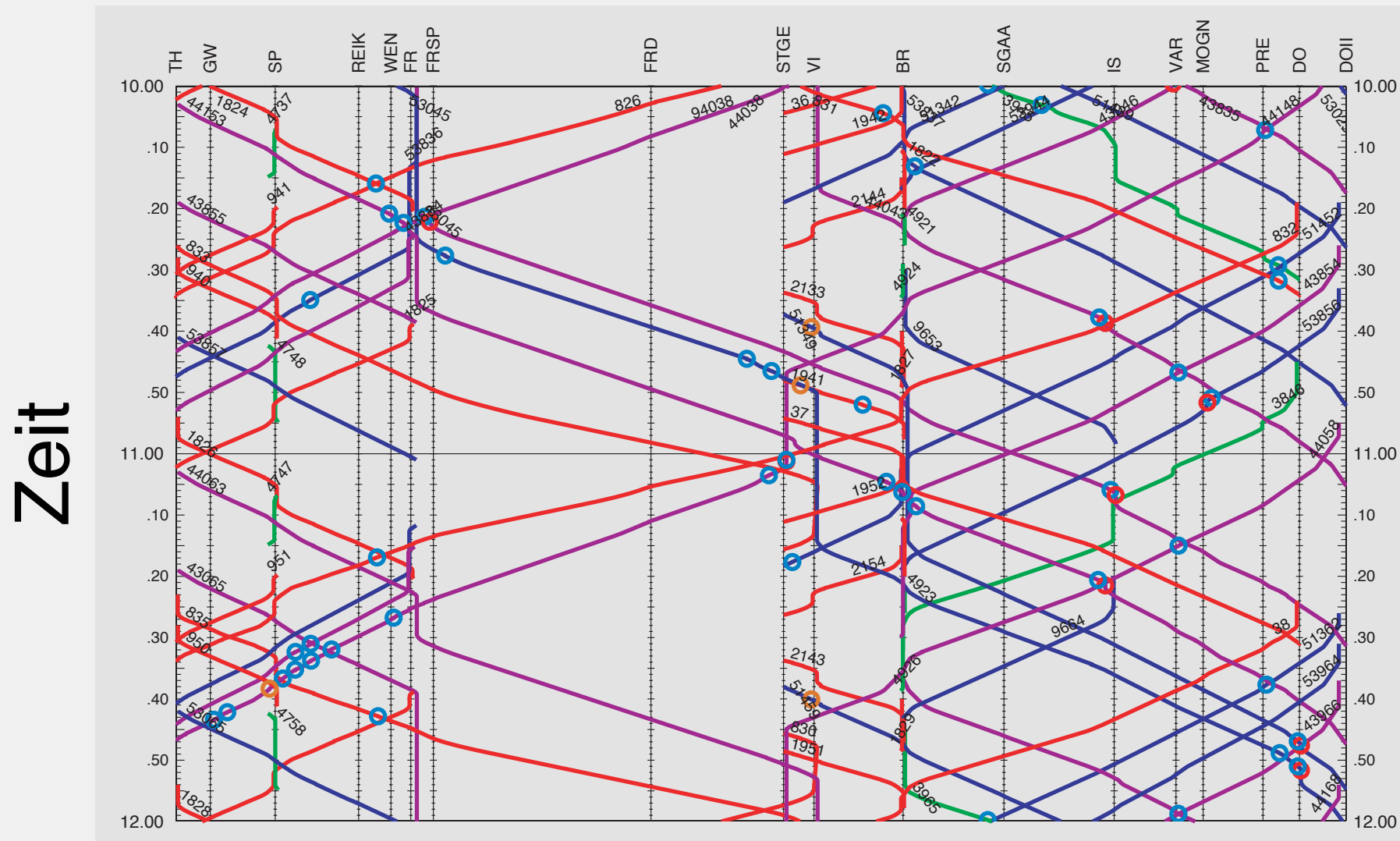
Distanz

Pewald  
Zetthausen  
Ypsikon  
Iggswil



# Auswertung: Bildfahrplan

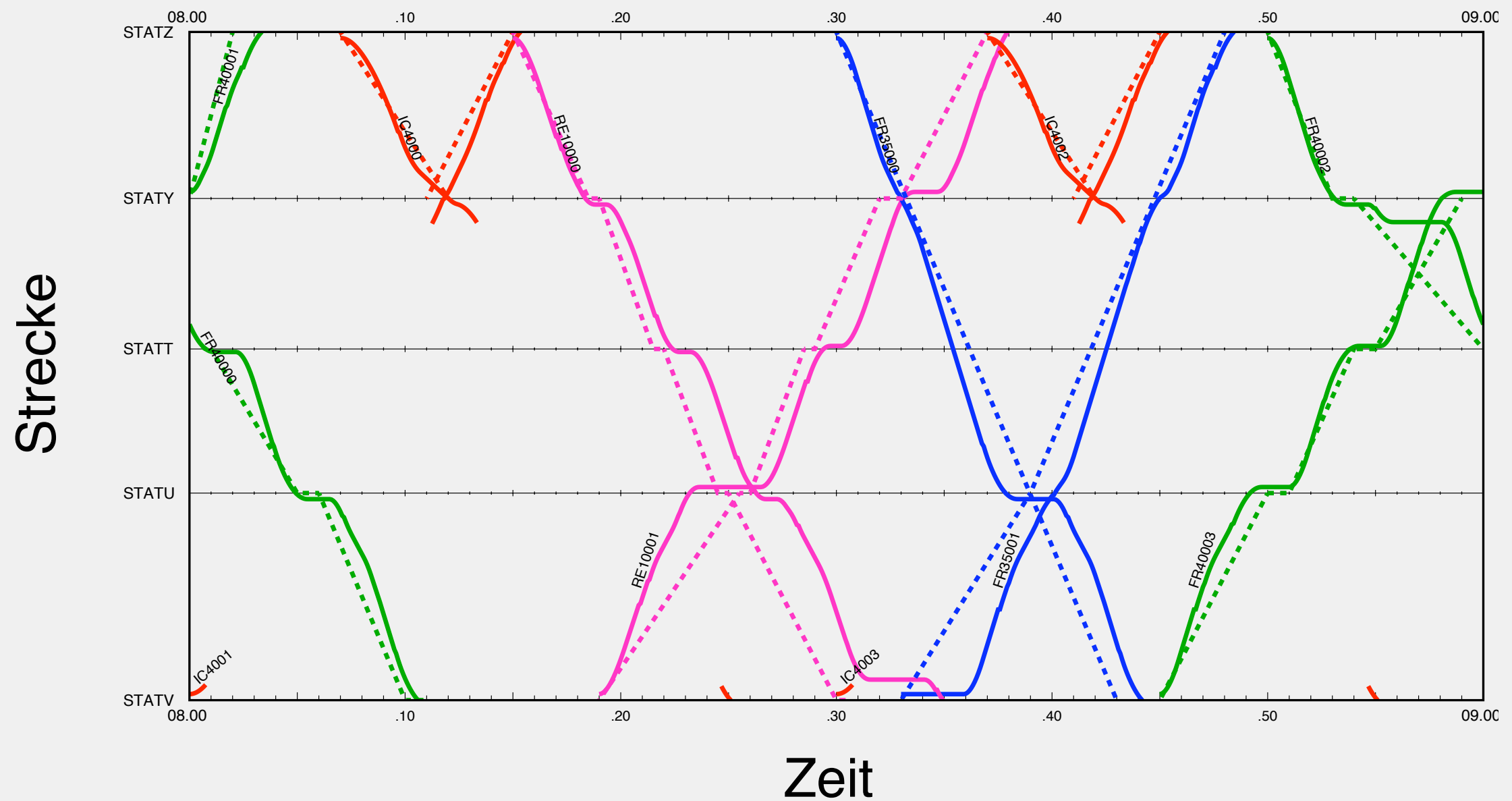
## Strecke



BLS Alptransit

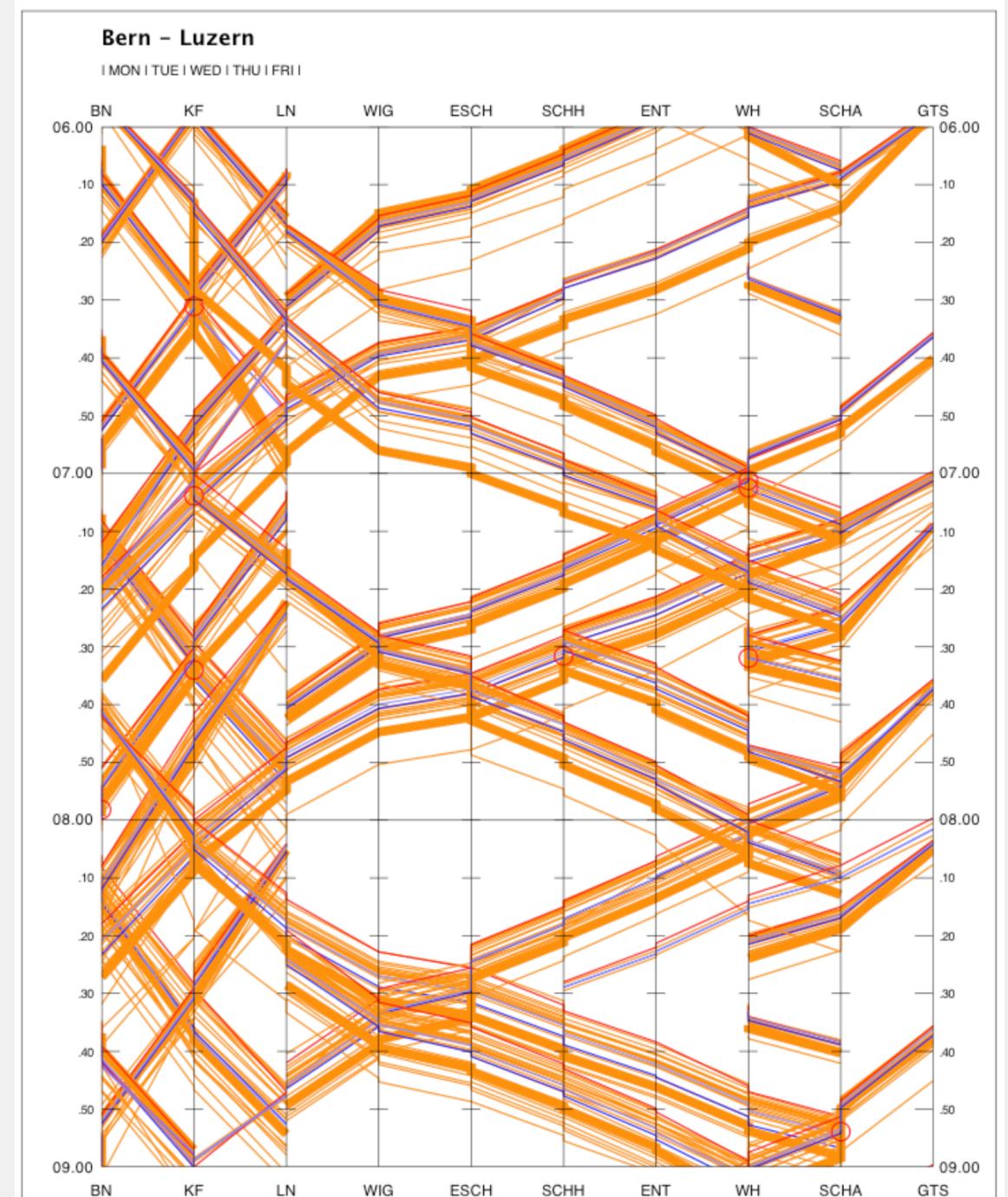
Neuer Lötschberg-Basistunnel

# Auswertung: Bildfahrplan (Soll-/Istvergleich)



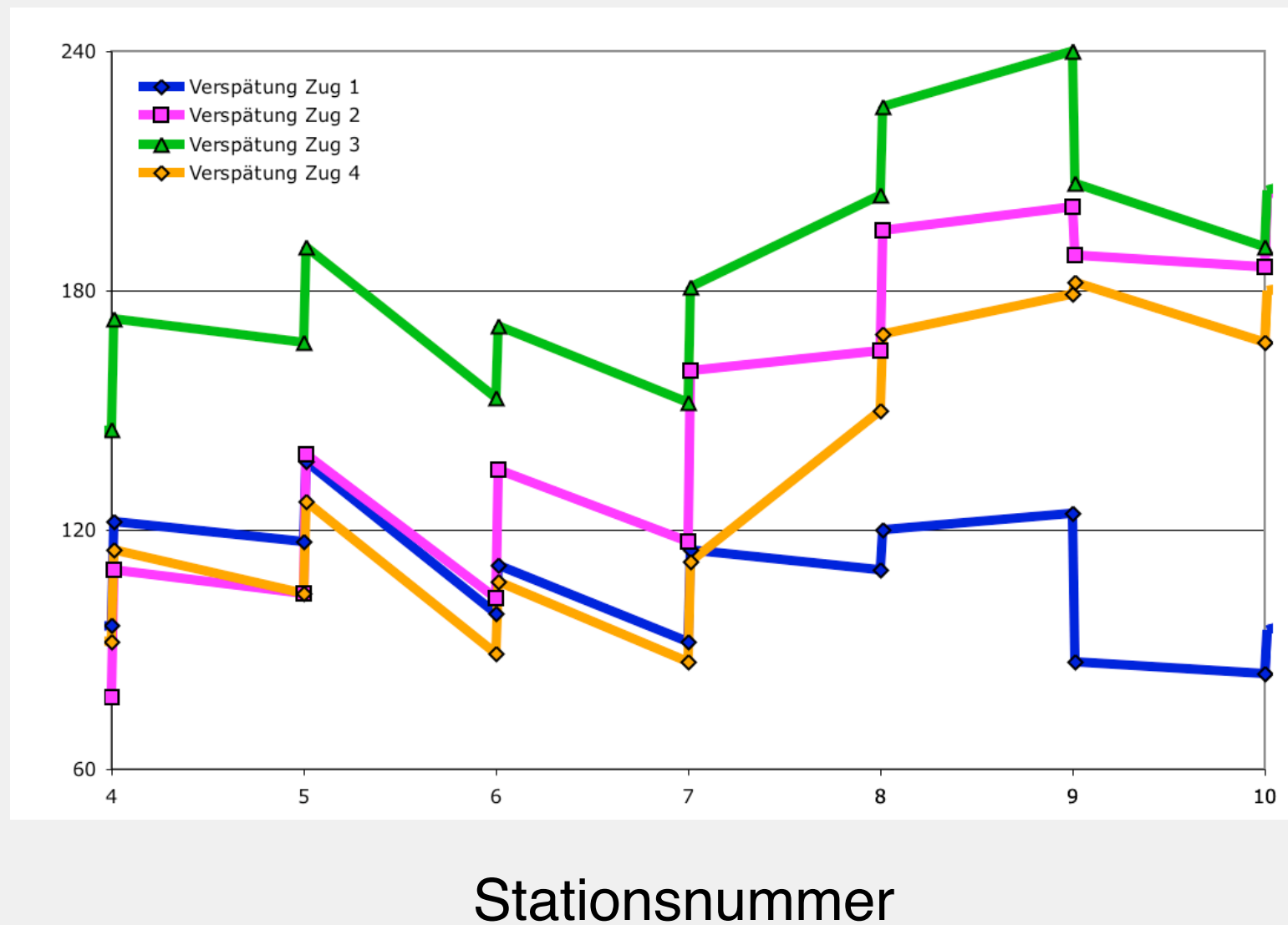
# Auswertung Mehrfachsimulation: Bildfahrplan

-  Geplanter Fahrplan
-  Einzelner Simulationslauf
-  Medianwert aller Simulationen

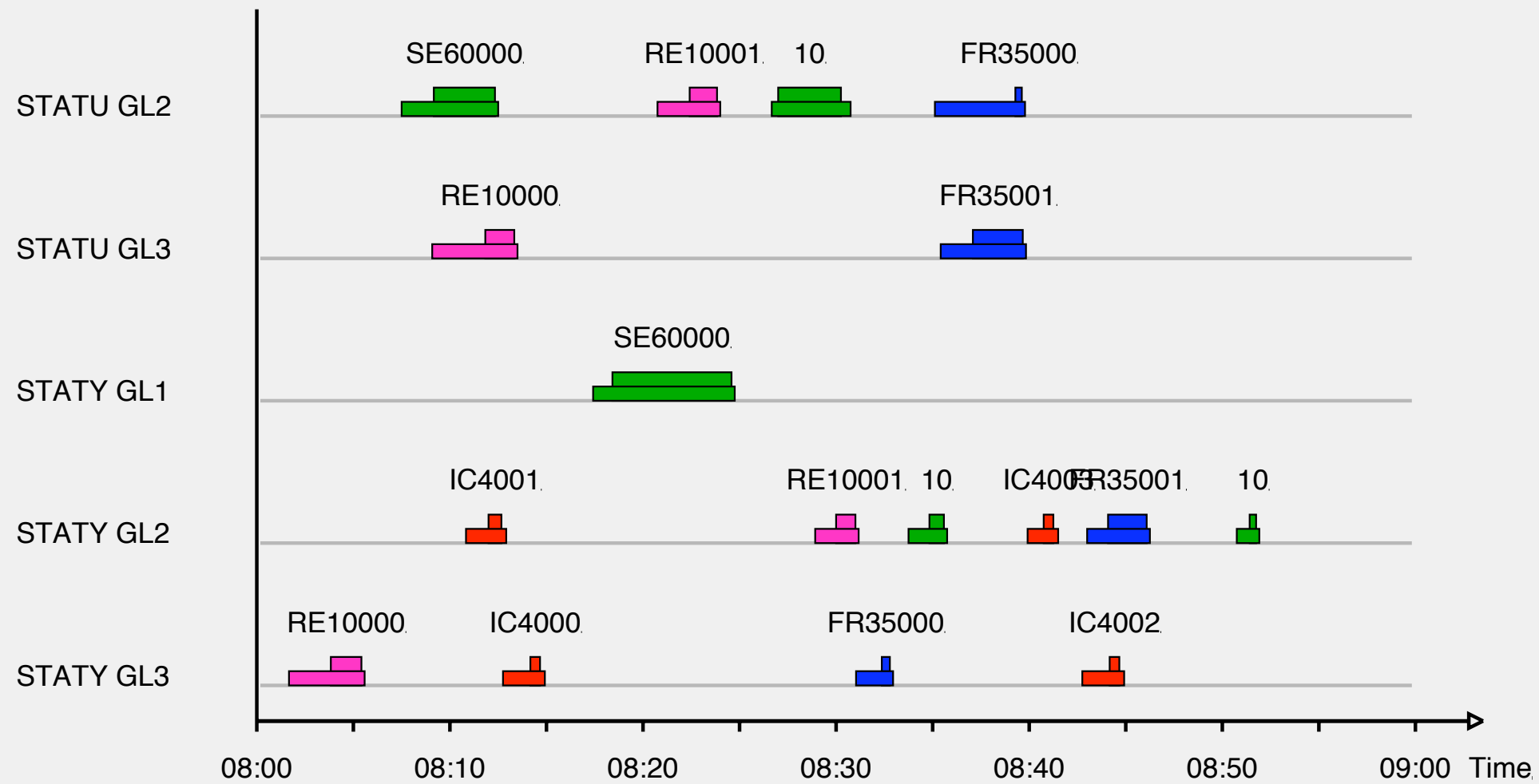


# Auswertung: Verspätungsentwicklung

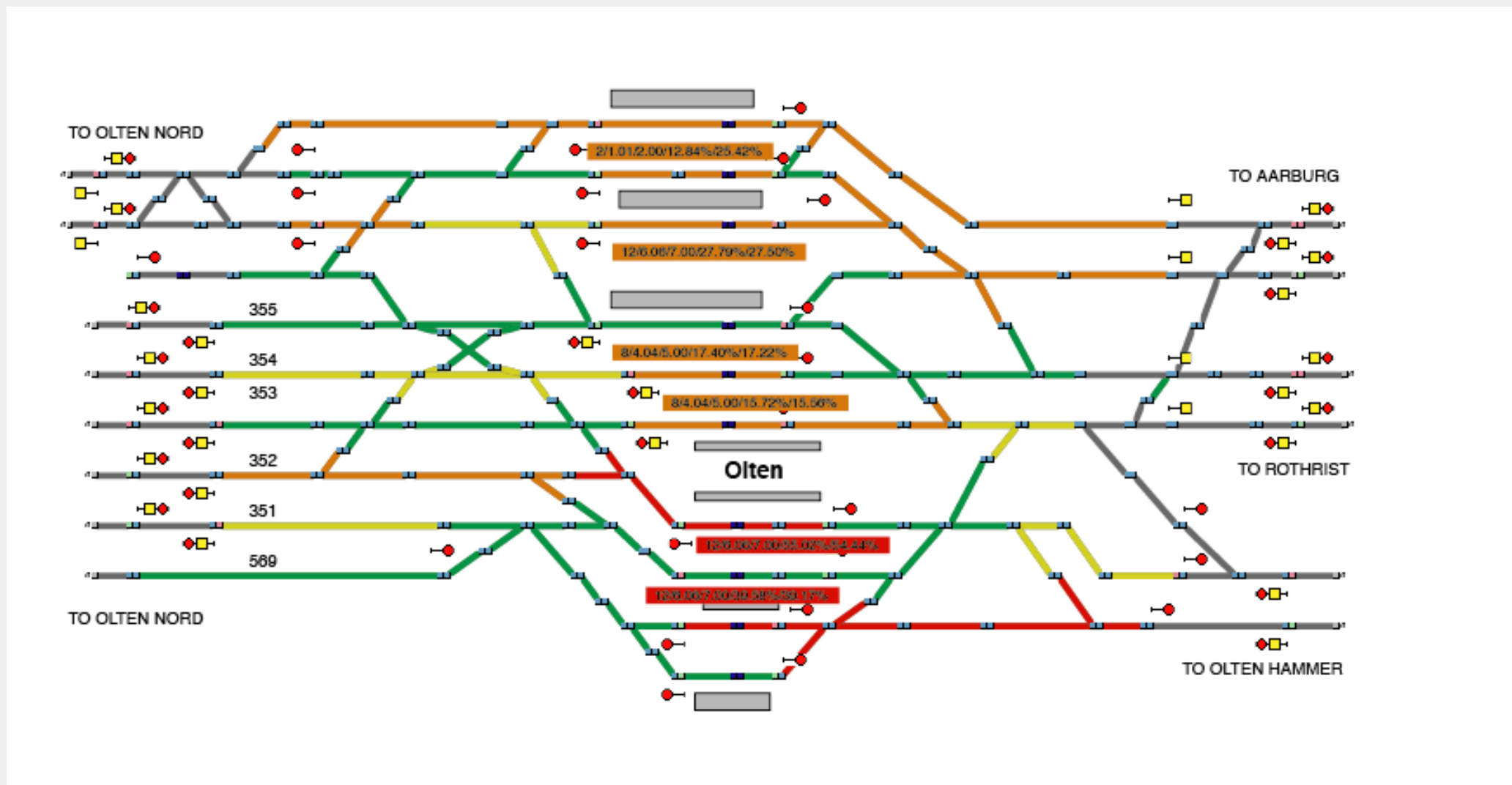
Mittlere Verspätung [sec]



# Auswertung: Gleisbelegungen

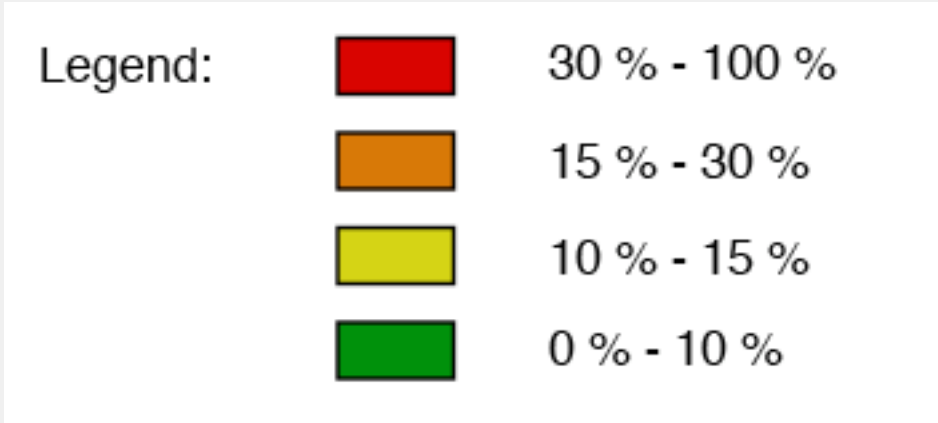
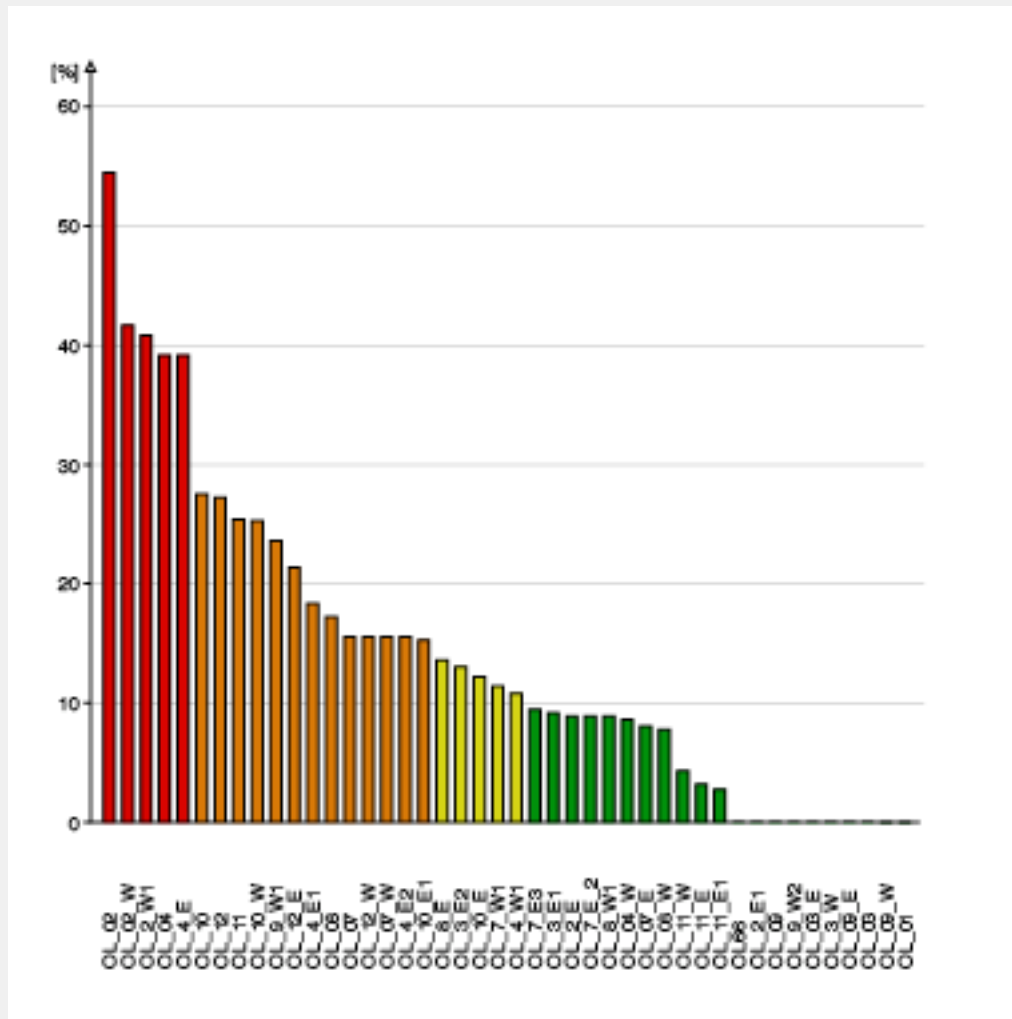


# Auswertung: Belegungsstatistiken



Belegungsgrad Spitzenstunde

# Auswertung: Belegungsstatistiken

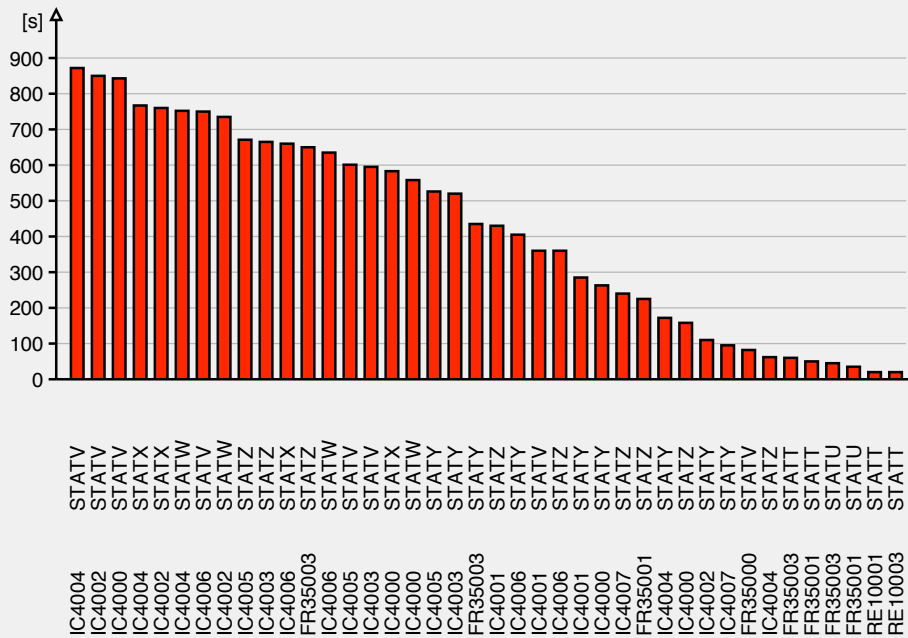


Belegungsgrad Spitzenstunde



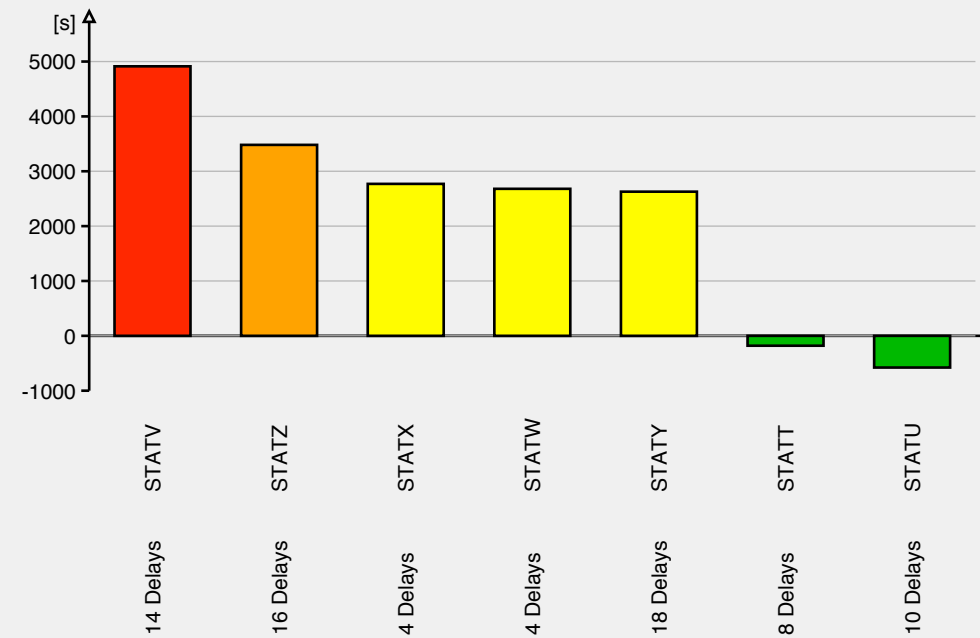
# Auswertung: Verspätungsstatistiken

Verspätung



Züge

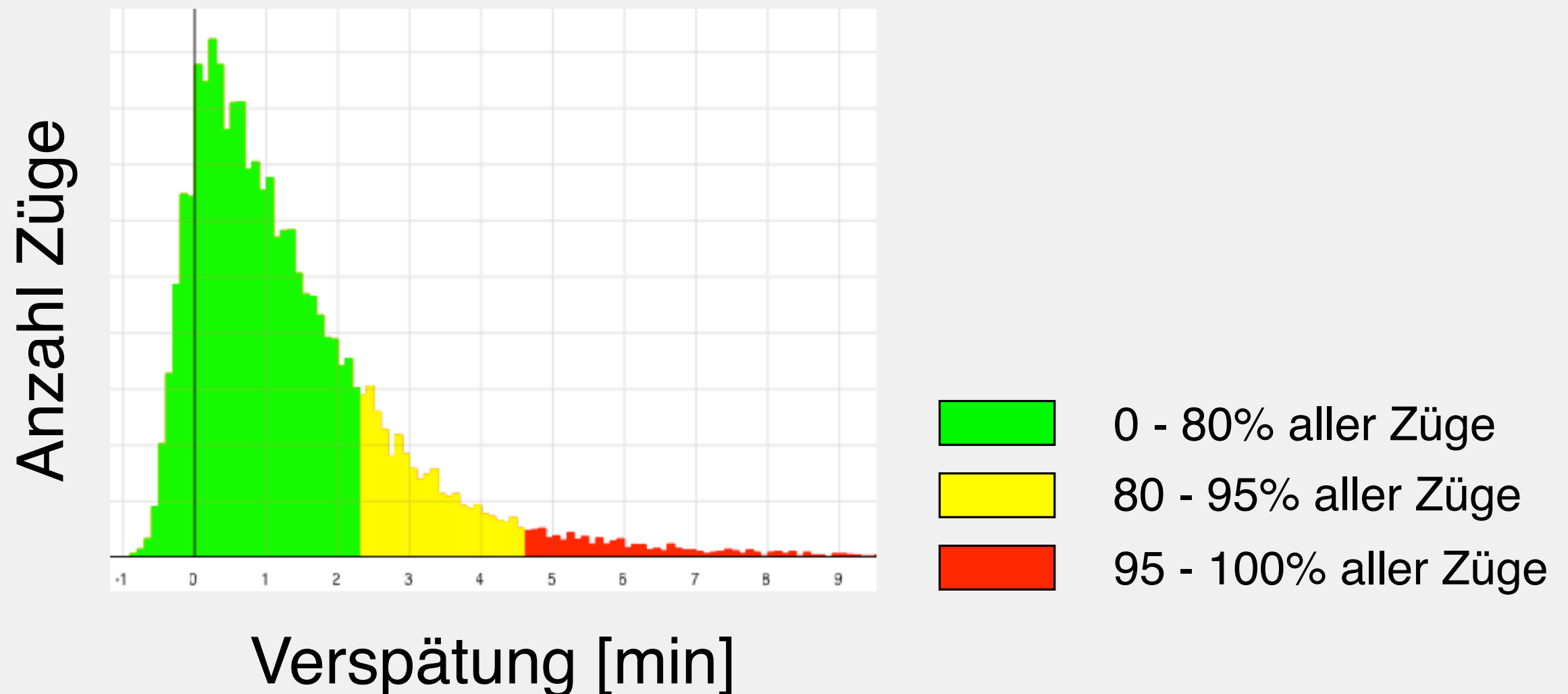
Verspätung



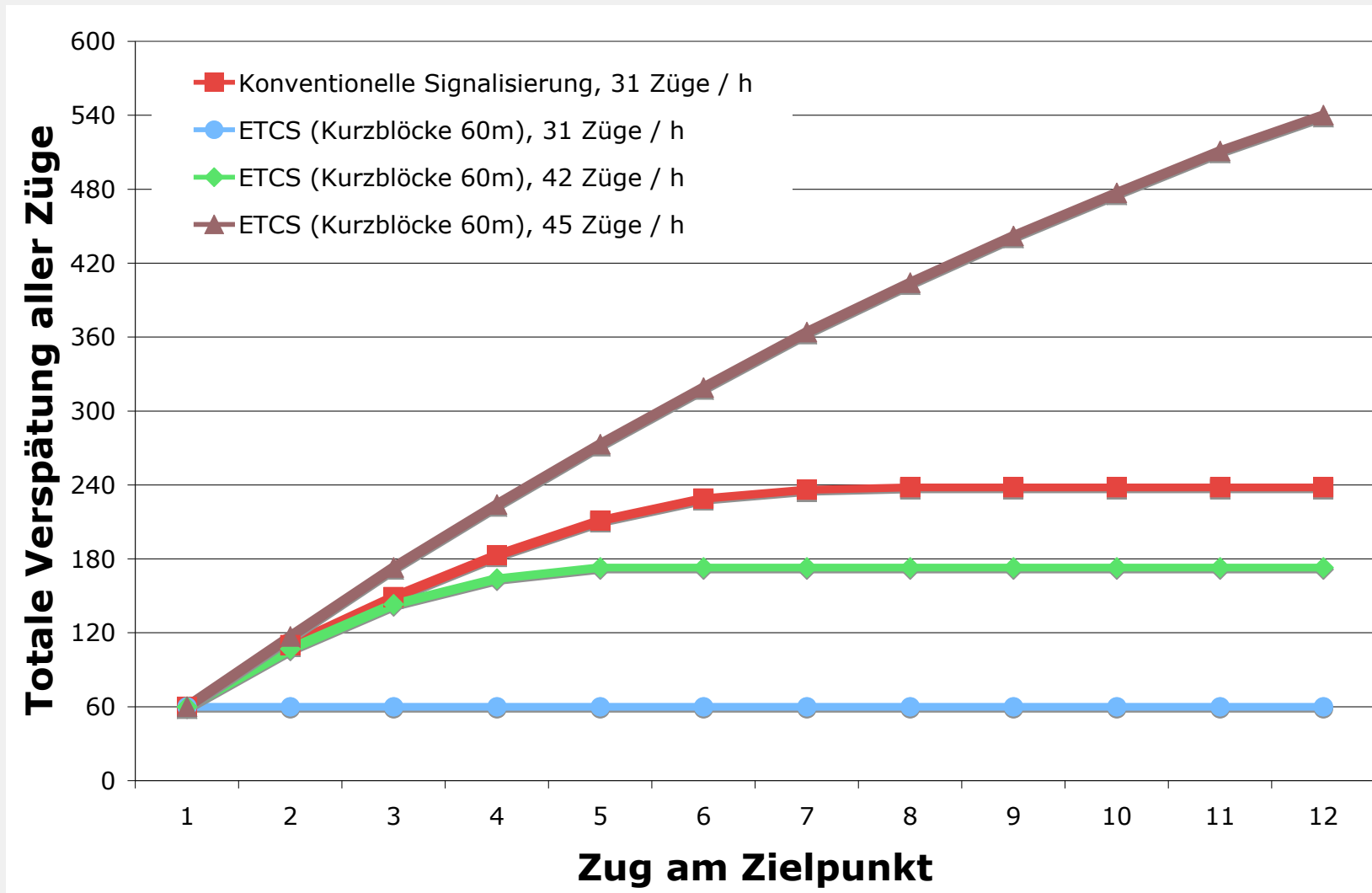
Stationen



# Auswertung: Verspätungsstatistiken

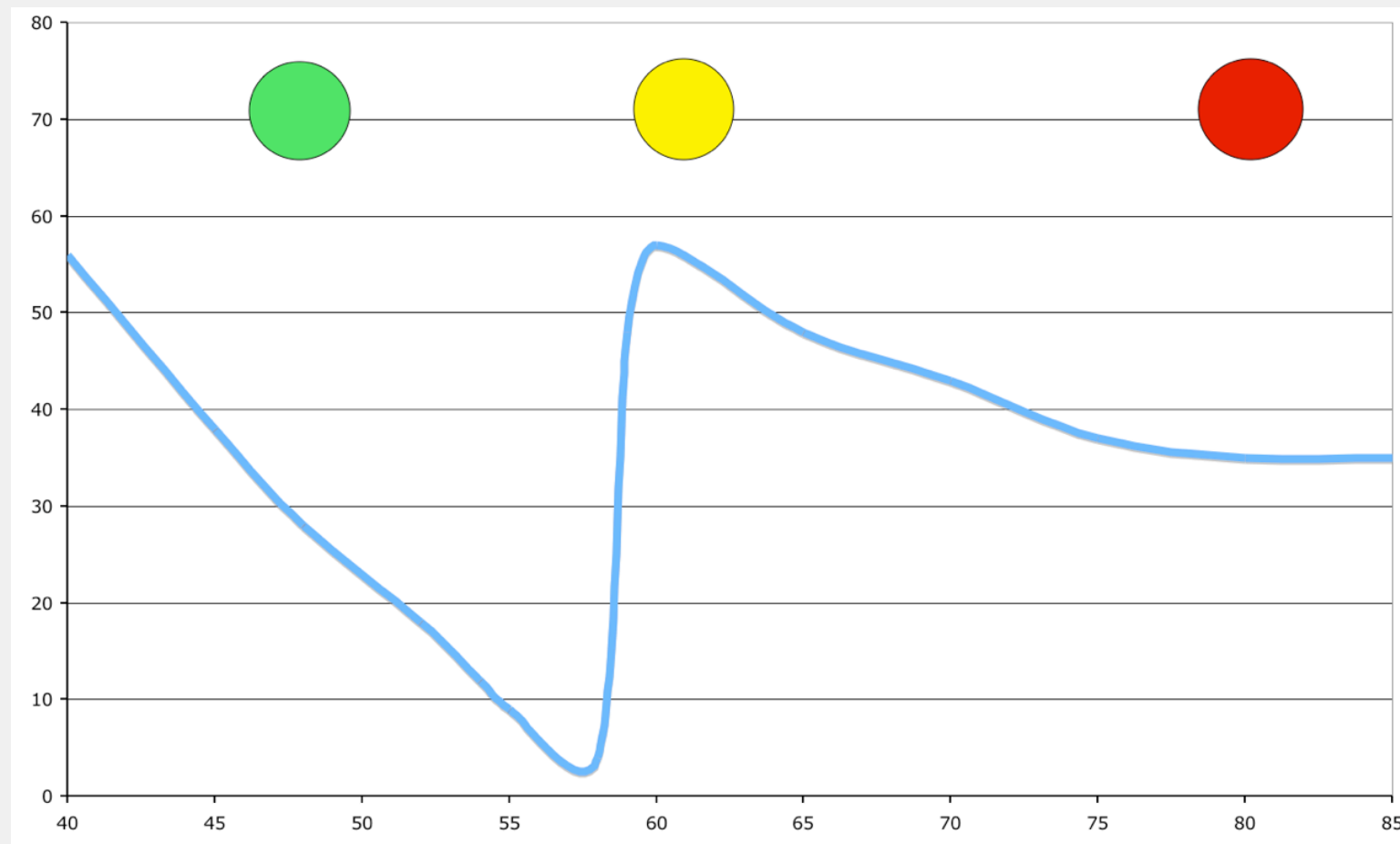


# Auswertung: Signalsysteme



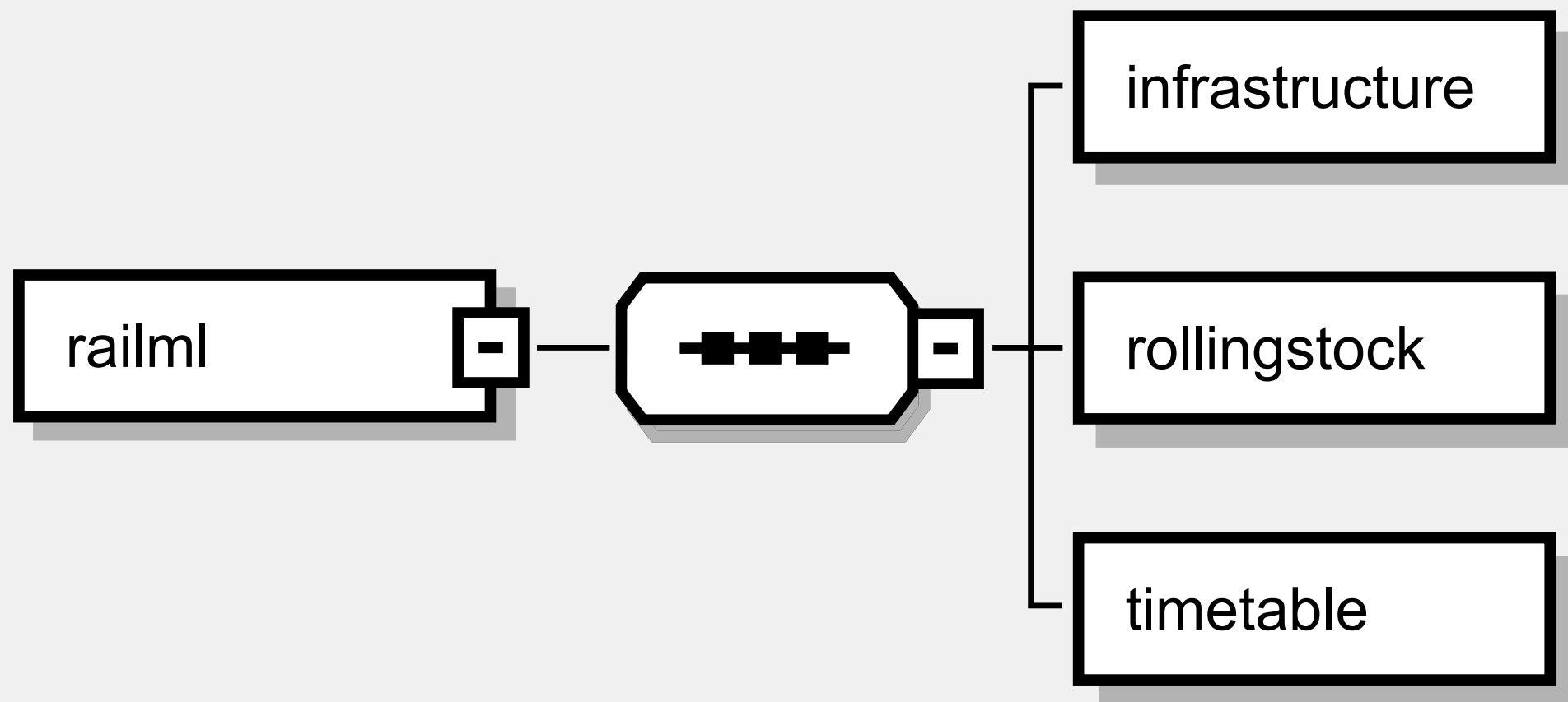
# Auswertung: Signalsysteme

Verspätung am  
Zielpunkt [s]

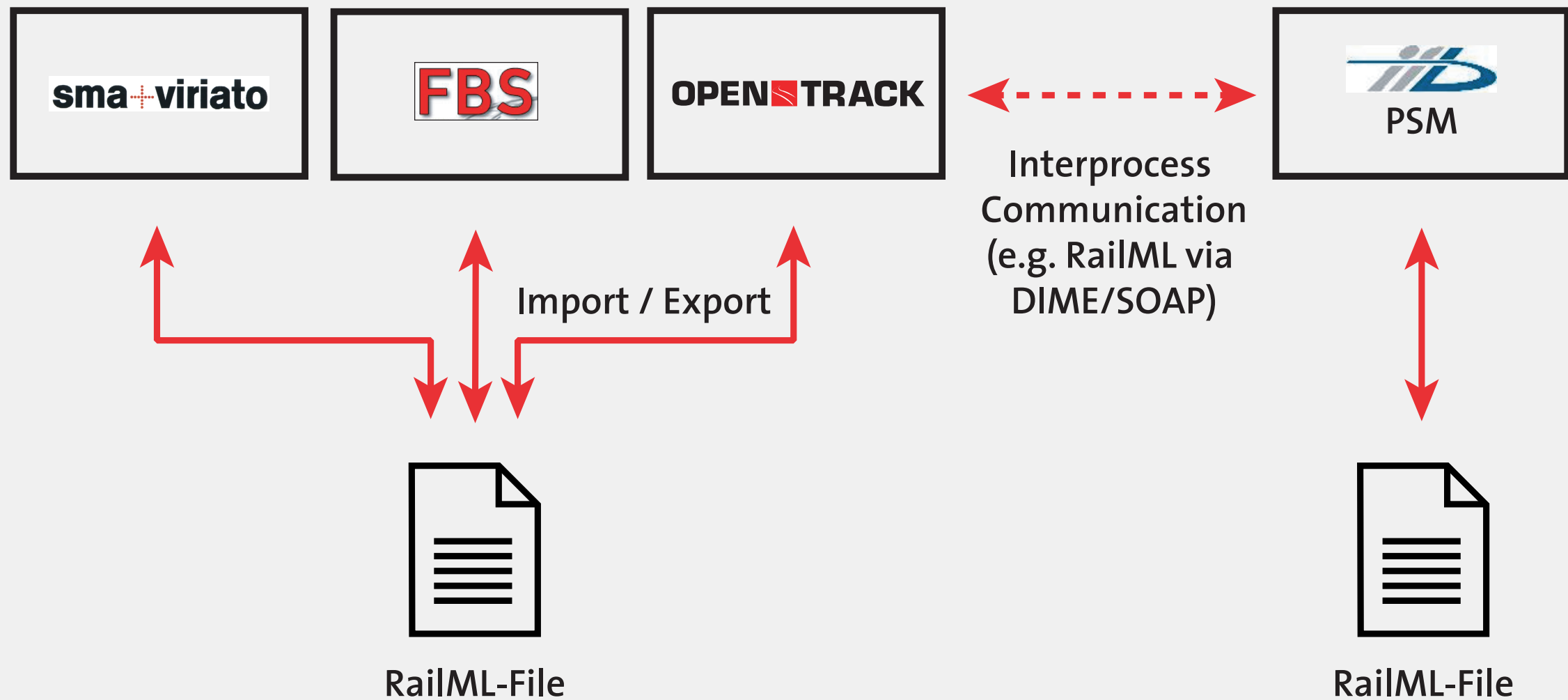


Vorgeschlagene Geschwindigkeit [km/h]

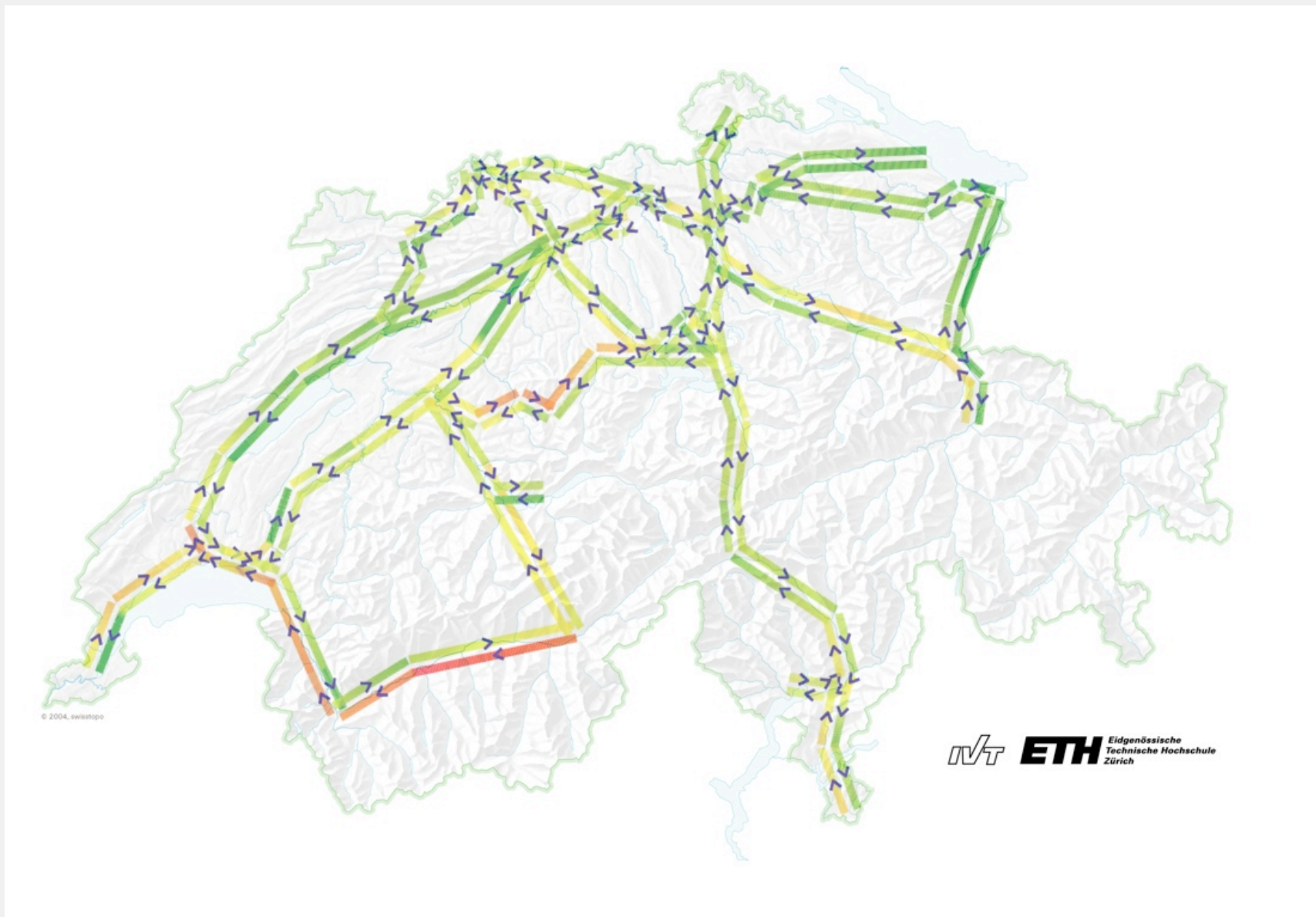
# RailML - The Railway Markup Language



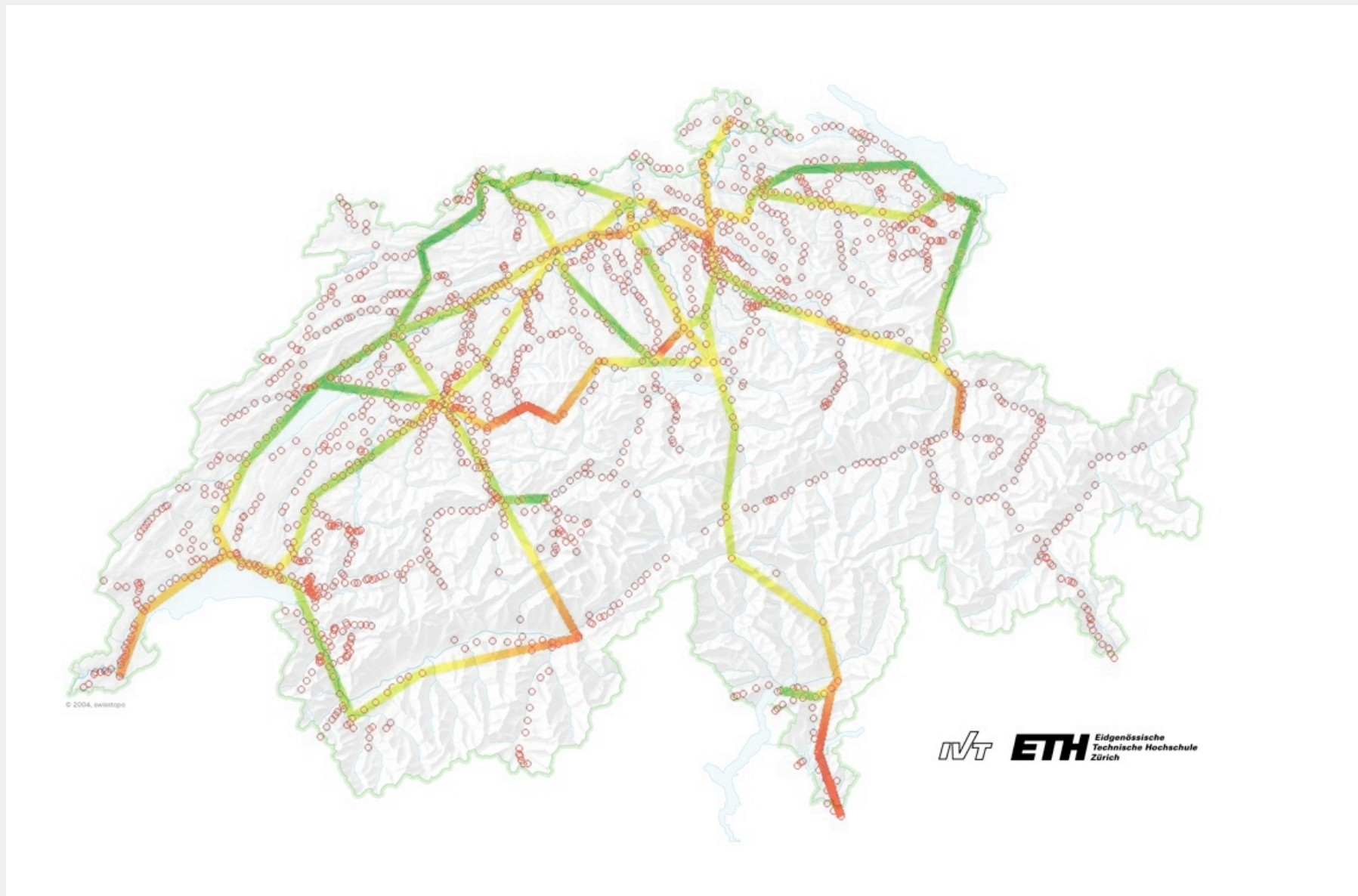
# RailML - The Railway Markup Language



# Verspätungskarten



# Verspätungskarten



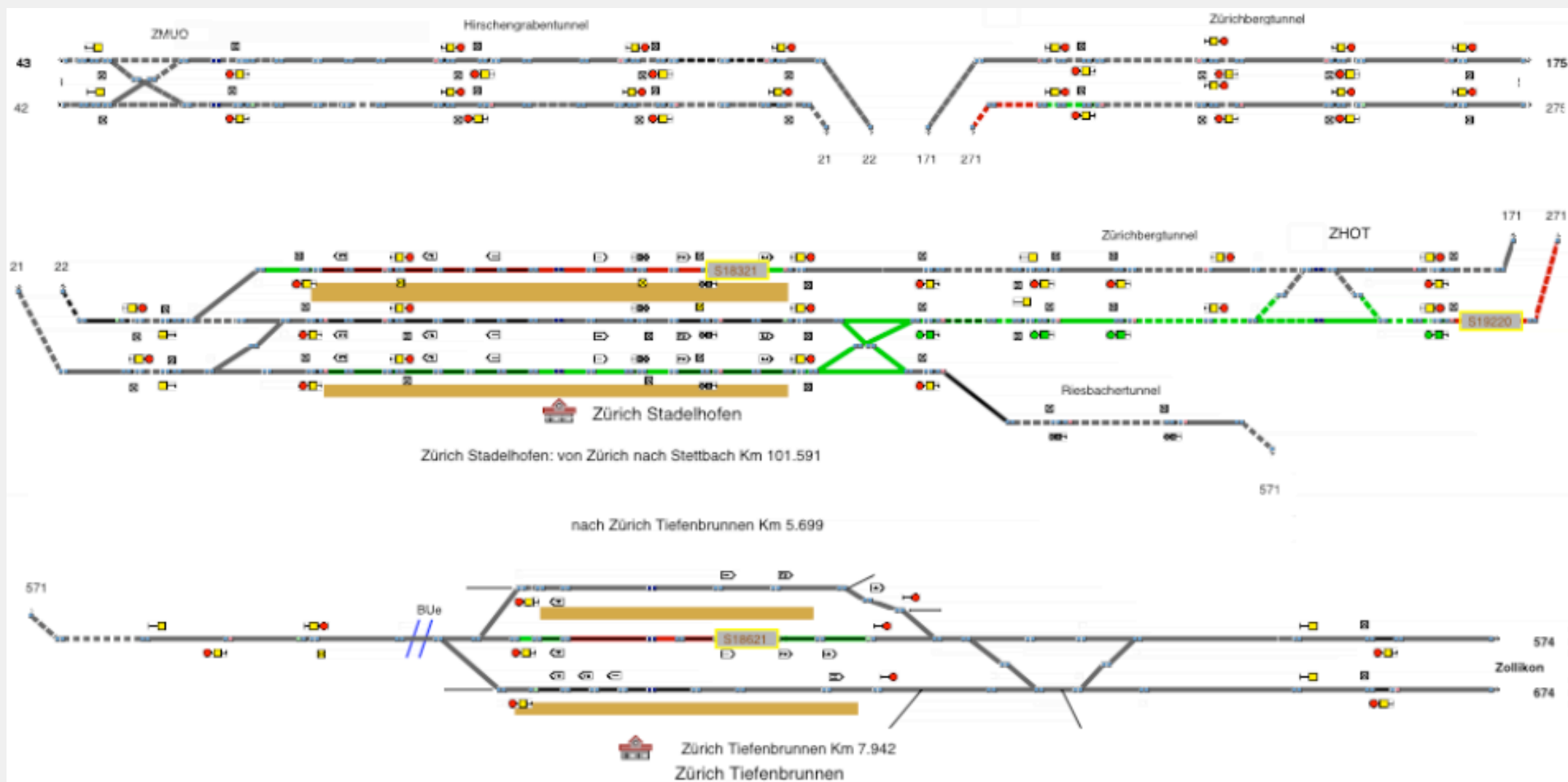


# Anwendungs- beispiel: S-Bahn Zürich



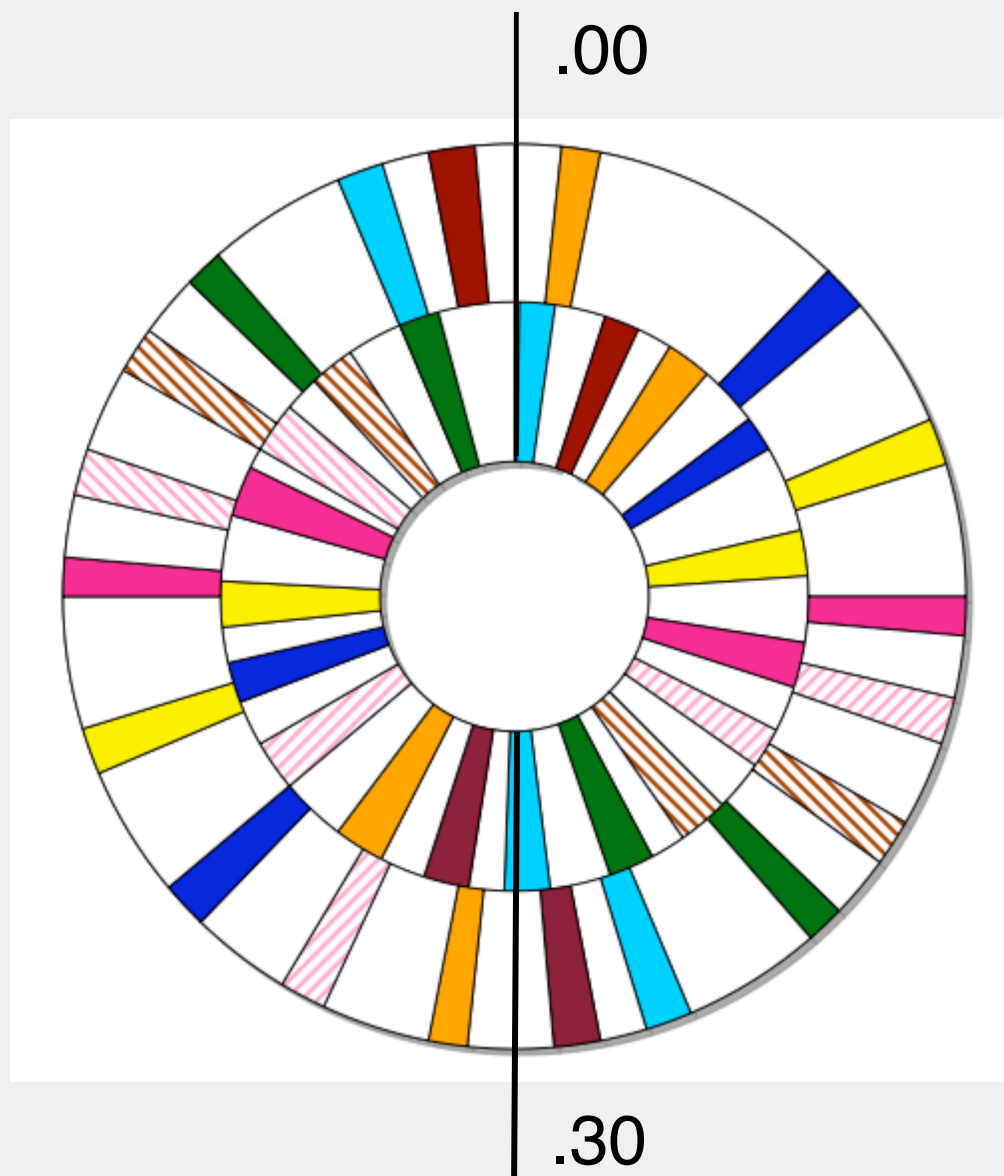


# Anwendungsbeispiel S-Bahn Zürich



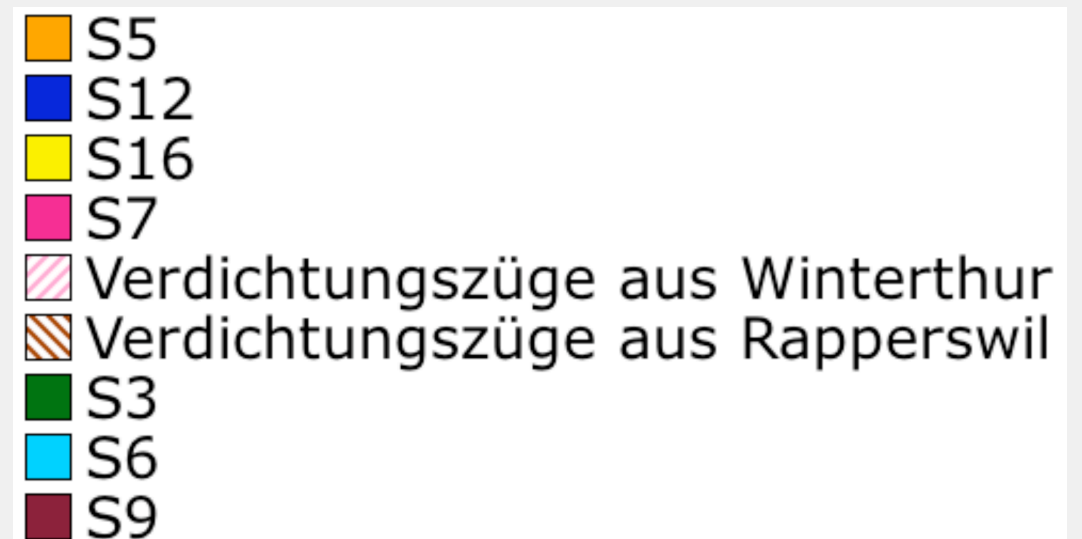
## Engpass Zürich-Stadelhofen

# Anwendungsbeispiel S-Bahn Zürich



Darstellung von:

Soll-Fahrplan (aussen)  
und Ist-Fahrplan (innen)



# Anwendungsbeispiel S-Bahn Zürich

## Die Stabilität kann verbessert werden durch:

- Häufigere Benutzung von Gleis 2 in Stadelhofen
- Anpassung des Fahrplans (insbesondere Haltezeiten)
- Sanierung der Fernverkehrszüge
- Bevorzugung der Züge welche in den Kern fahren
- Anschlussbrüche an der Peripherie

## Unsere Anwender / Partner

- 63 Firmen / Institutionen mit 108 Installationen ...
- ... in Eisenbahnunternehmungen, in der Eisenbahnindustrie, in Ingenieurbüros und Universitäten ...
- ... in Europa, Nordamerika, Asien und Australien ...
- ... mit Projekten auf allen Kontinenten

---

**Besten Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Weitere Informationen:**

**[www.opentrack.ch](http://www.opentrack.ch)**