



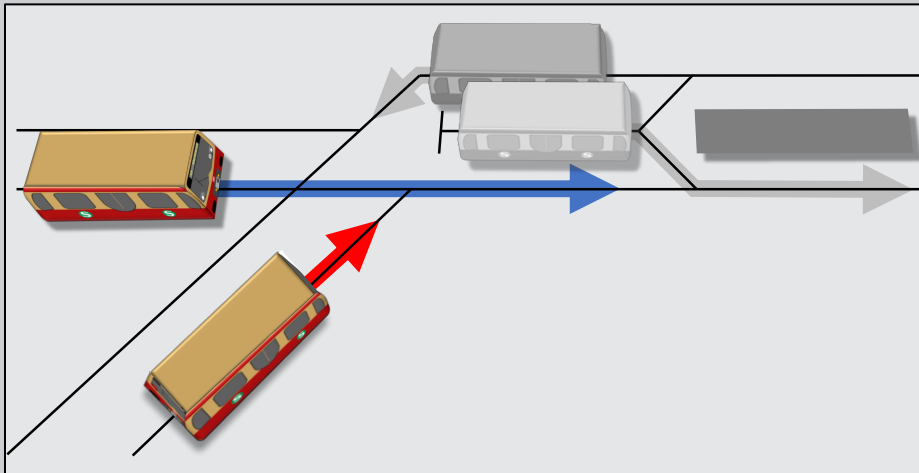
NETZE

Automatische Dispositionsassistentz auf Grundlage
Produktionsmodell Betrieb ADA-PMB für mehr Pünktlichkeit
German Data Science Days 2023

Mehrzugkonfliktlösung aus ADA-PMB kommt zu besseren Lösungen als 2-Zug-Konfliktlösung

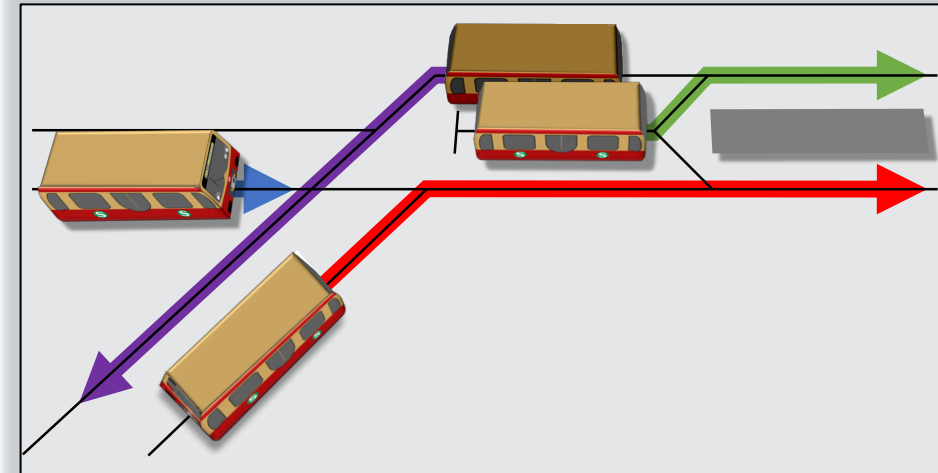
Gegenüber einer klassischen Zwei-Zug-Konfliktlösung berücksichtigt ADA-PMB alle Züge im Betrachtungsraum gleichzeitig

Beispiellösung mit KE/KL (2-Zug-Konfliktlösung)



- Basis für Dispositionsentscheidungen ist die mikroskopische Lösung prognostizierter Konflikte zwischen jeweils zwei Zügen
- daraus entstehende Folgekonflikte mit anderen Zügen werden nur eingeschränkt makroskopisch berücksichtigt

Beispiellösung mit PMB-D (Optimierung aller Züge)



- Basis für Dispositionsentscheidungen ist die gleichzeitige, mikroskopische Optimierung aller Züge im Betrachtungsraum
- die Gesamtlösung aus PMB-D ist folgekonfliktfrei

Die bislang in den Betriebszentralen größtenteils manuell durchgeführte Zug- und Bereichsdisposition ist sehr anspruchsvoll

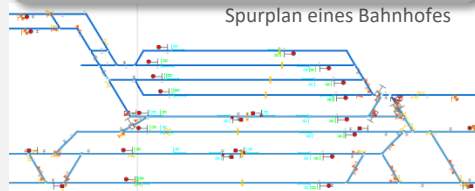


Bild: Reiko Schuh

ADA-PMB basiert auf mathematischer Optimierung und ist für Mischverkehr diskriminierungsfrei ortsunabhängig einsetzbar

Auf Basis der aktuellen Betriebssituation berechnet ADA-PMB verspätungsminimale Mehrzugkonfliktlösungen

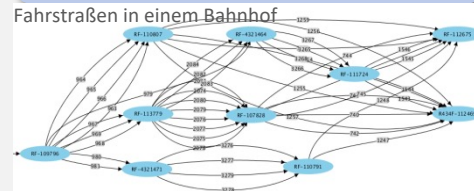
Eingangsdaten



- Originaldaten aus Betriebszentralen
- Infrastruktur-, Fahrplan- und Zugdaten (Plan und Ist-Daten)

sehr große Datenmengen

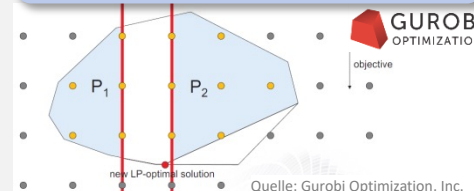
Präprozess



- Aufstellung des Optimierungsmodells
- math. Modell aus Variablen und Ungleichungen
- Ergänzender ML-Input

Eisenbahnbetrieb möglichst genau abbilden

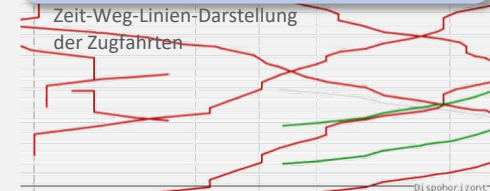
Optimierung



- gemischt ganzzahlige Optimierung

Kommerzieller State of the Art Solver

Postprozess



- „Übersetzen“ der Lösung und Anzeige zur Auswertung

Verständliche Empfehlungen ableiten

- Algorithmenentwicklung und -validierung seit 2016 im Labor, auf Grundlage Mischverkehrsbedarfsdaten Offenburg – Basel
- Erstmalige Erprobung im Livebetrieb seit Oktober 2020 bei der BZ S-Bahn Berlin

Beschleunigung der Optimierung ist wesentliche Herausforderung für Ausweitung Betrachtungsbereiche

Config File:
Use ML-Hints = True
Anzahl der Variablen > 40000

ML Erweiterung (ml_operations.py)

Berechnung der benötigten Daten / Features

Prediction von z-Variablen

Übergabe der Hints & Priorities

Modell 0

Laden der Input-Daten

Gurobi Modell erstellen

Hints durch letzte Lösung + LB/UB

Optimierung

ADA-PMB unterstützt die Disponent:innen mit Empfehlungen – momentan auf dem Extra-Bildschirm, perspektivisch im Leitsystem



Web4BPA DB NETZE

PMB Dispoempfehlungen

BLI Lichtenberg
75829/- [± 0]
5619/69 [+7]
01:49 min

BOKS Ostkreuz (S-B)
55620/67 [+21]
3620/61 [+4]
06:50 min

BWRS Warschauer Str
3620/61 [+4]
6240
6220
09:44 min



Dispo-Empfehlungen werden zusammen mit User:innen entwickelt und mittels einfachen Symbolen dargestellt

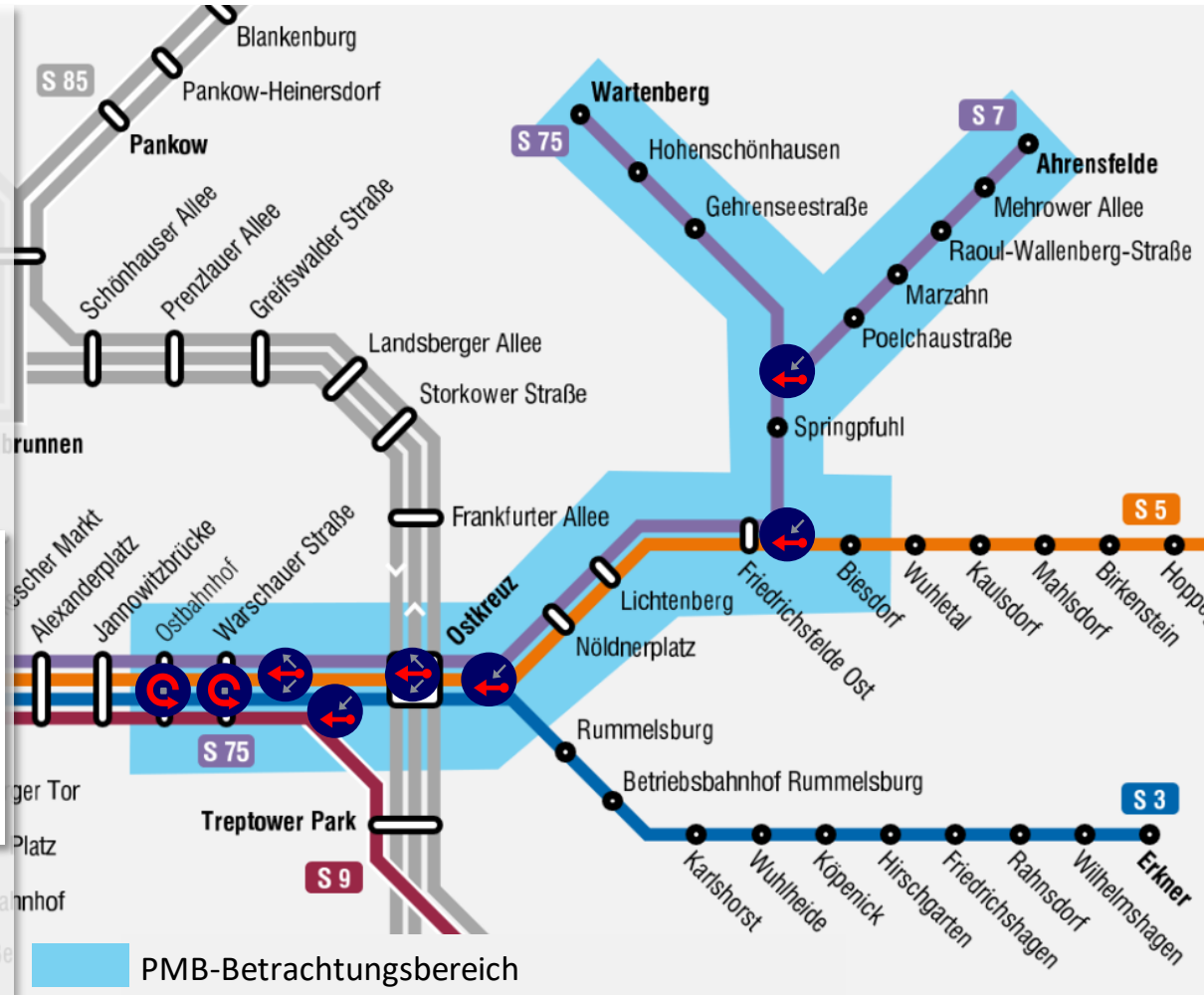


Erster Schritt von ADA-PMB erfolgte in der BZ S-Bahn Berlin – relativ einfache Situation mit gleichen Geschwindigkeiten

Für den PMB-Betrachtungsbereich werden mit Hilfe mathematischer Optimierung Dispositionsempfehlungen erzeugt und angezeigt

PMB-Betrachtungsbereich zum Pilotstart

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen auf Teilen des Dispositionsbereichs Ost-West
- fünf S-Bahn-Linien bzw. ca. 1170 Zugfahrten pro Tag



optimierte Dispositionsempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen ✓
- Gleiswechselempfehlungen ✓
- Wendeempfehlungen (Bahnsteiggleis/Kehranlage) ✓

ADA-PMB Pilot in der BZ Frankfurt im November 2022 für Anwendungsfall Mischverkehr planmäßig gestartet

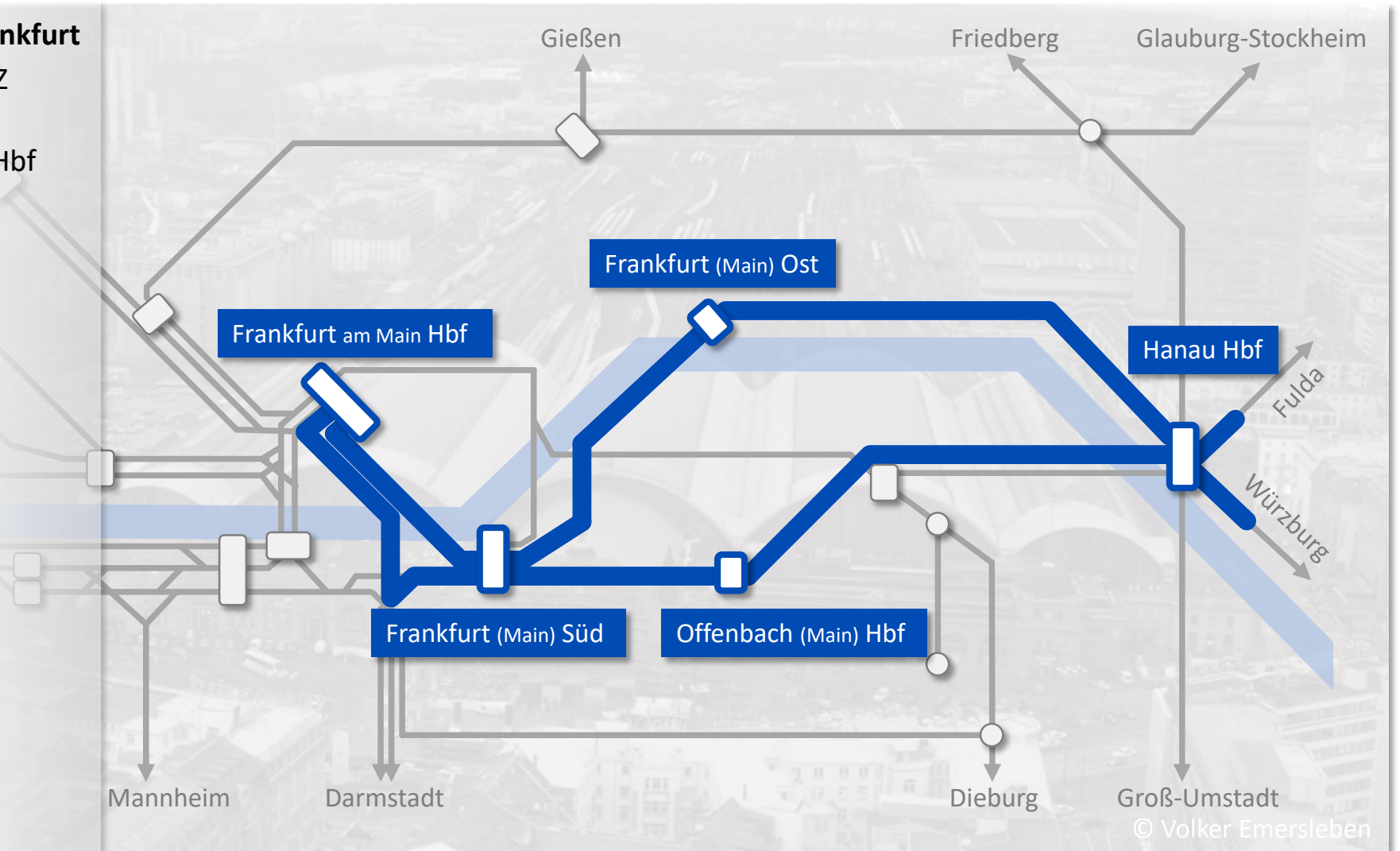
ADA-PMB-Betrachtungsbereich BZ Frankfurt

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Hanau Hbf und Frankfurt Hbf
- 12 Fernverkehrslinien
- 7 Regionalverkehrslinien
- ca. 500 Zugfahrten pro Tag (inkl. Güterverkehr)

Optimierte Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen

 PMB-Betrachtungsbereich



Ende Q1/2023 startet ein Pilot auf dem Korridor Stuttgart – Plochingen – die Vorbereitungen laufen planmäßig

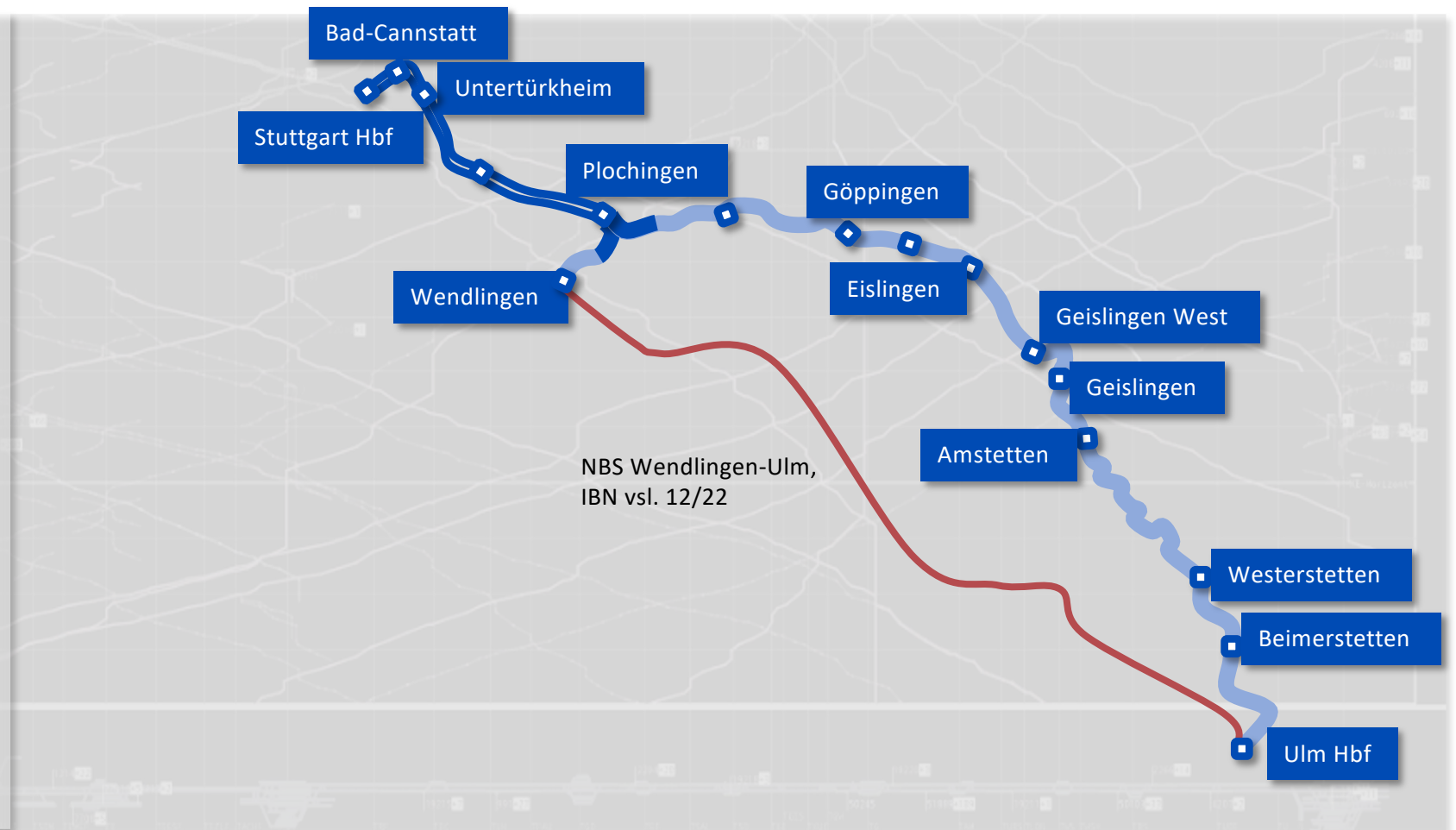
ADA-PMB Betrachtungsbereich BZ

Karlsruhe

- Verarbeitung aller Zugfahrten der BZ
- Optimierung + Dispoempfehlungen zwischen Stuttgart und Plochingen
- 7 Fernverkehrslinien
- 10 Regionalverkehrslinien
- Ca. 950 Zugfahrten pro Tag (inkl. Güterverkehr)

Optimierte Dispoempfehlungen

- Einfädelungsempfehlungen
- Gleisänderungsempfehlungen
- Überholungsempfehlungen



PMB-Betrachtungsbereich

Perspektivisch soll ein automatischer Aushandlungsprozess zwischen EVU und EIU erstellt werden – Dispositionsentscheidung soll zu einem Systemverbundoptimum führen

