

Simulation als Baustein für KI Anwendung in der Disposition von digitalen Eisenbahnknoten

Dr. Jakob Erdmann

ONLINE-SYMPOSIUM
DER ZUG ZUR DIGITALISIERUNG
29. – 30. November 2022

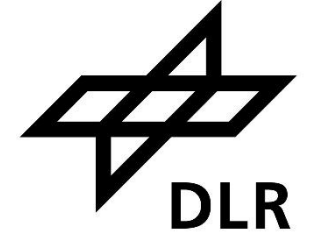


Wissen für Morgen



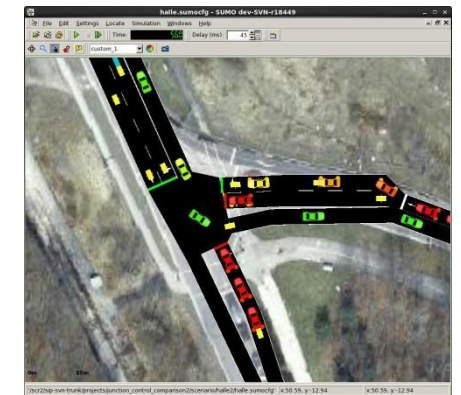
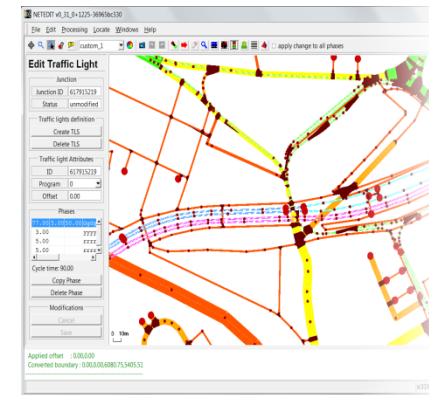
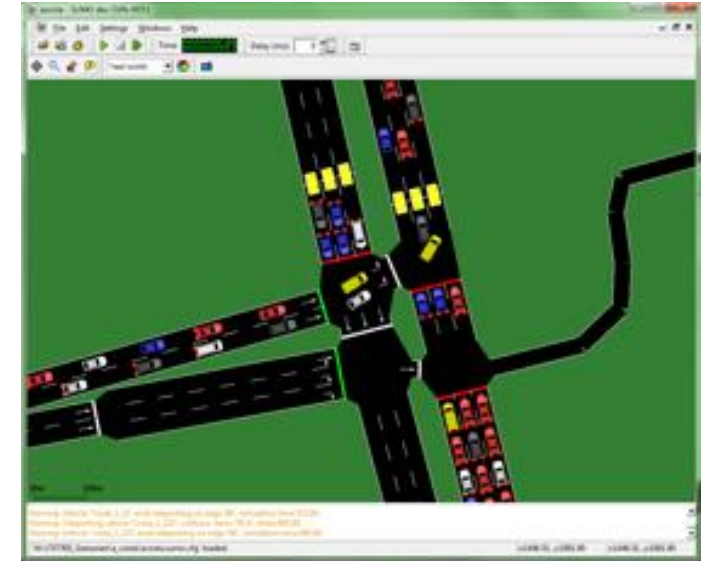
Inhalt

- **SUMO** - Simulation of **U**rban **M**obility
- Das Projekt **KI-DISPO**
- Herausforderungen bei der Simulation
- Ausblick



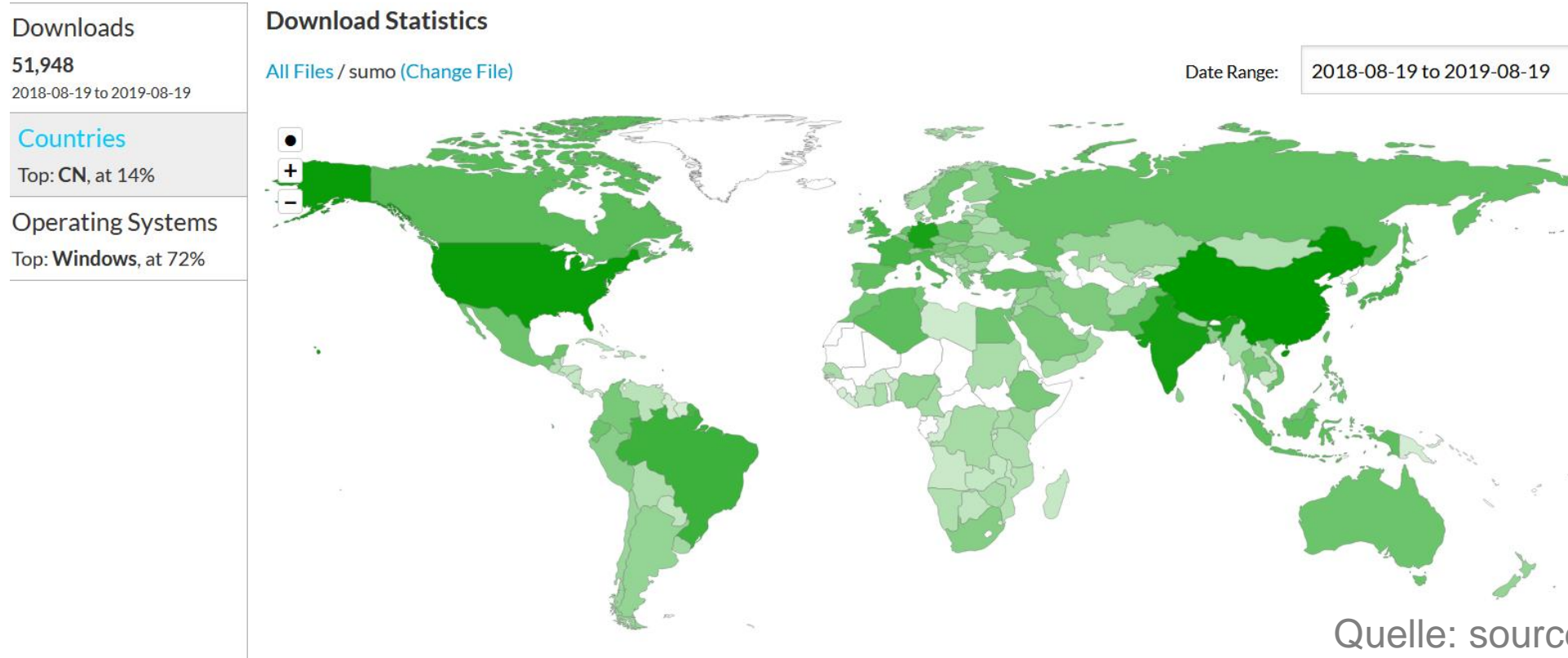
SUMO - Simulation of Urban Mobility

- Verkehrssimulation
 - Entwickelt beim DLR seit 2001
 - Open Source (EPL2 + GPL)
 - **Mikroskopische** Simulation von ganzen Städten (jedes Fahrzeug mit einzigartigem Verhalten)
 - Modell **aller** (bodengebundenen) Verkehrsarten
- Softwareplattform für Forscher
 - Offen und erweiterbar
 - Umfangreiche Sammlung von Komponenten zur Erstellung, Durchführung und Auswertung von Simulationen
 - **Echtzeitkopplung mit Anwendersoftware**
 - Aktive globale Anwender-Community



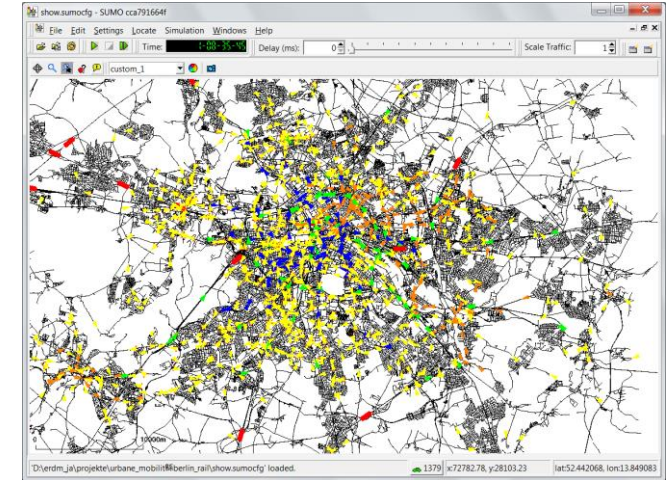
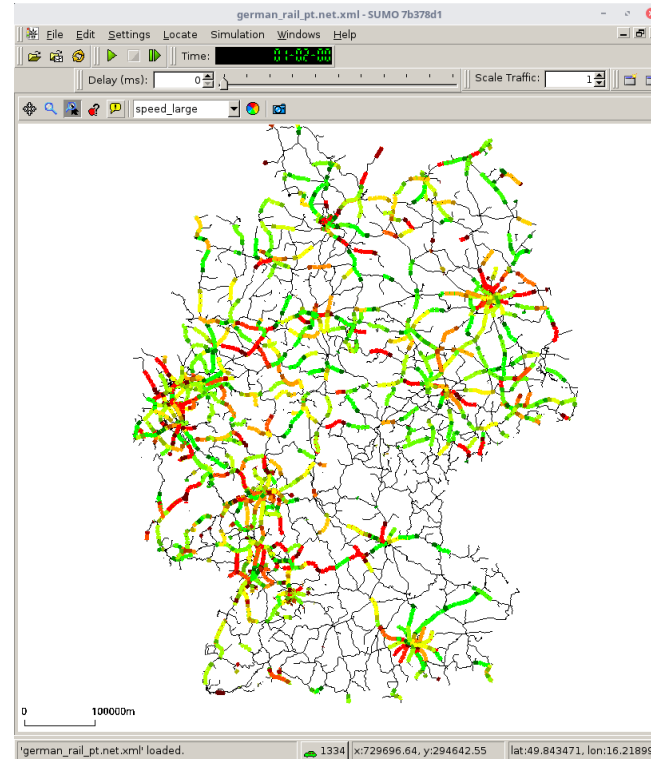
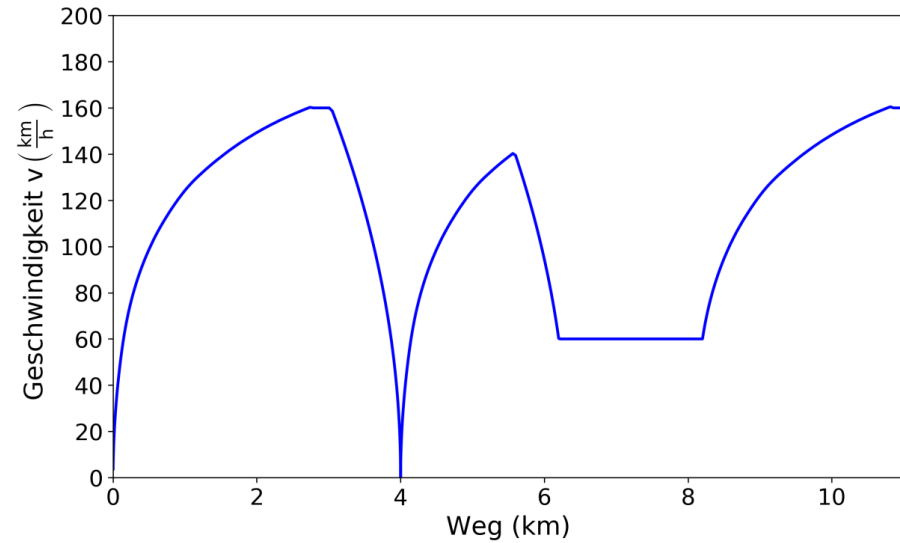
SUMO – Anwender

- Weltweite Nutzerbasis, insbesondere in der Forschung
- 33k hits auf scholar.google.com für 'sumo traffic'



SUMO - Eisenbahnsimulation

- Anleihen aus dem Straßenverkehr (Fahrzeugfolge, Lichtsignalanlage)
- Intermodal (Fahrgastwechsel, Reisekette, Bahnübergang)
- Hauptsignal-Schaltlogik (Blockbelegung, Flankenschutz, Deadlock-Vermeidung, Konfliktauflösung)
- Bidirektionale Gleisnutzung
- **Konfigurierbare Zugreihenfolge**
- Kennlinien für Zugfahrtdynamik



Intermodale simulation (OSM, GTFS)

Netz und Synthetischer Fahrplan aus OSM

KI-DISPO

- Idee: Einsatz von **KI als Assistenzsystem in der Disposition**
 - Bewältigung von höherem Arbeitsaufwand
 - dichter Takt,
 - mehr Konfliktsituation
 - erhöhte Komplexität der Entscheidungen
 - Verbesserte Entscheidungsqualität
 - Effizienterer Personaleinsatz

- DB Projektbeginn 2018
- Partnerschaft mit DLR seit 2019
- Im Einsatz bei der S-Bahn Stuttgart seit 2021



26.09.22 11:50 Uhr Stuttgart

Bilanz: Künstliche Intelligenz sorgt für pünktlichere Züge in Stuttgart

DB-Technikvorständin Dr. Daniela Gerd tom Markotten besucht Leitstelle der S-Bahn • Technologieeinführung vor gut einem Jahr erfolgreich • DB baut Einsatz Künstlicher Intelligenz zum Vorteil der Kund:innen weiter aus



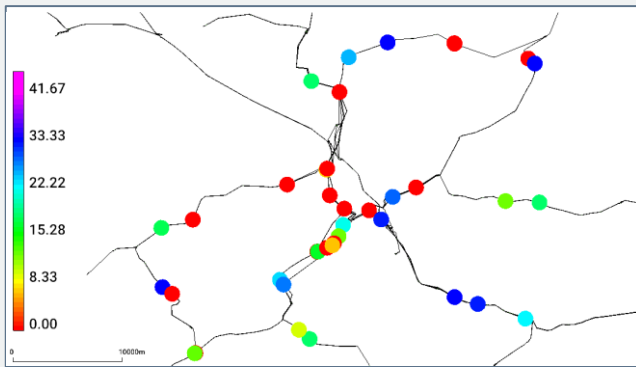
Besuch in der Leitstelle der S-Bahn Stuttgart. V.l.n.r.: Matthias Sollner, Disponent bei der S-Bahn Stuttgart, Dr. Daniela Gerd tom Markotten, DB-Vorständin für Digitalisierung und Technik und Dr. Dirk Rothenstein, Vorsitzender der Geschäftsleitung der S-Bahn Stuttgart. Foto: DB AG

Quelle: www.deutschebahn.com/pr-stuttgart-de/aktuell/presseinformationen/144-pm_KI_in_der_Dispo_S-Bahn_Stuttgart-8890308

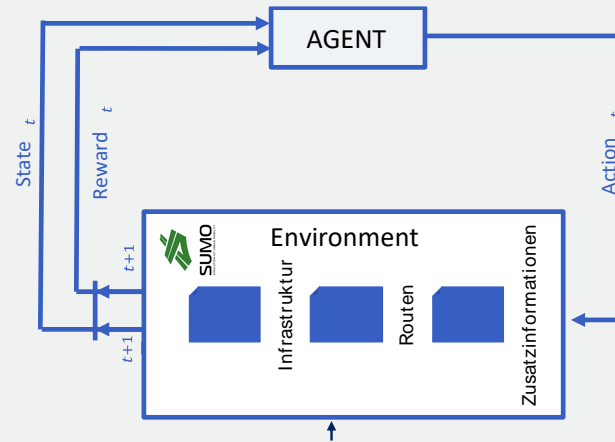


KI-DISPO - Komponenten

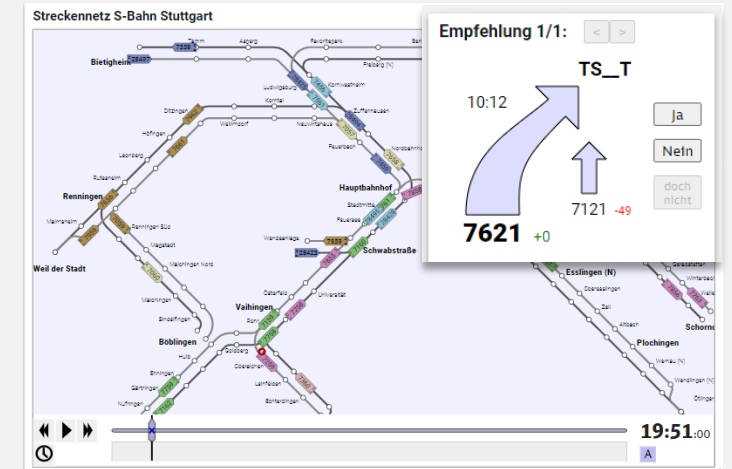
Digital Twin



RL Framework



Applikation

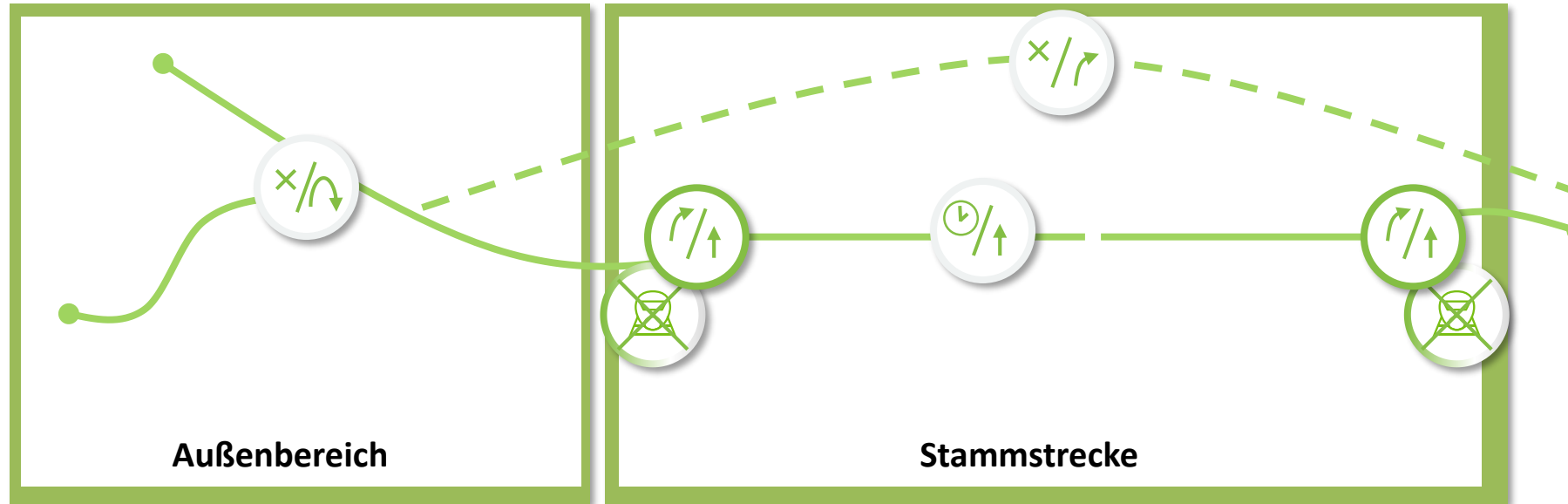


- SUMO-Simulation bildet Betriebszustände ab: Normalbetrieb, Verspätungsbetrieb, Verspätungsbetrieb mit Eingriff

- Dispositions - KI, Reinforcement Learning
- **Simulation liefert "Reward" beim Training.**

- KI bietet Empfehlung und zeigt Was-Wäre-Wenn Vorhersagen
- **Simulation filtert Empfehlungen** bevor sie an den Nutzer weitergereicht werden
- **Simulation prädiziert Folgezustände (Verspätungsminuten)**





Optimierung der Fahrzeugumläufe mit Bezug zu Folgeverspätung, Ausfallkilometer und Personal und Fahrzeugressourcen

Optimierte Nutzung der Kapazität innerhalb der Stammstrecke mit Bezug auf Verspätung und Ausfallkilometer



Überschlagende Wende

Eine Fahrleistung geht nicht auf die direkt folgende Fahrt über, sondern auf die darauf folgende Fahrt. Die direkt folgende Fahrt wird vom vorherigen Fahrzeug übernommen.



Reihenfolge

Änderung der Planmäßigen Reihenfolge im Störfall



Teilausfall

Route wird verkürzt um Kapazität im Netz zu erhöhen



Umleitung

Umfahrung um im Störfall Kapazität zu schaffen

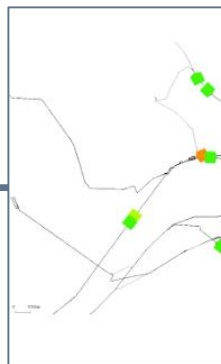


Slotfahren

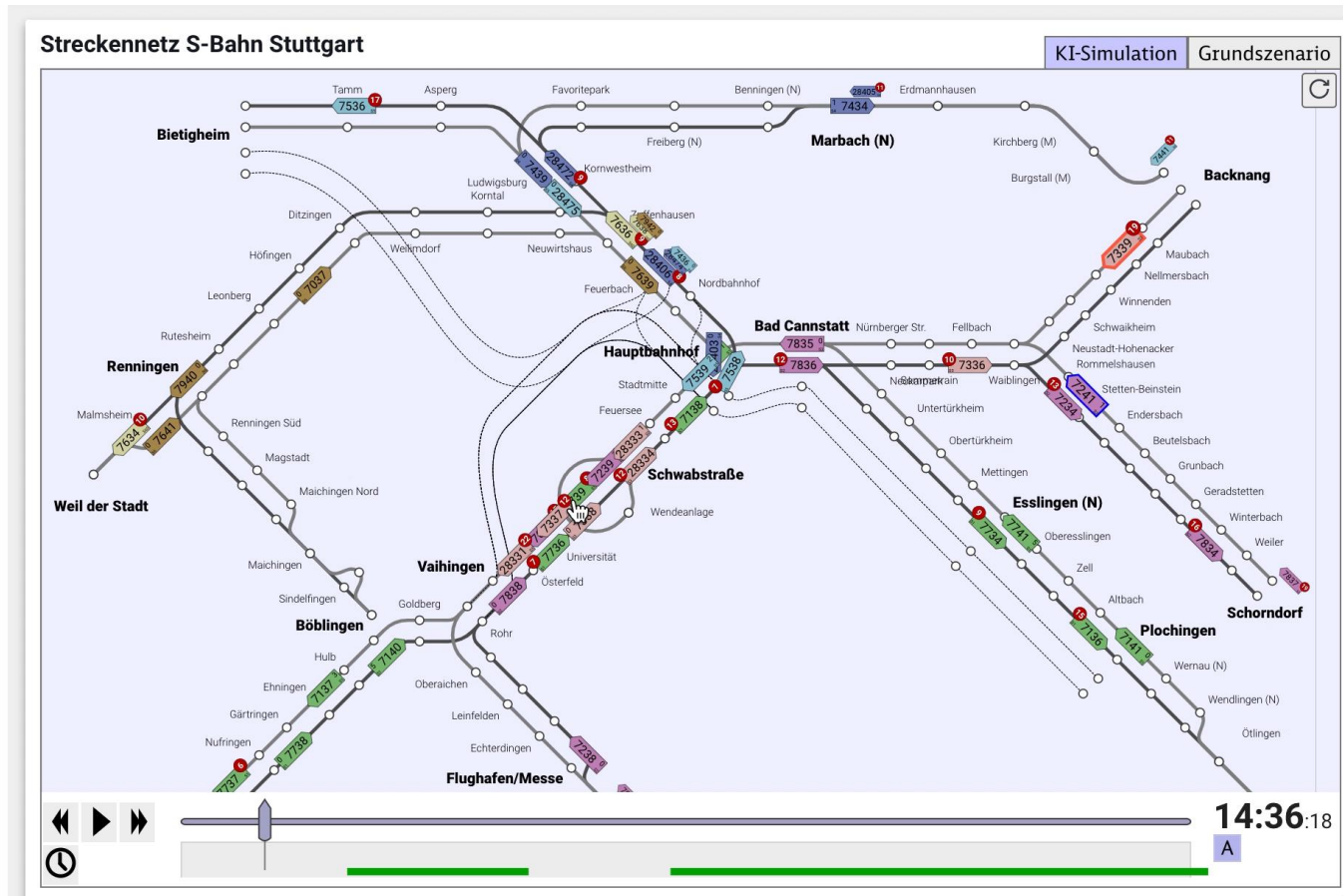
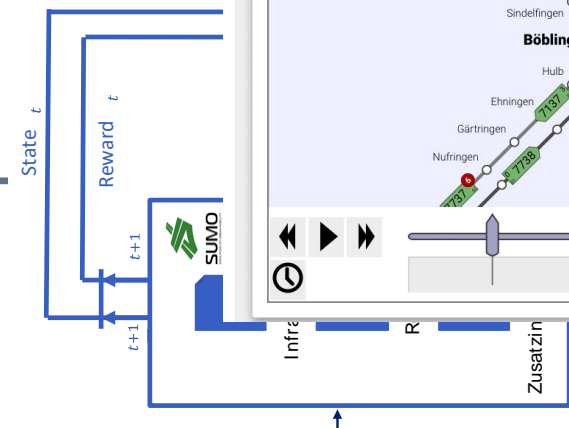
Flexible vorplanmäßige Abfahrtszeit um freie Slots zu nutzen



Simulation



KI Modell



KPIs	Baseline	KI-Vorschlag
Verspätung in min	171.9	139.76
4-min-Pünktlichkeit in %	69.37	75.84
6-min-Pünktlichkeit in %	76	80.62
Geschwindigkeit in km/h	40.36	40.4

Empfehlung 1/3: < >

14:42 **TFE**

7241 +0

7339 -18

Ja

Nein

doch nicht

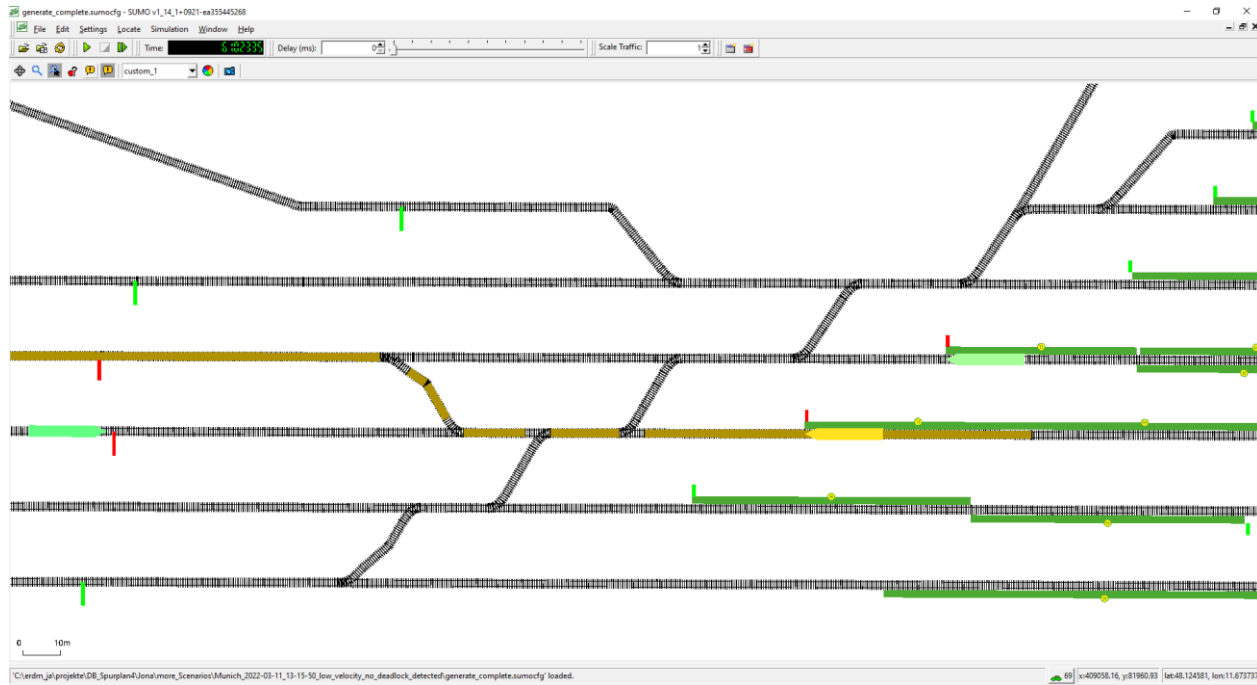
Kommentar:

Zug-Nr	Linie	BST	SOLL		IST		Versp.
			An	Ab	An	Ab	
7163	S 1	THUB	21:01	21:01	21:05	21:05	4

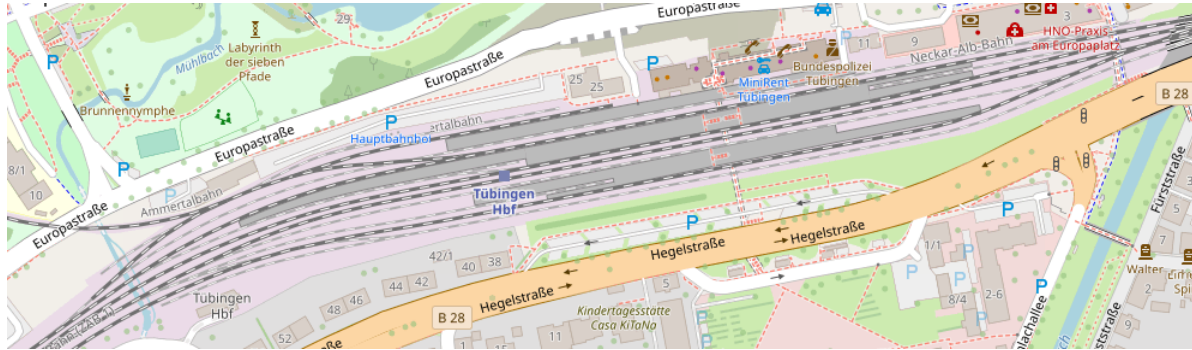


Herausforderungen bei der Simulation

- Modellierung der Infrastruktur
 - DB Spurplan (abstrakte Gleispläne, keine Geo-Daten, **unvollständig**)
 - DB Inspire Streckennetz (Geo-Daten, ohne Betriebsstellen-Details)



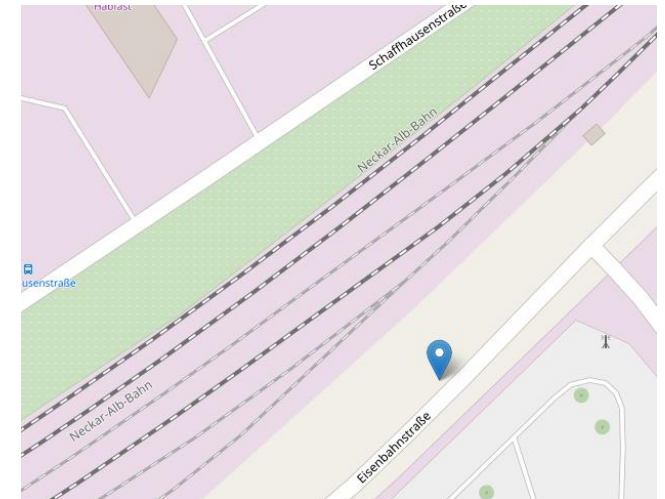
Hybrides Netzmodell



TT_G

TT

0 100m

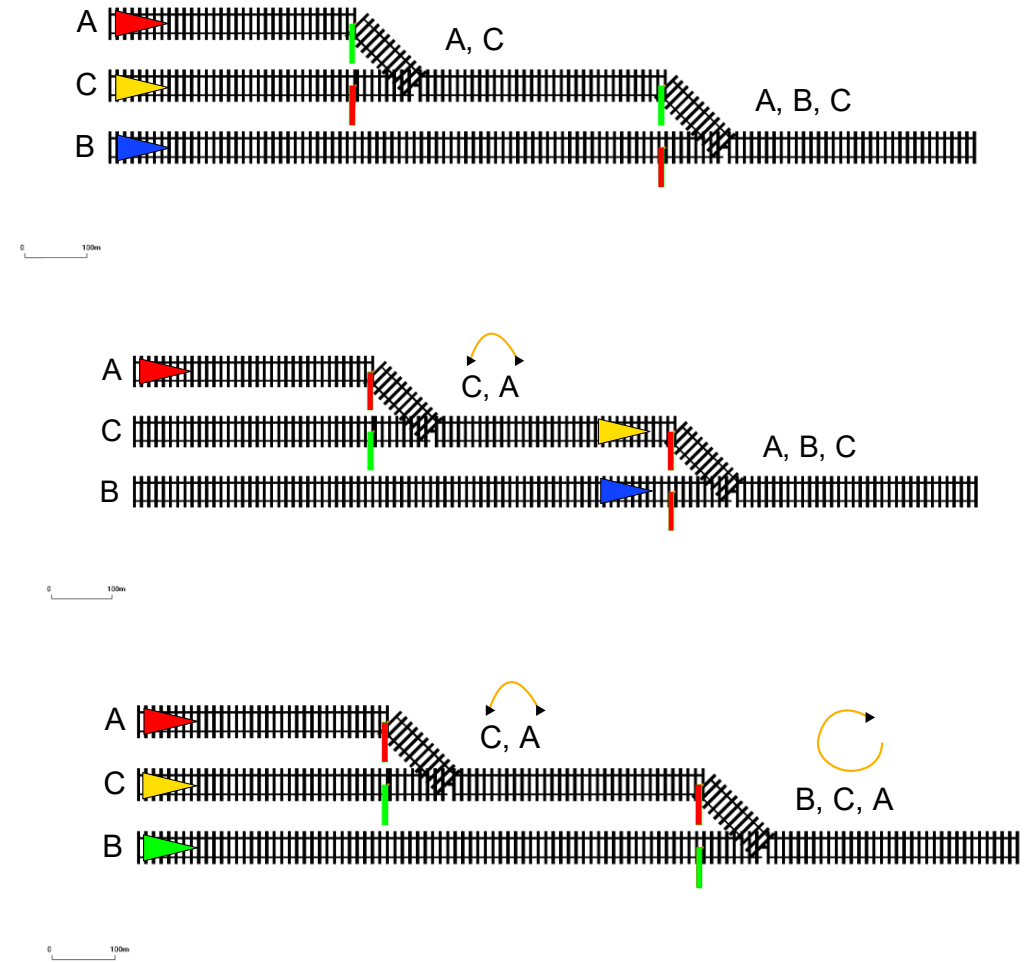


Quelle Karten: www.openstreetmap.org



Herausforderungen bei der Simulation (2)

- Modellierung des Fahrplans
 - Basis: RIS Daten (Ist/Soll)
 - Initialisierung aus Ist-Daten (Verspätungen)
 - Automatisierte Ableitung der Soll-Zugreihenfolge an Konfliktstellen aus Fahrplan
 - Signalsteuerung auf Basis der Soll-Zugreihenfolge
- Modellierung der Disposition
 - Vertauschen der Reihenfolge zur Laufzeit
 - Automatische Auflösung von Widersprüchen
 - Umgang mit real bereits erfolgter Disposition



Ausblick

- Verbesserte Behandlung von "Widersprüchen" in der Zugreihenfolge
- Modellierung von Haltezeiten (an Haltepunkten) aus historischen Daten
- Aufbau eines Geo-referenzierten Gleisnetzes zum Abgleich mit realen GPS-Daten
- Behandlung von großräumigen Netzstörungen
- Steigerung der "KI-Vorschlags"-Akzeptanz

73253

erzeugte Vorschläge

42680

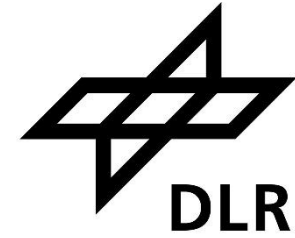
umgesetzt

vermiedene Verspätung durch
umgesetzte Vorschläge (2022)

48.618,07 mins



Ansprechpartner



Rene Neuhäuser
DB-Regio



Georg Merz
AI Specialist



Martin Kempcke
AI Project
Manager



Bärbel Jäger
Design and Assessment
of Mobility Solutions



Ronald Nippold
Simulation Group Leader



Torsten Deutsch
AI Development
Manager



Hannes Lorkowski
AI Specialist



Christina Leuchtweis
Change Managerin



Jakob Erdmann
Simulation Specialist



Michael Behrisch
Simulation Specialist

