

# Eisenbahnrouting mit GraphHopper

Michael Reichert (Nakaner)



Foto: Andre.de, Wikimedia Commons, CC-BY-SA 4.0

# Bislang

Travic

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

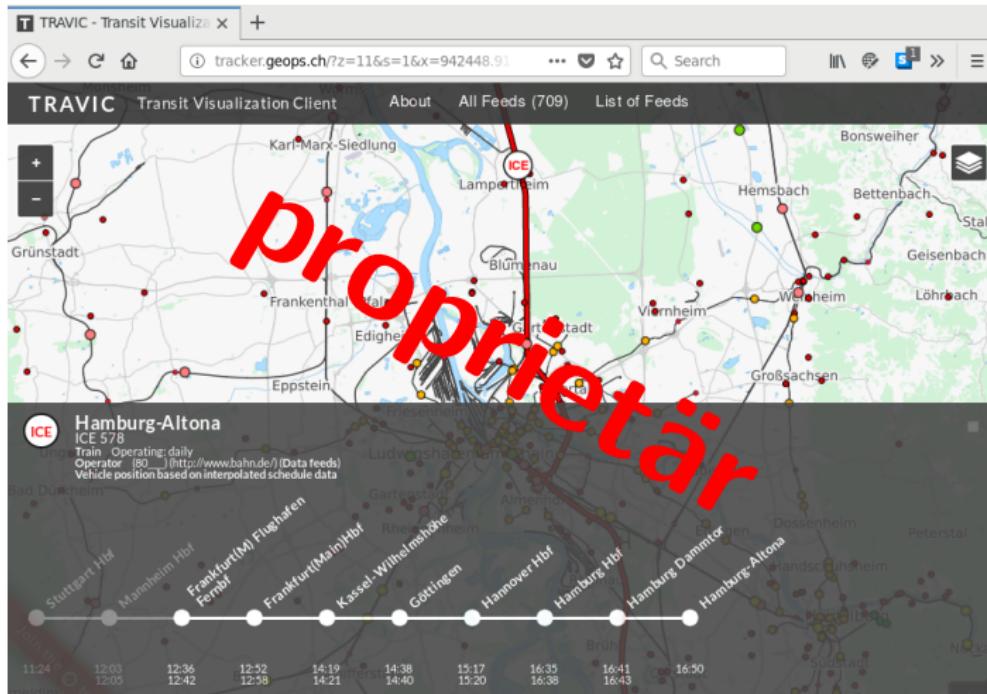
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



# Bislang

## Menz

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

**proprietary**

KVV - Karlsruher Verkehr

Fahrtdetails

Verkehrsmittel + Fußweg

Früher

13:28 - 14:04

ICE 9573

13:28 O Karlsruhe Hbf Gleis 7

ICE 9573 Stuttgart Hauptbahnhof (oben) Ankunft 14:04

Bordrestaurant

Fahrzeuggebundene Einstiegshilfe vorhanden

Ohne Zwischenhalt

14:04 O Stuttgart, Hauptbahnhof (oben) Gleis 9

14:05 - 14:58

IRE 19041

53 Min.

Auf der Karte an:

https://www.kvv.de/fahrt-planen/fahrplanauskunft.html

Leaflet | © OpenStreetMap-Mitwirkende

# Bislang

## Raildar.fr

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

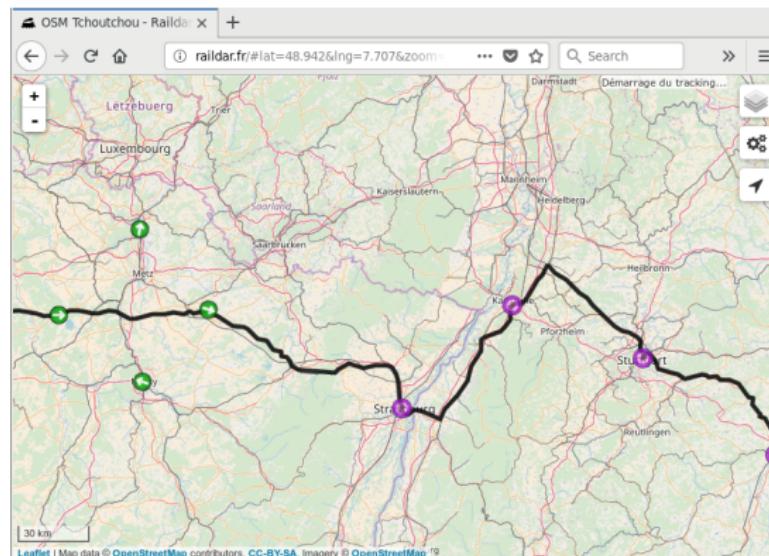
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



Filterung des Planets mit osmfilter, Routing mit OSRM,  
angeblich Tag-Ersetzung

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

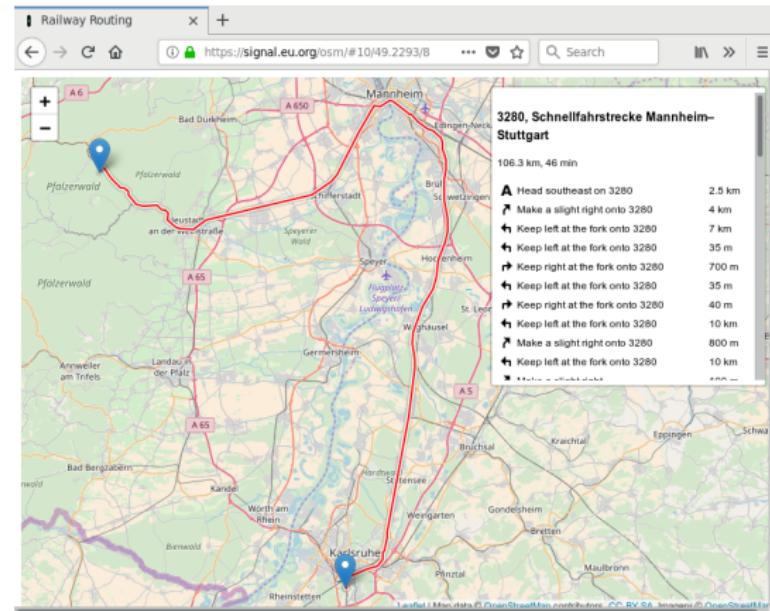
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



OSRM, Gegengleis-Unterstützung, Fahrtrichtungswechsel,  
Stromsystem-Support (?)

# Gleise in OpenStreetMap

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

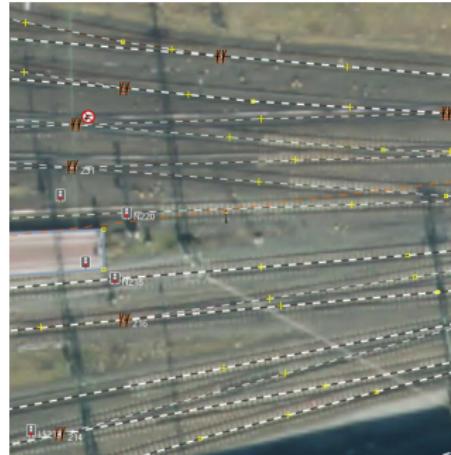
Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

- verbunden
- ein Way pro Gleis
- 1,8 Mio. km Gleis  
(81 900 km in Deutschland)
- 1,2 Mio. mögliche Weichen (158 602 in Deutschland)
- 261 527 `railway=switch`  
(61 000 in Deutschland)



# Gleise in OpenStreetMap

## Einfache Weichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

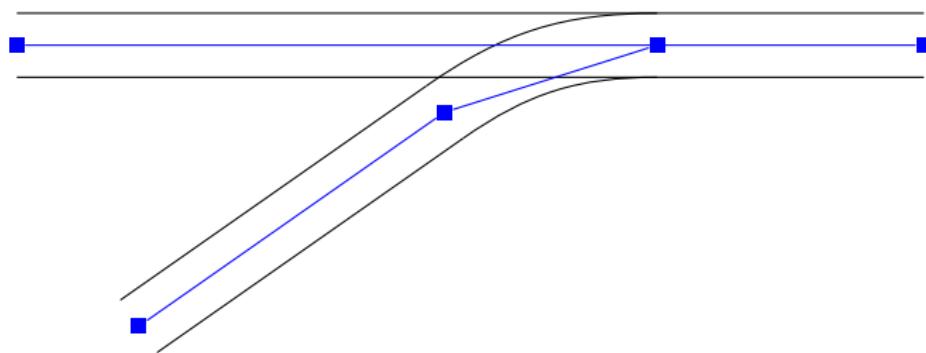
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



# Gleise in OpenStreetMap

## Kreuzungsweichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

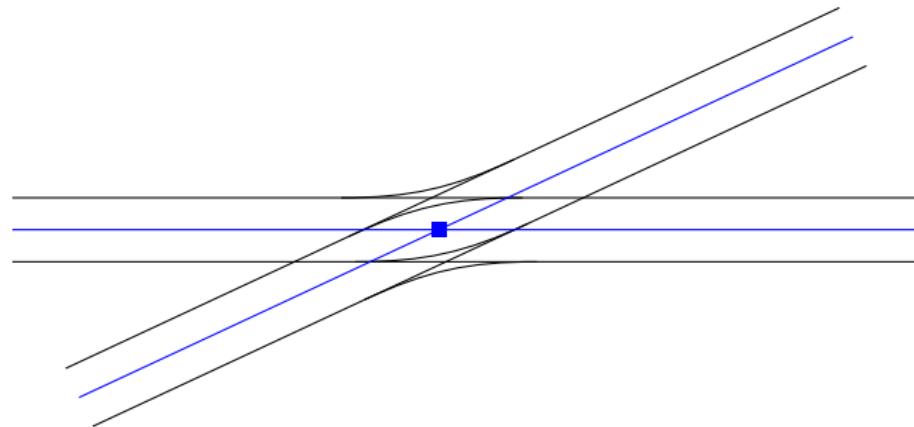
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



doppelte Kreuzungsweiche (`railway=switch` +  
`railway:switch=double_slip`)

# Gleise in OpenStreetMap

## Kreuzungsweichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

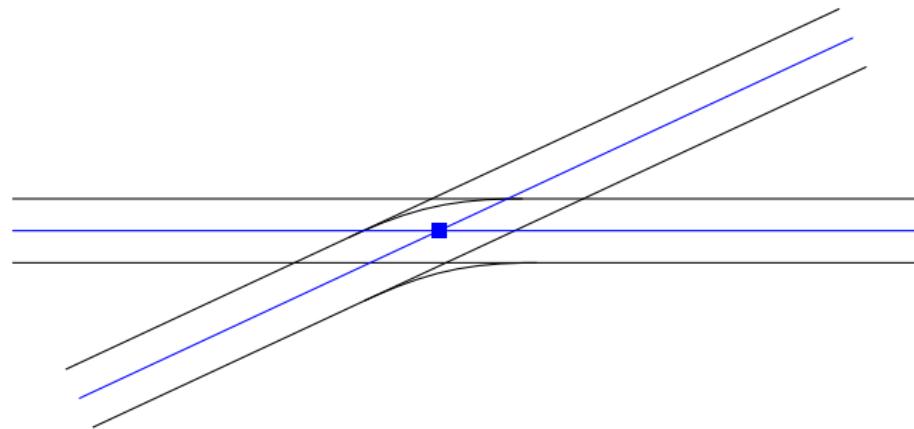
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



einfache Kreuzungsweiche (`railway=switch` +  
`railway:switch=single_slip`)

# Gleise in OpenStreetMap

## Kreuzungsweichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

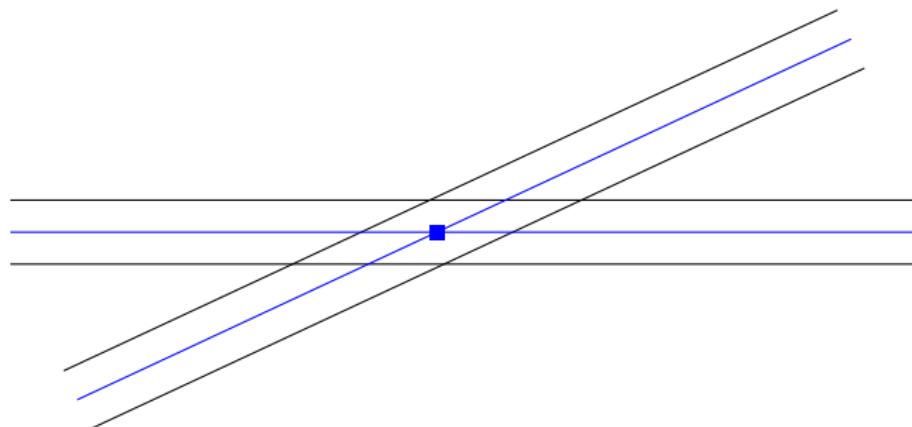
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierungen

Zukunft



Kreuzung (railway=railway\_crossing)

# Gleise in OpenStreetMap

## Tags

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

- **railway=\***
  - **rail:** Vollbahn
  - **light\_rail:** Stadtbahn
  - **tram:** Straßenbahn
  - **subway:** U-Bahn
  - **narrow\_gauge:** Schmalspurbahn

# Gleise in OpenStreetMap

## Tags

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft

- **railway=\***
  - rail: Vollbahn
  - light\_rail: Stadtbahn
  - tram: Straßenbahn
  - subway: U-Bahn
  - narrow\_gauge: Schmalspurbahn
- **railway=disused + disused:railway=\***
- **railway=abandoned + abandoned:railway=\***
- **railway=razed + razed:railway=\***
- **railway=construction + construction:railway=\***
- **railway=proposed + proposed:railway=\***

# Gleise in OpenStreetMap

## Tags

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

- `gauge=*` Spurweite in mm
- `electrified=no/yes/contact_line/rail`
- `voltage=*` Spannung in Volt
- `frequency=*` Frequenz in Hertz
- Mehrschiengleise: `gauge=1435;1000`

# Features

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

- Stromsysteme
- Spurweiten
- 4 Profile
  - Güterzug mit Dieseltraktion, max. 90 km/h
  - Güterzug mit E-Lok (15 kV 16,7 Hz), max. 90 km/h
  - TGV (15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz, 1500 V =), max. 319 km/h
  - TGV (15 kV 16,7 Hz, 3000 V =, 1500 V =), max. 319 km/h
- Fahrrichtungswechsel
- reduzierte Default-Geschwindigkeiten für Überhol- und Überleitgleise

# Demo

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

Demo

# Performance

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

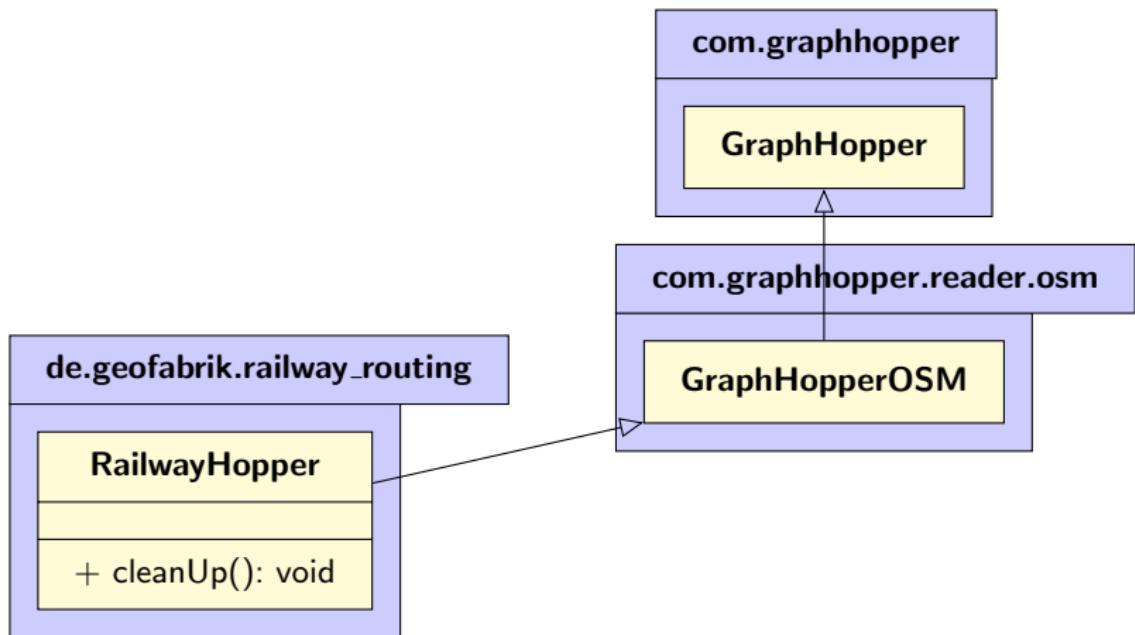
Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft

- `osmium tags-filter -o europe-rail.osm.pbf europe.osm.pbf w/railway 9 bis 15 Minuten, 1–2 GB RAM`
- 305 MB große PBF-Datei
- Import: knapp 2 Minuten, 1200 MB RAM ohne Contraction Hierarchies
- Graph: 204 MB
- 2450 Routen durch Deutschland
  - 2352 erfolgreiche Routen
  - 2 Minuten 8 Sekunden, 1 Abfragethread
  - durchschnittliche Routenlänge: 409 km

# Implementierung

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implemen-  
tierungen  
Zukunft

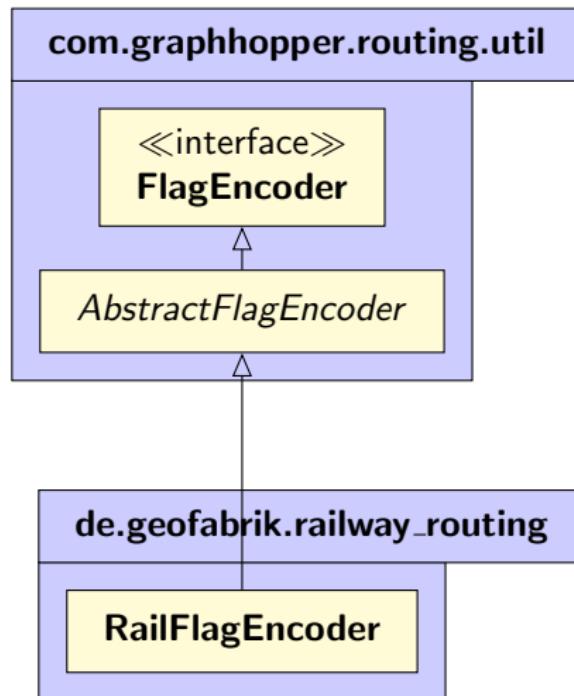


# Implementierung

## FlagEncoder

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implemen-  
tierung  
Zukunft



# Implementierung

## RailFlagEncoder

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implemen-  
tierungen  
Zukunft

### RailFlagEncoder

- electrifiedValues: ArrayList<String>
- acceptedVoltages: ArrayList<Integer>
- acceptedFrequencies: ArrayList<Double>
- acceptedGauges: ArrayList<Integer>
- speedCorrectionFactor: double

+ RailFlagEncoder(properties: PMap)

# Implementierung

## RailFlagEncoder

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft

### RailFlagEncoder

- electrifiedValues: ArrayList<String>
- acceptedVoltages: ArrayList<Integer>
- acceptedFrequencies: ArrayList<Double>
- acceptedGauges: ArrayList<Integer>
- speedCorrectionFactor: double

+ RailFlagEncoder(properties: PMap)

### Keys

name  
electrifiedValues  
acceptedVoltages  
acceptedFrequencies  
acceptedGauges  
max\_speed  
speedCorrectionFactor

# Erfahrungen mit GraphHopper

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

- + für Routing auf beliebigen Verkehrswegen geeignet
- + Forum weiß viel
  - FlagEncoder-Einführung sparsam
  - TurnCostExtension ohne gute Doku → Missverständnisse
  - Wendezeiten separat für jeden FlagEncoder
  - mehr protected statt private in GraphHopper  
(Workaround: Duplizierung)
- Unit-Tests anschauen!

# Verbesserungspotential

## Gegengleisfahrten

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft



# Verbesserungspotential

## Gegengleisfahrten – Abhilfe

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

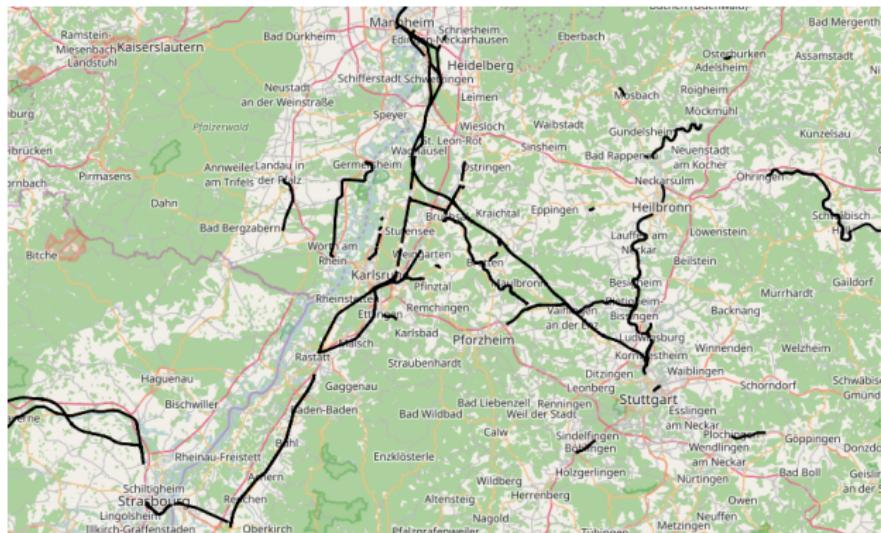
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



`railway:preferred_direction=forward/backward`

# Verbesserungspotential

## Abschätzung der Fahrzeiten

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

Höchstgeschwindigkeit mit 0,9 multipliziert

# Verbesserungspotential

## Abschätzung der Fahrzeiten

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

Höchstgeschwindigkeit mit 0,9 multipliziert

Vergleich Fahrpläne ohne Zwischenhalte mit errechneten Zeiten  
im TGV-Profil

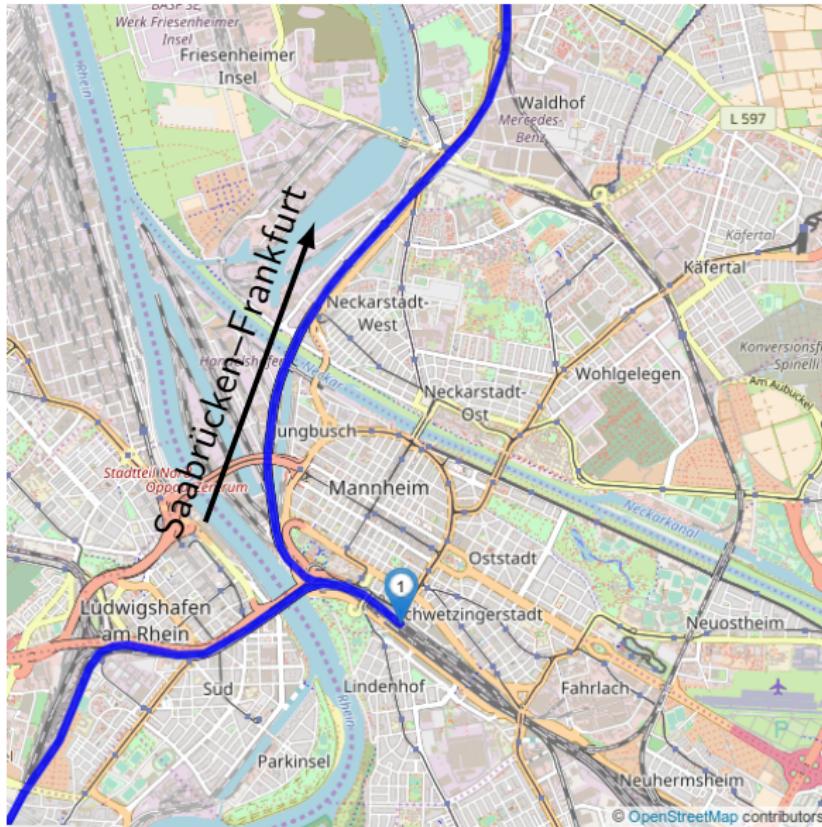
	Fahrplan	errechnet
IC Koblenz–Mainz	1:05	0:50
IC Magdeburg–Dessau	0:42	0:36

# Verbesserungspotential

## Vorgabe der Abfahrtsrichtung an Via-Punkten

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft

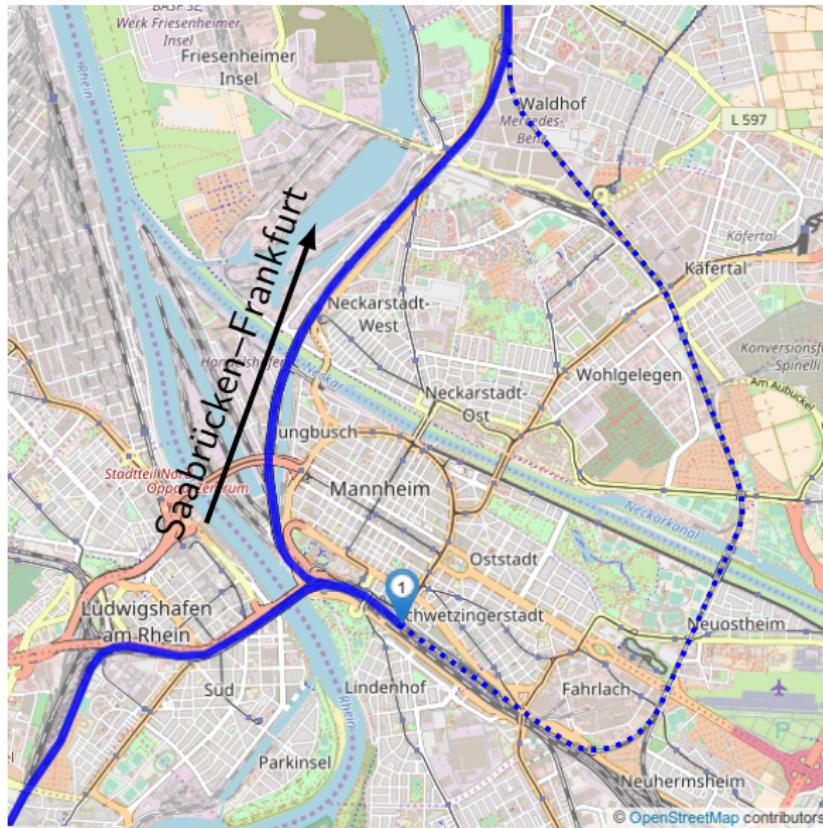


# Verbesserungspotential

## Vorgabe der Abfahrtsrichtung an Via-Punkten

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft



# Fehlende Daten

## Neigung

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierungen

Zukunft



Hansueli Krapf, Wikimedia Commons, CC-BY-SA 3.0

# Fehlende Daten

Strecken für besondere Zwecke, Dieseltraktionsverbote

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



Poudou99, Wikimedia Commons, CC-BY-SA 4.0

# Fehlende Daten

## Lichtraumprofileinschränkungen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang  
OSM-Daten  
Features  
Demo  
Performance  
Implementierung  
Zukunft



Falk2, Wikimedia Commons, CC-BY-SA 4.0

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

Die Entwicklung dieses Prototyps wurde unterstützt von



[https://github.com/geofabrik/railway\\_routing](https://github.com/geofabrik/railway_routing)