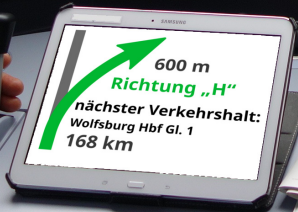
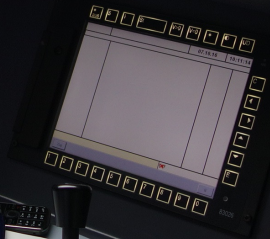


# Eisenbahnrouting mit GraphHopper

Michael Reichert (Nakaner)





# Bislang Mentz

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implementierung

Zukunft

KVV - Karlsruher Verkehr

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

### Fahrtdetails

Verkehrsmittel + Fußweg

Früher  Erste

13:28 - 14:04

**ICE 9573**

13:28 Karlsruhe Hbf  
Gleis 7

**ICE 9573** Stuttgart Hauptbahnhof (oben) Ankunft 14:04

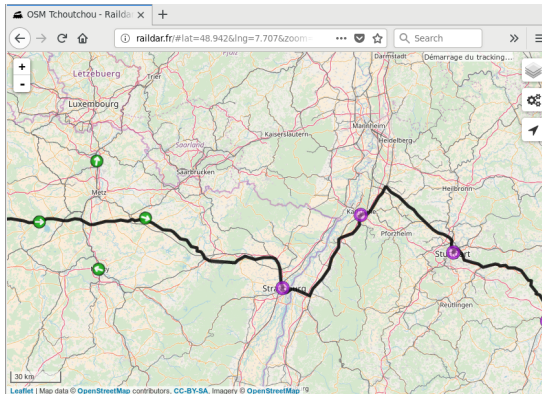
Bordrestaurant  
Fahrzeuggebundene Einstiegshilfe vorhanden  
Ohne Zwischenhalt

14:04 Stuttgart Hauptbahnhof (oben)  
Gleis 9

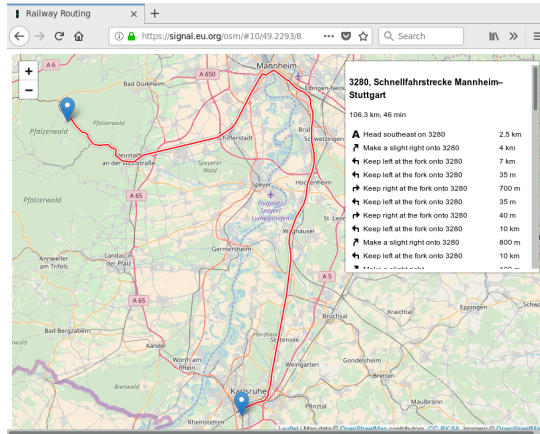
14:05 - 14:58 **IRE 19041** 53 Min.

Auf der Karte anzeigen

Proprietär



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



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

# Gleise in OpenStreetMap

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

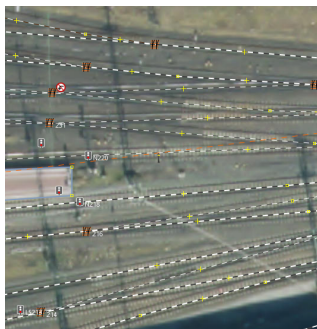
Demo

Performance

Implementierung

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

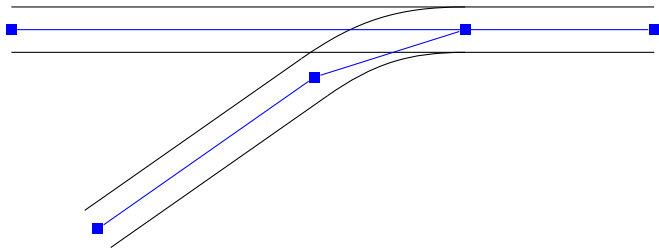
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



# Gleise in OpenStreetMap

## Kreuzungsweichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

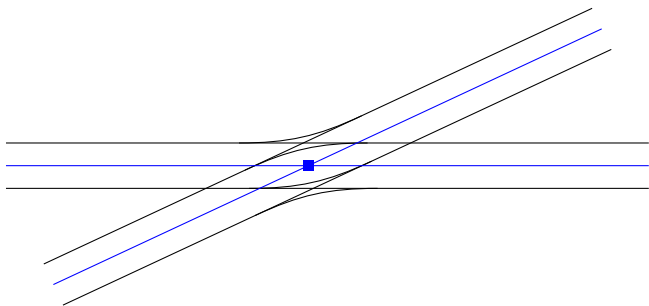
Features

Demo

Performance

Implementierung

Zukunft



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



# Gleise in OpenStreetMap

## Kreuzungsweichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

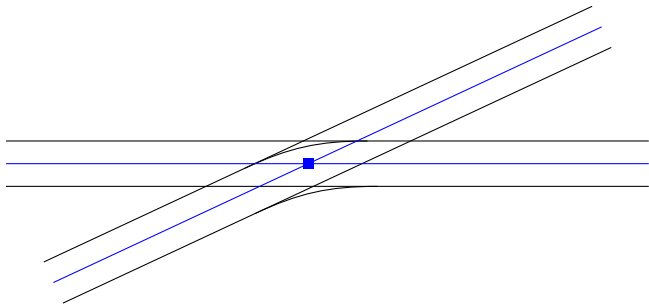
Features

Demo

Performance

Implementierung

Zukunft



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

# Gleise in OpenStreetMap

## Kreuzungsweichen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

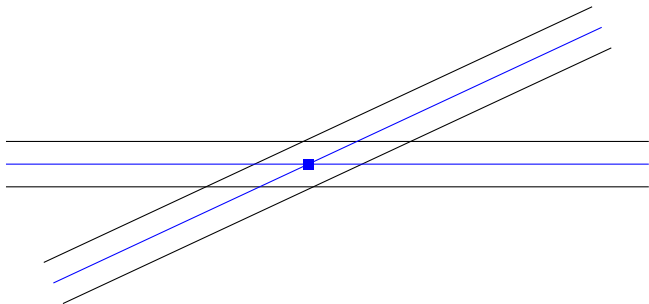
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

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

Implemen-  
tierung

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
- Mehrschienengleise: `gauge=1435;1000`

# Features

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implementierung

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
- Fahrtrichtungswechsel
- reduzierte Default-Geschwindigkeiten für Überhol- und Überleitgleise

# Demo

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

**Demo**

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft

# Demo

- `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

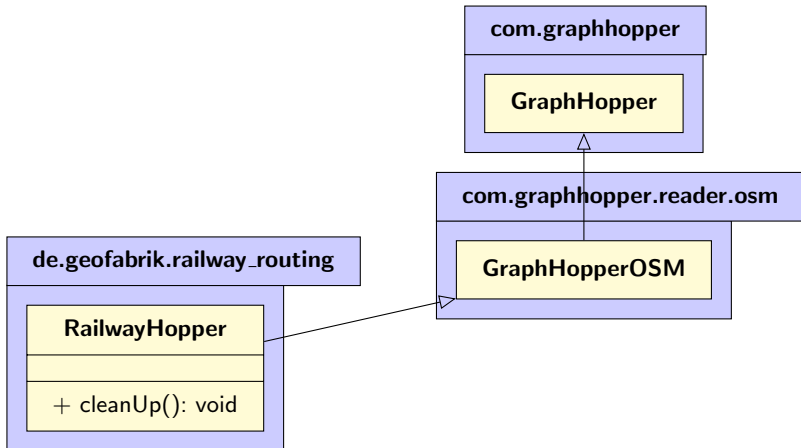
Features

Demo

Performance

Implementierung

Zukunft



# Implementierung FlagEncoder

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

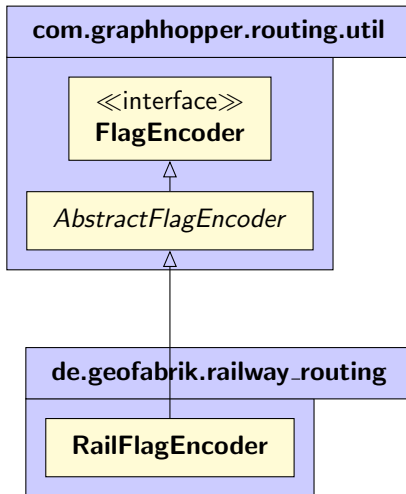
Features

Demo

Performance

Implementierung

Zukunft



# 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)

# Implementierung

## RailFlagEncoder

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

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

Implementierung

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

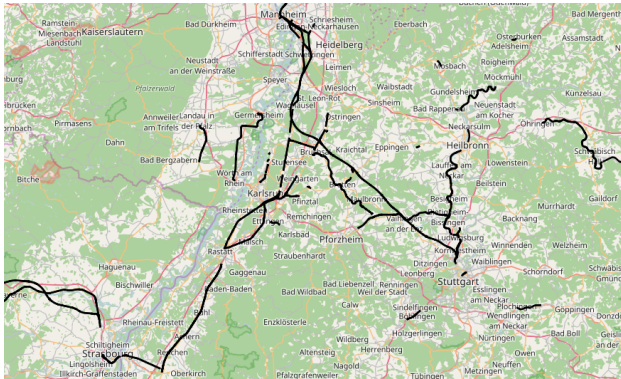
Features

Demo

Performance

Implementierung

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

Implementierung

Zukunft

Höchstgeschwindigkeit mit 0,9 multipliziert

Vergleich Fahrpläne ohne Zwischenhalte mit errechneten Zeiten im TGV-Profil

|                     | <b>Fahrplan</b> | <b>errechnet</b> |
|---------------------|-----------------|------------------|
| 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

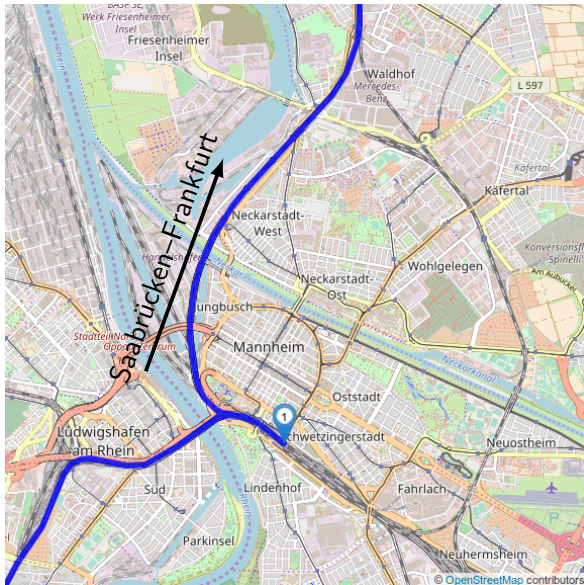
Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

Zukunft



# Verbesserungspotential

## Vorgabe der Abfahrtsrichtung an Via-Punkten

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

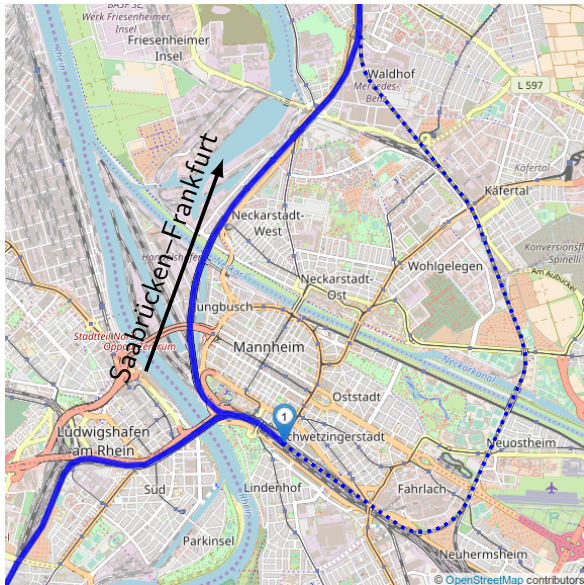
Features

Demo

Performance

Implementierung

Zukunft



# Fehlende Daten

## Neigung

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implementierung

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

## Lichttraumprofileinschränkungen

Michael  
Reichert  
(Nakaner)

Bislang

OSM-Daten

Features

Demo

Performance

Implemen-  
tierung

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)