

PTNA: Qualitätssicherung für ÖPNV-Linien in OpenStreetMap

Toni Erdmann

Abstract

„PTNA - Public Transport Network Analysis“ ermöglicht eine Soll-Ist-Analyse für ÖPNV-Linien in OpenStreetMap [1]. Soll-Daten bestehen aus einer CSV-Liste von ÖPNV-Linien, jeweils mindestens aus der Liniennummer und dem Fahrzeugtyp. Diese Informationen werden Ist-Analyse mit den OSM-Daten verglichen. Zusätzlich erfolgt eine Fehleranalyse der einzelnen ÖPNV-Relationen in OSM.

PTNA sollte auf der FOSSGIS 2020 in Freiburg vorgestellt werden. Wegen Corona gibt es lediglich einen Beitrag im Tagungsband [1]. Dieser Beitrag stellt die wichtigsten Erweiterungen an PTNA seit März 2020 vor: eine **Analyse von GTFS-Daten**, sowie einen **Vergleich von OSM-Daten mit GTFS-Daten**. „GTFS“ steht für: "General Transit Feed Specification", „GTFS is a community-driven open standard for rider-facing transit information.“ [2][3][4].

GTFS-Daten

Import von GTFS-Daten

GTFS-Daten müssen bezüglich ihrer Lizenz mit OSM kompatibel sein. CC0 ist ideal, für CC-BY-4.0 gilt das zum Beispiel nur, wenn die Form der „Namensnennung“ konkreter genannt wird. Für einige GTFS-Daten liegen Angaben seitens der Eigentümer der GTFS-Daten vor, die die Namensnennung im Verzeichnis der Beitragenden im OSM-Wiki [5] als ausreichend bestätigen.

PTNA prüft GTFS-Quellen regelmäßig auf neue Versionen der Daten. Es wird in der Regel nur die erste im Monat verfügbare Version importiert. Auf Anfrage kann ein Import angestoßen werden.

Aufbereitung von GTFS-Daten

Beim Import der GTFS-Daten wird aus den diversen CSV-Dateien des Datensatzes eine sqlite3-Datenbank aufgebaut. Ein zweiter, wichtiger Schritt ist die Reduktion der Datenmenge durch Aggregation, aus OSM-Sicht, redundanter Informationen. Das ist im Wesentlichen die Zusammenfassung identische Trips mit der selben Reihenfolge von Haltestellen aber unterschiedlichen Abfahrtszeiten zu einem repräsentativen Trip.

Analyse von GTFS-Daten

Um die Qualität und Verwendbarkeit der GTFS-Daten für OSM zu bestimmen werden von PTNA diverse Analysen durchgeführt:

- 1) Ist ein Trip eine Teilroute eines anderen Trips bezüglich der Haltestellen

PTNA: Qualitätssicherung für ÖPNV-Linien in OpenStreetMap

- 2) Besteht ein Trip nur aus 2 Haltestellen (Ausnahme: Seilbahnen, Fähren, ...)
- 3) Haben die erste und zweite Haltestelle den selben Namen, die selbe stop_id
- 4) Haben die vorletzte und letzte Haltestelle den selben Namen, die selbe stop_id
- 5) Unterscheiden sich zwei Trips nur durch die shape_id der Fahrstrecke
- 6) Unterscheiden sich zwei Trips nur durch die stop_id der Haltestellen
- 7) Beträgt die Fahrzeit eines Trips 0 Sekunden

Normalisierung von Namen im GTFS-Datensatz

In GTFS-Datensätzen sind die Namen von Haltestellen häufig abgekürzt. In OSM hingegen gilt die Regel: Namen werden ausgeschrieben. PTNA führt daher für den Deutschsprachigen Raum eine Normalisierung/Expansion von Namen für die GTFS-Daten durch, z.B.:

- „Friedenstr.“
 - de_DE und de_AT: „Friedenstraße“
 - de_CH: „Friedenstrasse“
- „W.-Heisenberg-W.“
 - „Werner-Heisenberg-Weg“
- „Bruck Abzw.“
 - de_DE und de_CH: „Bruck Abzweig“
 - de_AT: „Bruck Abzweigung“

Die Eigentümer der GTFS-Datensätze sind beim Abkürzen sehr kreativ: PTNA kann bezüglich der Normalisierung der Namen nie vollständig sein.

Darstellung der GTFS-Daten auf der PTNA Webseite

Auf der Einstiegsseite von PTNA [11] ist ...

Vergleich von OSM-Daten mit GTFS-Daten

Begrifflichkeiten: GTFS versus OSM

GTFS und OSM nutzen unterschiedliche Begriffe für Objekte des ÖPNV. Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die von PTNA verwendeten Elemente und deren Entsprechungen. Für OSM gilt dabei die so genannte „Public Transport Version 2“ („PTv2“) [7].

GTFS Begriff	OSM Begriff (PTv2)	Anmerkung
<i>feed</i>	<i>network:guid</i>	Viele GTFS-Datensätze werden von den Verkehrsverbünden herausgegeben. PTNA vergibt generische <i>feed</i> -Namen [5], die in OSM als <i>network:guid</i> verwendet werden können: - network = Münchner Verkehrs- und Tarifverbund - network:short = MVV - network:guid = DE-BY-MVV
<i>route</i>	<i>route_master</i>	Fasst alle Fahrten einer ÖPNV-Linie zusammen.
<i>route_id</i>		Eindeutige ID einer <i>route</i> .
<i>trip</i>	<i>route</i>	Ein GTFS <i>trip</i> entspricht einer einzelnen Fahrt zu einer bestimmten Uhrzeit, definiert durch die angefahrenen Stops und optionaler Fahrstrecke (<i>shape</i>). Eine OSM <i>route</i> beschreibt alle Fahrten, die die selben Stops anfahren plus deren Fahrstrecke.
<i>trip_id</i>		Eindeutige ID eines <i>trips</i> .
<i>shape</i>		In GTFS: die eigentliche Fahrstrecke (nicht immer vorhanden). In OSM ist das die Kette der <i>highway/railway/...</i> member einer <i>route</i> Relation (ohne <i>role</i>).
<i>shape_id</i>		Eindeutige ID eines <i>shapes</i>
<i>route_short_name</i>	<i>ref</i>	Das OSM tag <i>ref</i> einer <i>route_master/route</i> Relation.
<i>stop</i>	<i>public_transport=platform</i>	Ein <i>stop</i> entspricht der neben dem Fahrweg liegenden <i>platform</i> .
<i>stop_id</i>	<i>ref:IFOPT, ...</i>	Eindeutige ID eines <i>stops</i> ,

		nicht immer identisch mit <i>ref:IFOPT</i> , ...
	<i>public_transport=stop_position</i>	Den Begriff Halteposition des Fahrzeugs gibt es in GTFS nicht.
<i>agency_name</i>	<i>operator</i>	Bei manchen GTFS-Daten kann der Name der <i>agency</i> als OSM <i>operator</i> einer <i>router_master/route</i> Relation genutzt werden.

Tabelle 1: Vergleich GTFS vs. OSM Begriffe

Für den Vergleich von GTFS- und OSM-Daten können die aufbereiteten und analysierten GTFS-Daten auf verschiedene Arten genutzt werden.

Visueller Vergleich

Hierbei erfolgt der Vergleich eines GTFS-trip und einer OSM-route auf getrennten Karten

- Keinerlei Änderungen an bestehenden OSM-Daten notwendig
- Mühsam in der Anwendung. Es werden zwei Browserfenster benötigt.
 - Die Analyse der GTFS-Daten muss über den GTFS-Einstieg der PTNA-Seite [9], der Liste der Länder (Flaggen), der Liste der Länderspezifischen GTFS-feed, die GTFS-route und den GTFS-trip gefunden werden
 - Die Analyse der OSM-route-Daten muss über den PTNA-Link im PTNA-Report angestoßen und in einem zweiten Fenster angezeigt werden. Alternativ kann die Analyse unter Verwendung der OSM-Relation-ID in der Adresszeile des Browsers genutzt werden [10]

Nutzung von GTFS-Daten in CSV-Daten im OSM-Wiki

Es erfolgt eine Definition des GTFS-feed und der GTFS-route_id in den SOLL-Daten = CSV-Liste im OSM-Wiki.

- Änderungen lediglich an Daten im OSM-Wiki, nicht an OSM-Daten
- Die erstmalige Erstellung kann durch PTNA unterstützt werden
 - Export der GTFS-routen als CSV-Liste
- Wartung hält sich in Grenzen, wenn die GTFS-route_id stabil bleibt und weil GTFS-trip_ids nicht enthalten sind
- Es erscheint pro ÖPNV-Linie ein GTFS-Link und ein Vergleiche-Icon im PTNA-Report
- Beispiel für CSV-Daten im OSM-Wiki für den Bus 210 im Münchner Verkehrs- und Tarifverbund:

- `210;bus;;Brunnthal, Zusestraße;Neuperlach Süd (U/S);Verkehrsbetrieb Ettenhuber GmbH;DE-BY-MVV;mvv-19-210-1`

Nutzung von GTFS-Daten in OSM route_master / route Relationen

Die Definition des GTFS-feed, der GTFS-route_id bzw. GTFS-trip_id erfolgt im OSM-Datensatz der route_master- bzw. route-Relation als IST-Daten [8].

- Änderungen an OSM-Daten
- Aufwändig in der Erstellung
- Gegebenenfalls aufwändig in der Wartung
 - Das hängt von der Stabilität der GTFS-id-Daten über mehrere Versionen hinweg ab (route_id, trip_id, shape_id, stop_id)
- Erstellung und Wartung kann durch den vorangegangenen Abschnitt (GTFS-Daten in CSV-Liste im OSM-Wiki) und den dort möglichen Vergleich erleichtert werden
- Es erscheint für jede so getaggte Relation ein GTFS-Link und ein Vergleichs-Icon im PTNA-Report
- Beispiel für die tags in einer OSM-route-Relation des Busses 210:
 - `gtfs:feed=DE-BY-MVV`
 - `gtfs:route_id=mvv-19-210-1`
 - `gtfs:trip_id:sample=mvv-19-210-1-1-1-H-0-MoTuWeThFrSaSu-119-344`
 - Dieser (Beispiel-)Bus mit dieser GTFS-trip_id fährt Montag - Sonntag um 06:48 (Stand: 2025-01-28)

Abbildung 1 zeigt einen Auszug aus einem PTNA-Report. Der Auszug korrespondiert mit dem folgenden Eintrag in den CSV-Daten im OSM-Wiki:

210;bus;;Brunnthal, Zusestraße;Neuperlach Süd (U/S);Verkehrsbetrieb Ettenhuber GmbH;DE-BY-MVV;mvv-19-210-1

Name (name=)	Typ (type=)	Relation (id=)	PTv	Fehler	Anmerkungen
210		Von: Brunnthal, Zusestraße; Nach: Neuperlach Süd (U/S); Betreiber: Verkehrsbetrieb Ettenhuber GmbH; GTFS ,			
Bus 210	route_master	67811 (ID , JOSM , UNROLL , GTFS ,)			'check_date' = '2024-12-24'
Bus 210: Brunnthal, Zusestraße => Neuperlach Süd (S/U)	route	1549761 (ID , JOSM , Relatify , PTNA , GTFS ,)	2		'check_date' = '2024-12-24'
Bus 210: Neuperlach Süd (S/U) => Brunnthal, Zusestraße	route	1549762 (ID , JOSM , Relatify , PTNA , GTFS ,)	2		'check_date' = '2024-12-24'

Abbildung 1: PTNA-Report für den Bus 210

Für den Vergleich von GTFS- und OSM-Daten finden sich hier 3 verschiedene Links:

- Ein **PTNA**-Link in der dritten Spalte führt zu einer Analyse der OSM-*route*-Relation, mit Karte und Details der einzelnen Elemente der Relation (Abbildung 2).
- Ein **GTFS**-Link in der Kopfzeile außen rechts führt zu einer Analyse der GTFS-*route* mit einem Überblick über die zugehörigen GTFS-*trips*. Die genutzten GTFS-Daten werden der CSV-Liste im OSM-Wiki entnommen.
- Ein **Vergleiche**-Icon in der Kopfzeile außen rechts führt zu einem Vergleich der GTFS-*route* mit dem OSM-*route_master*. Die genutzten GTFS-Daten werden der CSV-Liste im OSM-Wiki entnommen (Abbildung 4).
- Ein **GTFS**-Link in der dritten Spalte einer OSM-*route_master*-Relation führt zu einer Analyse der GTFS-*route* mit einem Überblick über die zugehörigen GTFS-*trips*. Die genutzten GTFS-Daten werden den *gtfs:feed* und *gtfs:route_id* Angaben der *route_master*-Relation entnommen.
- Ein **Vergleiche**-Icon in der dritten Spalte einer OSM-*route_master*-Relation führt zu einem Vergleich der GTFS-*route* mit dem OSM-*route_master*. Die genutzten GTFS-Daten werden den *gtfs:feed* und *gtfs:route_id* Angaben der *route_master*-Relation entnommen.
- Ein **GTFS**-Link in der dritten Spalte einer OSM-*route*-Relation führt zu einer Analyse des GTFS-*trips*, mit Karte und Details zum Trip. Die genutzten GTFS-Daten werden den *gtfs:feed* und *gtfs:trip_id* bzw. *gtfs:trip_id:sample* Angaben der *route*-Relation entnommen (Abbildung 3).
- Ein **Vergleiche**-Icon in der dritten Spalte einer OSM-*route*-Relation führt zu einem Vergleich des GTFS-*trips* mit der OSM-*route*. Die genutzten GTFS-Daten werden den *gtfs:feed* und *gtfs:trip_id* bzw. *gtfs:trip_id:sample* Angaben der *route*-Relation entnommen (Abbildung 5).

Visueller Vergleich

Die Links zu **PTNA** und **GTFS** führen für GTFS-trips und OSM-routes zu identisch aufgebauten Karten auf den Webseiten. Ein visueller Vergleich kann hiermit erfolgen.

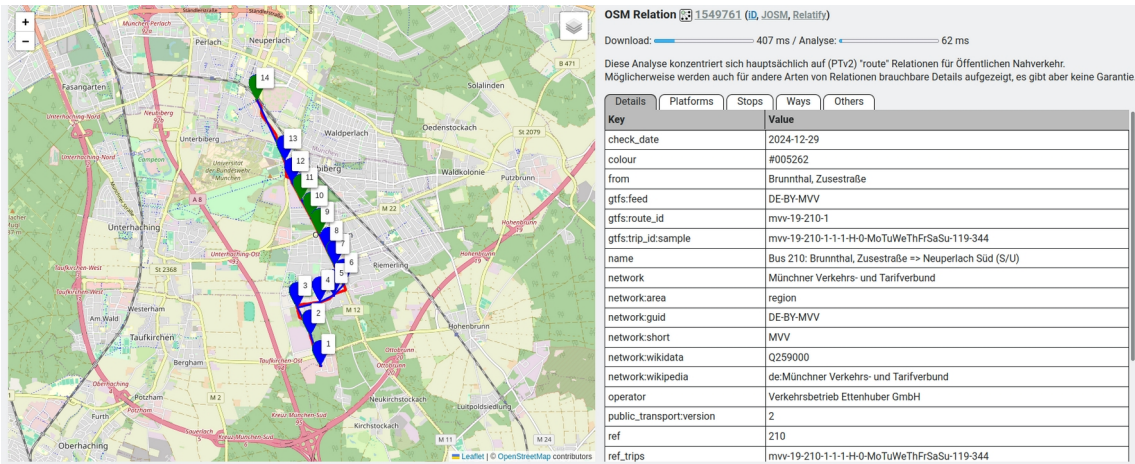


Abbildung 2 Analyse einer OSM-route-Relation durch PTNA

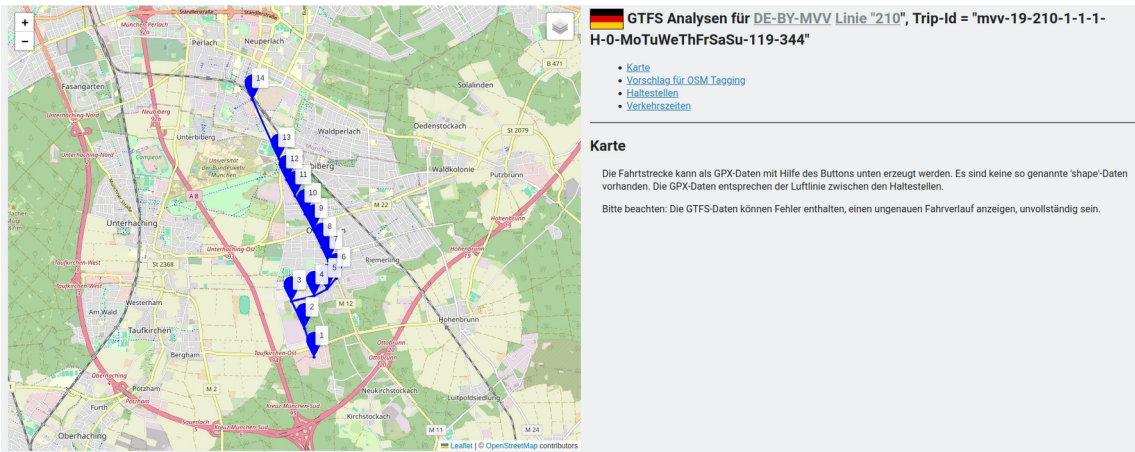


Abbildung 3 Analyse eines GTFS-trips durch PTNA

Vergleich von GTFS- mit OSM-Daten durch Berechnung von score-Werten

Der Link bei dem **Vergleiche-Icon** für eine **OSM-route_master**-Relation führt zu dem Vergleich GTFS-route versus OSM-route_master. Der Vergleich erfolgt in Tabellenform mit so genannten **score**-Werten für jede Kombination GTFS-trip/OSM-route: Je kleiner der **score**-Wert, desto besser die Übereinstimmung der beiden Datensätze. Ist ein **score**-Wert in fetter Schrift abgebildet, so stimmen gtfs:feed und gtfs:trip_id:sample in der OSM-route-Relation mit der GTFS-trip_id überein.

Compare GTFS route with OSM route_master

General information

	type	links	id	ref	feed	release date	members
Rows:	GTFS route		mvv-19-210-1	210	DE-BY-MVV	latest	GTFS trips of GTFS route
Columns:	OSM route_master		67811	210			OSM routes of OSM route_master

Mismatch Score Table

Small values indicate a good match between GTFS trip and OSM route/GTFS trip.
For a more detailed comparison, click on a number.

Select rows where all scores >= x %

30

Add to selection

Replace selection

Show all				Hide selected				Clear selections				OSM routes - <input type="checkbox"/> Show OSM route 'name'			
	Num	Rides	GTFS trips												
	1	7037	Brunnthal, Zusestraße => 12 stops => Neuperlach Süd		11 Zusestraße => 12 platforms => Neuperlach Süd	11 Neuperlach Süd => 13 platforms => Zusestraße	11 Neuperlach Süd => 4 platforms => Ottobrunn, Ortsmitte	11 Jahnstraße => 3 platforms => Neuperlach Süd							
<input type="checkbox"/>	1	7037	Brunnthal, Zusestraße => 12 stops => Neuperlach Süd		0.00%	49.22%	61.94%	70.50%							
<input type="checkbox"/>	2	6896	Neuperlach Süd => 13 stops => Brunnthal, Zusestraße		50.31%	0.22%	39.94%	66.38%							
<input type="checkbox"/>	3	624	Neuperlach Süd => 4 stops => Ottobrunn, Ortsmitte		53.13%	39.31%	0.00%	42.31%							
<input type="checkbox"/>	4	288	Ottobrunn, Jahnstraße => 3 stops => Neuperlach Süd		60.56%	57.19%	39.97%	0.00%							

Abbildung 4 Vergleich von GTFS-route mit OSM-route_master in Tabellenform

Ein Klick auf einen **score**-Wert führt zum Vergleich eines GTFS-trips mit einer OSM-route (nächster Abschnitt).

Der Link bei dem **Vergleiche-Icon** für eine **OSM-route**-Relation führt zu dem Vergleich GTFS-trip versus OSM-route. Der Vergleich erfolgt auf einer Karte und in Tabellenform mit den **score**-Werten für einzelne Metriken: je kleiner der **score**-Wert, desto besser die Übereinstimmung. Beim Scrollen nach unten wird dann ein Vergleich der Haltestellen in Tabellenform sichtbar.

Positiver Fall:

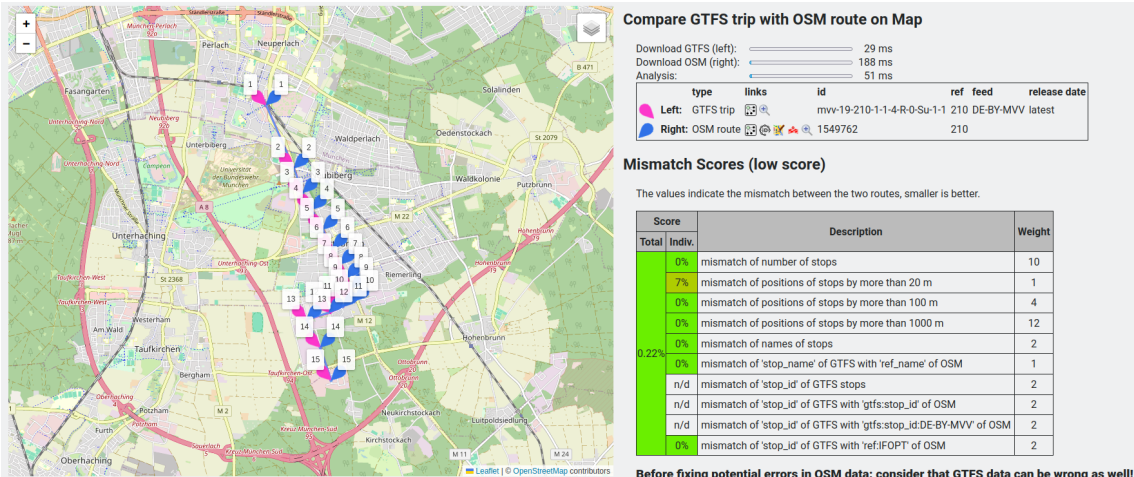


Abbildung 5 Vergleich von GTFS-trip mit OSM-route auf Karte und **score**-Tabelle: guter Match

Compare GTFS trip with OSM route side-by-side (stops/platforms)

Stop Number	Stop data of GTFS trip mvv-19-210-1-1-4-R-0-Su-1-1					Distance [m]	Platform data of OSM route 1549762					Platform Number	Edit with
	stop_id	stop_lat	stop_lon	stop_name			name	ref_name	lat	lon	ref:FOPT		
1	de:09162:1010:5:5	48.08947	11.64406	Neuperlach Süd	1	Neuperlach Süd	Neuperlach Süd		48.08946	11.64405	de:09162:1010:5:5	1	
2	de:09184:2302:0:3	48.07826	11.65148	Neubiberg, Werner-Heisenberg-Weg	4	Werner-Heisenberg-Weg	Werner-Heisenberg-Weg, Neubiberg		48.07824	11.65143	de:09184:2302:0:3	2	
3	de:09184:2189:0:2	48.07389	11.65392	Ottobrunn, Alte Landstraße	1	Alte Landstraße	Alte Landstraße, Ottobrunn		48.07387	11.65391	de:09184:2189:0:2	3	
4	de:09184:2236:0:2	48.07095	11.65627	Ottobrunn, Bahnhofstraße	4	Bahnhofstraße	Bahnhofstraße, Ottobrunn		48.07091	11.65628	de:09184:2236:0:2	4	
5	de:09184:2235:0:2	48.06738	11.65917	Ottobrunn, Jahnstraße	10	Jahnstraße	Jahnstraße, Ottobrunn		48.06730	11.65924	de:09184:2235:0:2	5	
6	de:09184:2238:3:2	48.06392	11.66175	Ottobrunn, Ortsmitte	5	Ottobrunn, Ortsmitte	Ortsmitte, Ottobrunn		48.06397	11.66174	de:09184:2238:3:2	6	
7	de:09184:2242:0:2	48.06108	11.66386	Ottobrunn, Hubertusstraße	1	Hubertusstraße	Ottobrunn, Hubertusstraße		48.06109	11.66385	de:09184:2242:0:2	7	
8	de:09184:2192:3:2	48.05876	11.66551	Ottobrunn, Ottostraße	2	Ottostraße	Ottostraße, Ottobrunn		48.05874	11.66550	de:09184:2192:3:2	8	
9	de:09184:2196:0:1	48.05684	11.66688	Ottobrunn, Finkenstraße	0	Finkenstraße	Ottobrunn, Finkenstraße		48.05684	11.66688	de:09184:2196:0:1	9	
10	de:09184:2203:0:1	48.05463	11.66774	Ottobrunn, Robert-Koch-Straße	11	Robert-Koch-Straße	Robert-Koch-Straße, Ottobrunn		48.05460	11.66760	de:09184:2203:0:1	10	
11	de:09184:2247:0:2	48.05355	11.66458	Ottobrunn, Röntgenstraße	2	Röntgenstraße	Röntgenstraße, Ottobrunn		48.05354	11.66456	de:09184:2247:0:2	11	
12	de:09184:2245:0:2	48.05252	11.66115	Ottobrunn, Einsteinstraße	23	Einsteinstraße	Einsteinstraße, Ottobrunn		48.05250	11.66084	de:09184:2245:0:2	12	
13	de:09184:2389:0:3	48.05128	11.65496	Taufkirchen, Lilienthalstraße	3	Lilienthalstraße	Lilienthalstraße, Taufkirchen		48.05126	11.65493	de:09184:2389:0:3	13	
14	de:09184:2437:0:1	48.04629	11.65860	Taufkirchen, Willy-Messerschmitt-Straße	3	Willy-Messerschmitt-Straße	Willy-Messerschmitt-Straße, Taufkirchen		48.04630	11.65856	de:09184:2437:0:1	14	
15	de:09184:2315:0:1	48.04050	11.66141	Brunnthal, Zusestraße	8	Zusestraße	Brunnthal, Zusestraße		48.04043	11.66144	de:09184:2315:0:1	15	

Abbildung 6 Vergleich von GTFS-trip mit OSM-route mit Haltestellen-Tabelle: guter Match

Negativer Fall:

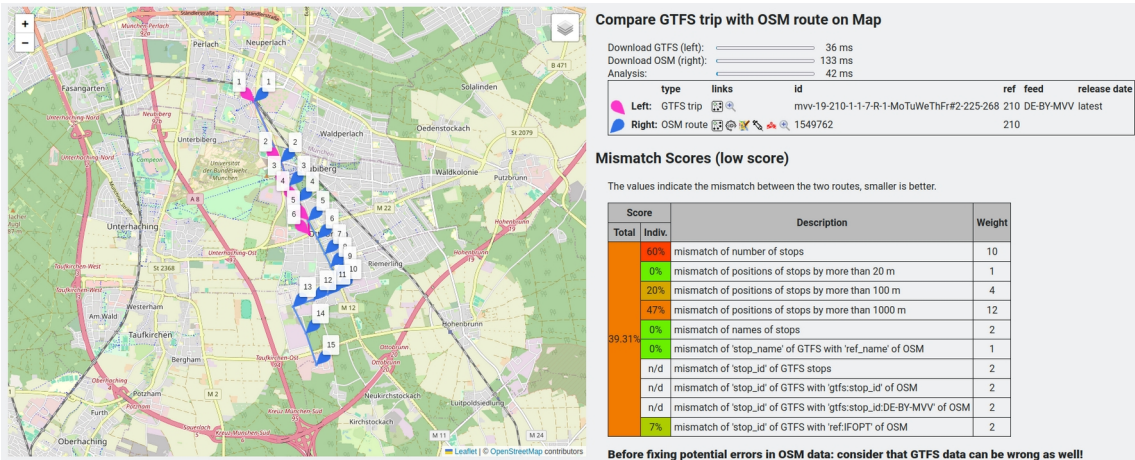


Abbildung 7 Vergleich von GTFS-trip mit OSM-route auf Karte und **score**-Tabelle: schlechter Match

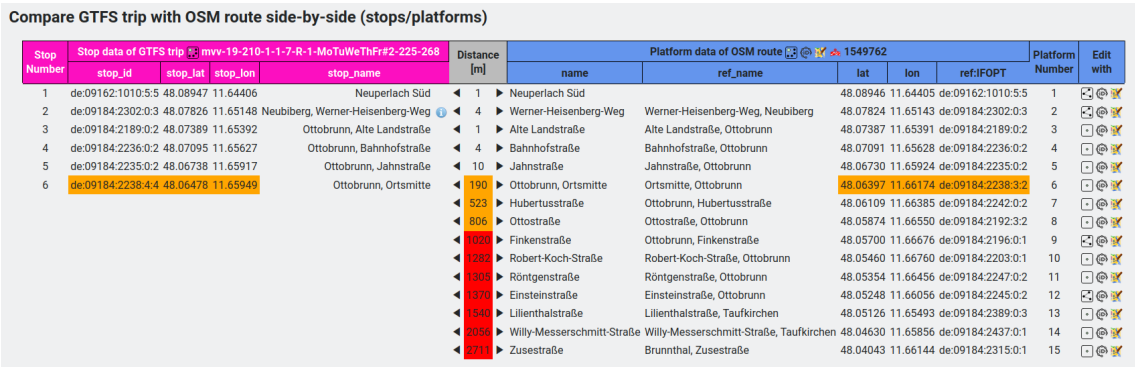


Abbildung 8 Vergleich von GTFS-trip mit OSM-route mit Haltestellen-Tabelle: schlechter Match

Anhang

Auf die Angabe und Beispiele mit IDs von realen GTFS- oder OSM-Daten wird hier bewusst verzichtet. Diese können bis zum Zeitpunkt der Konferenz schon wieder veraltet sein.

Für den „Hardcore“-Vergleich von GTFS- mit GTFS-Daten aus unterschiedlichen Versionen gibt es eine einfache Webseite in der man an entsprechenden Stellen die IDs von GTFS-Daten eingeben kann [11]. Über das Vergleiche-Icon in der letzten Spalte der Tabelle einer Länderspezifischen GTFS-Übersicht lässt sich ebenfalls ein Vergleich anstoßen, z.B.: was hat sich zwischen zwei GTFS-Versionen geändert?

Für PTNA stehen noch einige Ideen im Raum:

- Ausgabe der Ergebnisse (score-Werte) des Vergleichs von GTFS- und OSM-Daten im PTNA-Report
 - basierend auf den CSV-Daten im OSM-Wiki
 - basierend auf den *gtfs:** tags in den OSM-Relationen
- Einbau einer „sidebar“, über die Fehlermeldung im PTNA-Report ein- und ausgeblendet werden können
 - Analog zu KeepRight [12] und PTSA [13]
- Erweiterung von Statistiken
 - Entwicklung der Anzahl Fehler einer Kategorie über einen Zeitraum
- Re-Design der sqlite3-Datenbankschemas für GTFS-Daten
 - man lernt nie aus

Kontakt zum Autor:

Antonius „Toni“ Erdmann
Friedenstraße 21
D-85521 Ottobrunn
+49 89 6094219
osm-ToniE@web.de

Diskussionskanal in der OSM-Community:

„PTNA: news for Public Transport Network Analysis“ [14]

Literatur

- [1] Toni Erdmann, „PTNA: Qualitätssicherung für ÖPNV in OpenStreetMap“, FOSSGIS 2020 Tagungsband, Seite 109, https://www.fossgis-konferenz.de/2020/data/FOSSGIS_Tagungsband_2020.pdf
- [2] „GTFS“, „General Transit Feed Specification“, <https://gtfs.org/>
- [3] „GTFS reference“, <https://gtfs.org/documentation/schedule/reference/>
- [4] „GTFS best practices“, <https://gtfs.org/documentation/schedule/schedule-best-practices/>
- [5] „Codes for identifying the principal subdivisions (e.g., provinces or states) of all countries coded in ISO 3166-1“, https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-2

PTNA: Qualitätssicherung für ÖPNV-Linien in OpenStreetMap

- [6] „OSM contributors“, <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Contributors>
- [7] „Proposal:Public Transport“, approved version, https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Proposed_features/Public_Transport&oldid=625726
- [8] „GTFS“, Spezifikation der *gtfs:** tags im OSM-Wiki, <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/GTFS>
- [9] „PTNA“, „Public Transport Network Analysis“, <https://ptna.openstreetmap.de>
- [10] Beispiel für die Analyse einer Route-Relation durch PTNA, <https://ptna.openstreetmap.de/relation.php?id=1549761&lang=de>
- [11] Vergleich von GTFS-Daten mit GTFS-Daten, <https://ptna.openstreetmap.de/gtfs/compare.-.php>
- [12] „KeepRight“, https://keepright.at/report_map.php?lang=de
- [12] „PTSA“, „Public Transport Stop Analysis“, <https://gauss.whz.de/ptsa/#3/50.72/12.50>
- [14] OpenStreetMap Community Forum, „PTNA: news for Public Transport Network Analysis“: <https://c.osm.org/t/ptna-news-for-public-transport-network-analysis/8383/>
- [15] GitHub-URL für PTNAs Komponenten, <https://github.com/osm-ToniE/>