

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft  
Fakultät für Geomatik  
Studiengang Kartographie und Geomatik

in Zusammenarbeit mit der  
Geofabrik GmbH, Karlsruhe

**Diplomarbeit**

# **Öffentlicher Personennahverkehr in *OpenStreetMap***

Entwurf, Implementierung und Erprobung eines Schemas  
für die Modellierung vielseitig nutzbarer Daten

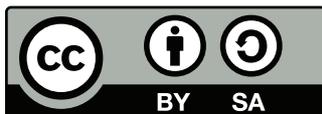
eingereicht von  
**Sebastian Schwarz**  
<kontakt@kahlfrost.de>

betreut von  
**Prof. Dr.-Ing. Gertrud Schaab**  
(betreuende Hochschuldozentin)  
<gertrud.schaab@hs-karlsruhe.de>

**Dipl.-Wi.-Ing. Frederik Ramm**  
(Geschäftsführer Geofabrik GmbH)  
<frederik.ramm@geofabrik.de>

Karlsruhe, den 1. Juli 2009

© 2009 Sebastian Schwarz, Prof. Dr.-Ing. Getrud Schaab, Dipl.-Wi.-Ing. Frederik Ramm



Dieses Werk wird unter den Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz *Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland* veröffentlicht. Der Inhalt des Werks darf somit vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugänglich gemacht werden. Außerdem darf der Inhalt bearbeitet und abgewandelt werden, sofern die Namen der RechteinhaberInnen genannt werden und der neu entstandene Inhalt unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben wird, die mit den Bedingungen dieser Lizenz identisch oder vergleichbar sind. Der juristische Volltext des Lizenzvertrags ist einsehbar unter dem URL <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode.de> (Stand: 18. Juni 2009), die Kurzversion unter <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de> (Stand: 18. Juni 2009). Ausgenommen von den Bedingungen dieser Lizenz sind sämtliche Abbildungen in diesem Werk, die aus fremden Quellen übernommen wurden – für diese gilt das gesetzliche Urheberrecht. Das verwendete OpenStreetMap-Bildmaterial hingegen steht unter der Creative-Commons-Lizenz *Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0*, deren juristischer Volltext unter <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode.de> (Stand: 19. Mai 2009) einsehbar ist.

## **Abstract**

### **Öffentlicher Personennahverkehr in OpenStreetMap – Entwurf, Implementierung und Erprobung eines Schemas für die Modellierung vielseitig nutzbarer Daten**

*von Sebastian Schwarz, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Juli 2009*

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der Modellierung von Geodaten, die einen Bezug zum öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) aufweisen, in OpenStreetMap (OSM), einem Online-Community-Projekt zur Erfassung und Bereitstellung frei nutzbarer Geodaten.

Ziel ist es, die Community zu motivieren, ÖPNV-bezogene Daten einheitlicher und vollständiger zu erfassen sowie wirksamer zu gestalten als bisher. Dafür wird das bestehende Modellierungsschema der Daten auf der Grundlage einer Analyse der gegenwärtigen Situation angepasst und erweitert, wodurch eine größere Einfachheit, Nachvollziehbarkeit und Einheitlichkeit des Schemas erreicht wird sowie Möglichkeiten für eine zusammenhängende, detailreiche und differenzierende Gestaltung der Daten geschaffen werden. Um dem überarbeiteten Schema zu einer großen Akzeptanz innerhalb der Community zu verhelfen, wird dieses mit der Community diskutiert, um es anschließend weiteren Verbesserungen zu unterziehen. Hernach wird das Schema exemplarisch angewendet, wodurch seine Praxistauglichkeit erwiesen wird, und zum Vergleich mit der bisherigen Situation kartographisch visualisiert. Ferner wird ein bestehendes, Web-basiertes Software-Tool für die Darstellung und Qualitätssicherung von OSM-Daten um ÖPNV-Funktionalitäten erweitert, um es der Community zu ermöglichen, nach dem geänderten Schema modellierte Daten darstellen und Fehler oder Mängel in diesen erkennen zu können.

Es zeigt sich, dass es in jedem Fall der Zusammenarbeit mit der Community bedarf, um ein überarbeitetes Modellierungsschema für Daten eines bestimmten Themenbereichs in OSM zu etablieren. Insgesamt betrachtet gelingt die Schaffung der genannten Motivation, da das Modellierungsschema akzeptiert wird, sich in der Praxis bewährt und – auch auf Grund der Bereitstellung des Software-Tools – nach und nach an immer mehr Stellen angewendet wird.

#### **Schlagwörter**

*OpenStreetMap, Online-Community, öffentlicher Personennahverkehr, Modellierung und Visualisierung von Geodaten*

## **Abstract**

### **Public transport in OpenStreetMap – Design, implementation and testing of a schema for the modelling of versatile data**

*by Sebastian Schwarz, Karlsruhe University of Applied Sciences, July 2009*

This diploma thesis focuses on the modeling of public transport (PT) related geodata in OpenStreetMap (OSM), an online community project collecting and providing free geodata.

The main objective is to motivate the community to collect PT related geodata more consistently and comprehensively, and to model it more efficiently than before. For this purpose, based upon an analysis of the current situation the existing data modeling schema is modified and extended. Thus, a higher level of straightforwardness, traceability and uniformity of the schema is reached and a more coherent, highly sophisticated and detailed modeling of the data becomes possible. In order to gain wide acceptance within the community and to further enhance it, the revised schema is discussed with the community. Thereafter, the schema is exemplarily applied to prove its suitability for daily use as well as visualized cartographically to compare it to the previous data modeling schema. In addition, an existing, web-based software tool for the representation and quality control of OSM data is extended with PT functionalities. Thus, it enables the community to visualize the data modeled according to the revised schema and to detect deficiencies or errors in the data.

It appears that the cooperation with the community is certainly essential when establishing a revised modeling schema for data related to a certain thematic area in OSM. Altogether, the intended motivation can be realized as the revised schema becomes accepted within the community, passes the practical testing and, in particular due to the provided software tool, is increasingly applied.

#### **Keywords**

*OpenStreetMap, online community, public transport, modeling of geodata, visualization of geodata*

# Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung .....	I
Abstract (deutsch) .....	II
Abstract (englisch).....	III
Inhaltsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	VII
Tabellenverzeichnis .....	X
Abkürzungsverzeichnis .....	XII
<b>I. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
I.1 Ziel der Arbeit.....	2
I.2 Gliederung der Arbeit.....	2
<b>II. Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
II.1 OpenStreetMap .....	3
A Freie Inhalte, Geodaten und Online-Communities.....	3
B Entstehung und Bedeutung des OpenStreetMap-Projekts.....	4
C Technische Umsetzung des OpenStreetMap-Projekts .....	5
D OpenStreetMap-Datenmodell .....	6
E Kommunikation und Dokumentation im OpenStreetMap-Projekt.....	8
II.2 Öffentlicher Personennahverkehr .....	10
A Verkehr allgemein.....	10
B Einordnung des öffentlichen Personennahverkehrs.....	12
C Organisation des öffentlichen Personennahverkehrs.....	14
D Öffentliche Verkehrsmittel.....	15
E Realisierung des öffentlichen Personennahverkehrs.....	18
II.3 Öffentlicher Personennahverkehr in der Kartographie .....	23
A Einordnung, Einteilung und Historie .....	23
B Darstellungsformen und topographische Kartengrundlagen .....	24
C Kartographische Darstellungsmethoden .....	26
D Aussageformen .....	27
II.4 Datenmodelle und Standards im öffentlichen Verkehr .....	31
A Transmodel .....	31
B Transmodel-basierte Standards.....	31
C Google Transit Feed Specification.....	32
D Nummerierungssysteme im öffentlichen Verkehr .....	32
<b>III. Bestandsanalyse des öffentlichen Personennahverkehrs in OpenStreetMap .....</b>	<b>33</b>
III.1 Aktivitäten und Schwerpunkte innerhalb der OpenStreetMap-Community .....	33
A Modellierung von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr .....	33
B Import von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr .....	34
C Darstellung von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr.....	34
III.2 Analyse des Schemas für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr.....	36
A Bus .....	36
B Oberleitungsbus.....	42
C Spurbus.....	43
D Taxi, Mietfahrzeug und Carsharing .....	43

E	Sonderformen des öffentlichen Personennahverkehrs .....	44
F	Regionalbahn .....	45
G	Stadtbahn .....	50
H	Schnellbahn .....	51
I	Stadtschnellbahn.....	52
J	Straßenbahn.....	54
K	Personenfähre .....	57
L	Sonstige Verkehrsmittel .....	58
M	Liniennetze und Tarifzonen .....	58
III.3	Schlussfolgerungen aus der Analyse des Datenschemas .....	60
A	Infrastrukturelemente .....	60
B	Netzinformationen .....	62
<b>IV.</b>	<b>Anpassung des Schemas für Daten</b>	
	<b>zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap .....</b>	<b>64</b>
IV.1	Entwurf und Implementierung des angepassten Datenschemas.....	64
A	Linienhafte Infrastrukturelemente .....	64
B	Punkthafte Infrastrukturelemente .....	70
C	Linien .....	76
D	Strecken .....	82
E	Liniennetze.....	82
IV.2	Einbeziehung der OpenStreetMap-Community .....	83
A	Kontaktaufnahme mit der Community .....	83
B	Durchführung eines Community-Workshops.....	83
C	Änderung und Verbesserung des angepassten Datenschemas .....	84
D	Resonanz der Community .....	84
IV.3	Erprobung des angepassten Datenschemas .....	87
A	Voraussetzungen für die Erprobung .....	87
B	Durchführung der Erprobung .....	87
C	Erkenntnisse aus der Erprobung .....	91
<b>V.</b>	<b>Erweiterung eines Software-Tools für die Visualisierung und Qualitätssicherung</b>	
	<b>von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap.....</b>	<b>93</b>
V.1	Rahmenbedingungen für die Erweiterung.....	93
A	Grundkonzept der Erweiterung.....	93
B	Ziel der Erweiterung .....	93
C	Technische Rahmenbedingungen für die Erweiterung .....	94
V.2	Entwurf der Erweiterung.....	95
A	Daten für die Erweiterung .....	95
B	Neue Funktionalitäten für das Software-Tool .....	95
C	Organisation der neuen Funktionalitäten für das Software-Tool .....	96
V.3	Implementierung der Erweiterung .....	102
A	Vorbereitung der Implementierung .....	102
B	Durchführung der Implementierung .....	106
C	Kartographische Aspekte der Implementierung .....	107
<b>VI.</b>	<b>Visualisierung des angepassten Schemas für Daten</b>	
	<b>zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap .....</b>	<b>110</b>
VI.1	Visualisierung von Infrastrukturelementen .....	110
A	Visualisierung von linienhaften Infrastrukturelementen .....	110

B	Visualisierung von punkthaften Infrastrukturelementen .....	113
VI.2	Visualisierung von Netzinformationen .....	117
A	Visualisierung von Halten als Netzinformationen .....	117
B	Visualisierung von Linien und Liniennetzen .....	118
<b>VII.</b>	<b>Schlussbetrachtung .....</b>	<b>120</b>
VII.1	Zusammenfassung und Fazit .....	120
VII.2	Offene Fragen und Ausblick .....	122
	Literaturverzeichnis.....	XV
	Eidesstattliche Erklärung .....	XXI
Anhang A:	Bildtafel zu Verkehrsmitteln des öffentlichen Personennahverkehrs .....	A-1
Anhang B:	Entitätsklassen des öffentlichen Personennahverkehrs in OpenStreetMap ..	B-1
Anhang C:	Bildtafel zu Schienenwegen und Bahnkörpern.....	C-1

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1	Aufbau und Zusammenwirken der OpenStreetMap-Komponenten .....	6
Abb. 2-2	Topologisches Modell der OpenStreetMap-Geodaten .....	7
Abb. 2-3	Wichtigste Verkehrsarten und deren Abgrenzungskriterien .....	12
Abb. 2-4	Öffentlicher Personenverkehr im Zusammenwirken mehrerer Verkehrsarten ...	14
Abb. 2-5	Kategorisierung von Haltestellen nach Lage im Liniennetz und Nutzung .....	19
Abb. 2-6	Kategorisierung von Haltestellen nach Bauart.....	19
Abb. 2-7	Kategorisierung von Linien nach Form .....	19
Abb. 2-8	Liniennetztypen.....	20
Abb. 2-9	Liniennetzplan nach den Gestaltungsprinzipien der London Underground .....	25
Abb. 2-10	Karte: Isochronen der öffentlichen Verkehrsmittel ab Gießen Hbf. 1961 .....	28
Abb. 2-11	Karte: Platzangebot im ÖPNV in Karlsruhe 1984 .....	28
Abb. 2-12	Topogramm: Kenngrößen zum Verkehr der Métro in Paris 1965.....	29
Abb. 2-13	Karte: Kenngrößen zum Verkehr der Busse in Paris 1964.....	29
Abb. 3-1	Tags für Bushaltestellen in OpenStreetMap .....	37
Abb. 3-2	Tags für als Relationen erfasste Buslinien in OpenStreetMap .....	41
Abb. 3-3	Tags für als Ways erfasste Buslinien in OpenStreetMap .....	41
Abb. 3-4	Tags für Eisenbahnschienenwege in OpenStreetMap.....	46
Abb. 3-5	Tags für Eisenbahnhaltepunkte in OpenStreetMap .....	47
Abb. 3-6	Tags für Bahnhöfe in OpenStreetMap .....	48
Abb. 3-7	Tags für Stadtbahnkörper in OpenStreetMap .....	50
Abb. 3-8	Tags für Stadtschnellbahnkörper (railway=subway) in OpenStreetMap .....	53
Abb. 3-9	Tags für Straßenbahnkörper in OpenStreetMap .....	55
Abb. 3-10	Tags für Straßenbahnhaltestellen in OpenStreetMap.....	56
Abb. 3-11	Tags für Straßenbahnlinien in OpenStreetMap .....	56
Abb. 3-12	Fiktive Hierarchie von ÖPNV-Relationen in OpenStreetMap.....	59
Abb. 4-1	Entscheidungsgraph für die Erfassung von Schienenwegen / Bahnkörpern .....	65
Abb. 4-2	Schema für die Erfassung von punkthaften Infrastrukturelementen .....	70
Abb. 4-3	Exemplarischer Bahnhaltepunkt mit einer Halteposition (Kartenansicht).....	74
Abb. 4-4	Exemplarischer Bahnhaltepunkt mit einer Halteposition (Datenansicht).....	74
Abb. 4-5	Exemplarische Bushaltestelle als Gesamthalt-Relation (Kartenansicht).....	74
Abb. 4-6	Exemplarische Bushaltestelle als Gesamthalt-Relation (Datenansicht) .....	74
Abb. 4-7	Exemplarische Bushaltestellen als Gesamthalt-Gruppe (Kartenansicht).....	75
Abb. 4-8	Exemplarische Bushaltestellen als Gesamthalt-Gruppe (Datenansicht) .....	75
Abb. 4-9	Schema für die Erfassung von Linien.....	76
Abb. 4-10	Symmetrischer und asymmetrischer Linienverlauf .....	77
Abb. 4-11	Ringlinie mit völlig getrennten Hin- und Rückwegen.....	78
Abb. 4-12	Modellierungsmöglichkeiten von Haupt- und abweichenden Linienverläufen...	79
Abb. 4-13	Linienkennzeichnung: Linienfarbe und Farbe der Linienbezeichnung .....	79
Abb. 4-14	Stadtbahnkörper und Eisenbahnschienenweg im OSM Inspector .....	88
Abb. 4-15	Stadtbahnkörper und Nebenbahn im OSM Inspector.....	88
Abb. 4-16	Verschiedene U-Bahnkörper im OSM Inspector .....	89
Abb. 4-17	Ober- und unterirdisch verlaufende U-Bahnkörper im OSM Inspector.....	89

Abb. 4-18	Eisenbahnhaltepunkt und Bushaltestellen im OSM Inspector.....	89
Abb. 4-19	Transmodale Gesamthalt-Gruppe im OSM Inspector.....	89
Abb. 4-20	Straßenbahnhaltestelle im OSM Inspector.....	90
Abb. 4-21	Gesamthalt im OSM Inspector.....	90
Abb. 4-22	U-Bahnlinie im OSM Inspector.....	90
Abb. 4-23	Straßenbahnlinie als Teleskoplinie im OSM Inspector.....	90
Abb. 4-24	Stadtbahnlinie mit Haupt- und abweichendem Verlauf im OSM Inspector.....	91
Abb. 5-1	Organisation des OSM-Inspector-Views Railway infrastructure.....	97
Abb. 5-2	Organisation des OSM-Inspector-Views Non-railway infrastructure.....	97
Abb. 5-3	Organisation des OSM-Inspector-Views Stops.....	97
Abb. 5-4	Organisation des OSM-Inspector-Views Network.....	98
Abb. 5-5	Organisation des OSM-Inspector-Views Ferries.....	98
Abb. 5-6	Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views Railway infrastructure.....	106
Abb. 5-7	Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views Non-railway infrastructure.....	106
Abb. 5-8	Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views Stops.....	106
Abb. 5-9	Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views Network.....	106
Abb. 5-10	Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views Ferries.....	106
Abb. 5-11	Linien unterschiedlicher Breite und Farbe im OSM Inspector.....	107
Abb. 5-12	Linien unterschiedlicher Form im OSM Inspector.....	107
Abb. 5-13	Kreisscheiben und Kreise unterschiedlicher Farbe im OSM Inspector.....	108
Abb. 5-14	Rauten und Dreiecke unterschiedlicher Farbe im OSM Inspector.....	108
Abb. 5-15	Flächen unterschiedlicher Form und Farbe im OSM Inspector.....	108
Abb. 6-1	Visualisierung eines Spurbusfahrweges mit Mapnik.....	110
Abb. 6-2	Visualisierung von Eisenbahnschienenwegen mit Mapnik.....	111
Abb. 6-3	Visualisierung eines Stadt- und eines Straßenbahnkörpers mit Mapnik.....	112
Abb. 6-4	Visualisierung eines U-Bahnkörpers mit Mapnik.....	112
Abb. 6-5	Visualisierung einer Standseilbahn mit Mapnik.....	113
Abb. 6-6	Bildhafte Signaturen für punkthafte Infrastrukturelemente.....	113
Abb. 6-7	Bildhafte Signaturen für unimodale Halte.....	114
Abb. 6-8	Bildhafte Signatur für transmodale Halte.....	114
Abb. 6-9	Signaturen für Eingänge, andere Zugangsstellen und Zusatzelemente.....	115
Abb. 6-10	Transmodaler Gesamthalt mit zusammenhängenden Einzelementen.....	115
Abb. 6-11	Visualisierung eines transmodalen Gesamthalts mit Mapnik.....	115
Abb. 6-12	Visualisierung einer Gesamthalt-Gruppe auf der ÖPNV-Karte.....	117
Abb. 6-13	Visualisierung von U-Bahn- und Buslinien auf der ÖPNV-Karte.....	118
Abb. 6-14	Visualisierung von S- und Stadtbahnlinien auf der ÖPNV-Karte.....	119
Abb. A-1	Bus in Waldhäuser.....	A-1
Abb. A-2	Oberleitungsbus in Minsk.....	A-1
Abb. A-3	Spurbus in Mannheim.....	A-1
Abb. A-4	Taxi in New York City.....	A-1
Abb. A-5	Regionalbahn in Moers.....	A-1
Abb. A-6	S-Bahn bei Zürich.....	A-1
Abb. A-7	Stadtbahn in Edmonton.....	A-1
Abb. A-8	U-Bahn in Mexiko-Stadt.....	A-1

Abb. A-9	Hängebahn in Dortmund.....	A-2
Abb. A-10	Magnetschwebbahn in Shanghai .....	A-2
Abb. A-11	Einschienebahn in Tokio .....	A-2
Abb. A-12	Tram in Birmingham .....	A-2
Abb. A-13	Personenfähre in Bingen am Rhein .....	A-2
Abb. B-1	Entitätsklassen des öffentlichen Personennahverkehrs in OpenStreetMap .....	B-1
Abb. C-1	Eisenbahnschiene für Ausflugs-, Modell- und touristische Bahnen .....	C-1
Abb. C-2	Eisenbahnschiene für Industrie-, Minen- und Werksbahnen .....	C-1
Abb. C-3	Besonderer Bahnkörper für Stadtbahnen.....	C-1
Abb. C-4	Eisenbahnschiene – Hauptbahn .....	C-1
Abb. C-5	Eisenbahnschiene – Nebenbahn.....	C-1
Abb. C-6	Straßenbündiger Bahnkörper .....	C-1
Abb. C-7	Unabhängiger Bahnkörper für Einschienebahnen.....	C-1
Abb. C-8	Besonderer Bahnkörper für Straßenbahnen.....	C-1
Abb. C-9	Unabhängiger Bahnkörper für U-Bahnen – unterirdisch.....	C-2
Abb. C-10	Unabhängiger Bahnkörper für U-Bahnen – oberirdisch .....	C-2

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1	Verkehrsmittel des öffentlichen Personennahverkehrs .....	17
Tab. 2-2	Übersicht: Karten zum öffentlichen Personennahverkehr.....	30
Tab. 3-1	Tags für Bushaltestellen in OpenStreetMap .....	37
Tab. 3-2	Tags für Bushaltestellen nach dem QROTI-Schema .....	38
Tab. 3-3	Tags für als Nodes erfasste Busbahnhöfe in OpenStreetMap.....	38
Tab. 3-4	Tags für als Flächen erfasste Busbahnhöfe in OpenStreetMap .....	38
Tab. 3-5	Tags für als Relationen erfasste Buslinien in OpenStreetMap .....	41
Tab. 3-6	Tags für als Ways erfasste Buslinien in OpenStreetMap .....	41
Tab. 3-7	Tags für Buslinien nach dem QROTI-Schema .....	42
Tab. 3-8	Tags für Spurbus-Fahrwege in OpenStreetMap .....	43
Tab. 3-9	Tags für als Nodes erfasste Taxistände in OpenStreetMap.....	44
Tab. 3-10	Tags für als Flächen erfasste Taxistände in OpenStreetMap.....	44
Tab. 3-11	Tags für Eisenbahnschienenwege in OpenStreetMap .....	45
Tab. 3-12	Tags für Eisenbahnhaltepunkte in OpenStreetMap .....	47
Tab. 3-13	Tags für Bahnhöfe in OpenStreetMap .....	48
Tab. 3-14	Tags für Bahnlinien (route=rail) in OpenStreetMap .....	49
Tab. 3-15	Tags für Bahnlinien (route=railway) in OpenStreetMap .....	49
Tab. 3-16	Tags für Bahnlinien (route=train) in OpenStreetMap.....	49
Tab. 3-17	Tags für Stadtbahnkörper in OpenStreetMap .....	50
Tab. 3-18	Tags für Stadtbahnlinien in OpenStreetMap .....	51
Tab. 3-19	Tags für Stadtschnellbahnkörper (railway=monorail) in OpenStreetMap .....	52
Tab. 3-20	Tags für Stadtschnellbahnkörper (railway=subway) in OpenStreetMap .....	52
Tab. 3-21	Tags für oberirdische U-Bahn-Eingänge in OpenStreetMap.....	53
Tab. 3-22	Tags für U-Bahnlinien in OpenStreetMap .....	54
Tab. 3-23	Tags für Straßenbahnkörper in OpenStreetMap .....	54
Tab. 3-24	Tags für Straßenbahnhaltestellen in OpenStreetMap.....	55
Tab. 3-25	Tags für Straßenbahnlinien in OpenStreetMap .....	56
Tab. 3-26	Tags für als Nodes erfasste Fähren-Anlegestellen in OpenStreetMap .....	57
Tab. 3-27	Tags für als Flächen erfasste Fähren-Anlegestellen in OpenStreetMap.....	57
Tab. 3-28	Tags für Personenfährlinien in OpenStreetMap .....	58
Tab. 4-1	Tags für Eisenbahnschienenwege nach dem angepassten Datenschema.....	66
Tab. 4-2	Tags für Stadtbahnkörper nach dem angepassten Datenschema .....	67
Tab. 4-3	Tags für Stadtschnellbahnkörper nach dem angepassten Datenschema.....	68
Tab. 4-4	Tags für Straßenbahnkörper nach dem angepassten Datenschema .....	68
Tab. 4-5	Tags für Standseilbahnen nach dem angepassten Datenschema.....	69
Tab. 4-6	Tags für öffentliche Fahrsteige nach dem angepassten Datenschema .....	69
Tab. 4-7	Tags für Haltepositionen nach dem angepassten Datenschema.....	71
Tab. 4-8	Tags für Zugangsstellen nach dem angepassten Datenschema .....	71
Tab. 4-9	Tags für Gesamthalte nach dem angepassten Datenschema .....	73
Tab. 4-10	Tags für öffentliche Personenaufzüge nach dem angepassten Datenschema ....	76
Tab. 4-11	Tags für Linienvarianten nach dem angepassten Datenschema.....	77
Tab. 4-12	Tags für (Oberleitungs-)Buslinien nach dem angepassten Datenschema .....	80

Tab. 4-13	Tags für (Regional-)Bahnlinien nach dem angepassten Datenschema.....	81
Tab. 4-14	Tags für Stadtbahnlinien nach dem angepassten Datenschema .....	81
Tab. 4-15	Tags für Personenfährlinien nach dem angepassten Datenschema .....	81
Tab. 5-1	Übersicht: Neue OSM-Inspector-Overlays .....	98
Tab. 5-2	Zuordnung der Datenbanktabellen zu den neuen OSM-Inspector-Overlays ....	103

## Abkürzungsverzeichnis

### allgemein

Abb.	Abbildung
Abschn.	Abschnitt
AG	Aktiengesellschaft
Aufl.	Auflage
Bde.	Bände
Benelux	Belgien, Niederlande und Luxemburg
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d. h.	das heißt
DDR	Deutsche Demokratische Republik
Dipl.-Arb.	Diplomarbeit
Dipl.-Wi.-Ing.	Diplom-Wirtschaftsingenieur
Dr.-Ing.	Doktor-Ingenieur
dt.	deutsch
ebd.	ebenda
engl.	englisch
et al.	et al(ia/-i/-a)
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
f.	[die] folgende [Seite]
ff.	[die] folgenden [Seiten]
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Hbf.	Hauptbahnhof
Hrsg.	HerausgeberIn[nen]
intl.	international
Kap.	Kapitel
km	Kilometer
mm	Millimeter
o. Ä.	oder Ähnliche[s]
Prof.	Professor
resp.	respektive
s.	siehe
S.	Seite
u. a.	unter anderem
ugs.	umgangssprachlich
UMN	University of Minnesota
usw.	und so weiter
Z.	Zeile
z. B.	zum Beispiel
Tab.	Tabelle
URL	Uniform Resource Locator

## **fachlich**

API	Application Programming Interface
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
CC	Creative Commons
CC-BY	Creative Commons – Attribution
CC-BY-SA	Creative Commons – Attribution – Share Alike
CEN	Comité Européen de Normalisation
CGI	Common Gateway Interface
DB	Deutsche Bahn AG
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
FIL	Factual Information License
GFDL	GNU Free Documentation License
GIS	Geographisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System
GTFS	Google Transit Feed Specification
HTML	Hypertext Markup Language
IBNR	Internationale Bahnnummer
ID	Identifikations(bezeichnung/-nummer)
IFOPT	Identification of Fixed Objects in Public Transport
JSON	JavaScript Object Notation
KBS	Kursbuchstrecke
Lkw	Lastkraftwagen
NaPTAN	National Public Transport Access Node Database
NPTG	National Public Transport Gazetteer
ODbL	Open Database License
OGC	Open Geospatial Consortium
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	OpenStreetMap
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
Pkw	Personenkraftwagen
POI	Point[s] of Interest
QROTI	Queensland's Railways on the Internet
S-Bahn	Schnellbahn
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics
U-Bahn	U-Bahn
U-Strab	U-Bahn
UIC	Union Internationale des Chemins de Fer
UITP	Union Internationale des Transports Publics
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

VRR	Verkehrsverbund Rhein-Ruhr
VzG	Verzeichnis örtlich zulässiger Geschwindigkeiten
WGS 84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service
XML	Extensible Markup Language

## I. Einleitung

Bislang liegen noch keine wissenschaftlichen Arbeiten vor, die sich mit der Frage beschäftigen, wie die Daten zu einem bestimmten, abgrenzbaren Themenbereich in OpenStreetMap (OSM) – einem Online-Community-Projekt für die Erfassung und Bereitstellung frei nutzbarer Geodaten – modelliert werden und auf welche Weise eine solche Modellierung erforderlichenfalls verbessert werden kann. Um diese Lücke zu füllen, soll im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit, die den Titel *Öffentlicher Personennahverkehr in OpenStreetMap – Entwurf, Implementierung und Erprobung eines Schemas für die Modellierung vielseitig nutzbarer Daten* trägt, untersucht werden, wie sich a) die Schnittmenge zwischen OSM einerseits und Geodaten eines definierten, abgegrenzten Themengebiets andererseits darstellt, wie sich dabei b) die Modellierung der Daten in der Gegenwart gestaltet, c) welche verbesserte Form diese in Zukunft annehmen soll und d) welche Schritte für eine Verbesserung sowie deren Diskussion und Etablierung in der OSM-Community notwendig sind.

Wie bereits dem Titel der Arbeit zu entnehmen ist, bildet der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) jenen Themenbereich, dessen Abbildung in OSM beleuchtet werden soll. Der Grund für diese Wahl liegt zum einen in der nahezu allgegenwärtigen Präsenz des ÖPNV und seiner vielgestaltigen Erscheinungsformen im öffentlichen Raum (und sei es auch nur ein Schulbus, der im Berufsverkehr einen Stau verursacht) und zum anderen in der Tatsache, dass der ÖPNV als Mobilitätsgarant für viele OSM-Beteiligte erst die Voraussetzung schafft für deren Datenerfassungsaktivitäten. Darüberhinaus eignen sich ÖPNV-Geodaten (im Gegensatz zu Daten aus vielen anderen Themengebieten) als Grundlage für verschiedenere Anwendungen – insbesondere Routinganwendungen seien hier als Beispiel hervorgehoben. Außerdem gliedert sich der ÖPNV in reale (Infrastrukturelemente wie Eisenbahnschienenwege, Bushaltestellen, Bahnhöfe etc.) und abstrakte Objekte (Netzinformationen wie Straßenbahnlinien, Verkehrsverbünde, Tarifzonen usw.), weshalb die Untersuchung seiner Abbildung in OSM wichtige Erkenntnisse liefern kann im Hinblick auf die generelle Trennung und Vermischung von OSM-Daten mit realem und abstraktem Bezug. Ferner können aus der Betrachtung der unterschiedlichen Klassen von Infrastrukturelementen und der Zuordnung von Geodaten zu diesen Klassen Rückschlüsse gezogen werden auf die Art und Weise, wie Geodaten in einem Projekt wie OSM klassifiziert werden und welche Schwierigkeiten dabei auftreten. Schließlich ist als weiterer Grund für die Wahl des ÖPNV als Themenbereich anzuführen, dass dieser hinsichtlich seiner Modellierung in OSM einen exemplarischen Komplexitätsquerschnitt bildet: Zum Beispiel sind Personenaufzüge weniger komplex in den Daten abzubilden als Buslinien, die sich aus vielen unterschiedlichen Komponenten und Informationen zusammensetzen – beide Elemente sind jedoch gleichwertige Bestandteile des ÖPNV.

Nach und nach soll die vorliegende Arbeit Antworten auf einige zentrale Fragen liefern, welche sich aus den Vorüberlegungen zur Gesamthematik ergaben. Aus diesen Fragen gehen auch die einzelnen Problemstellungen hervor, für die Lösungen gefunden werden sollen:

- Welche ÖPNV-Elemente sind in OSM gegenwärtig erfasst?
- Wie werden diese modelliert?
- Welche Elemente werden dabei meist einheitlich, welche auf unterschiedliche Arten modelliert?
- Welche wichtigen Elemente fehlen oder werden nur selten erfasst?
- Welche unwichtigen Elemente könnten fortgelassen werden?
- Wie können Anreize geschaffen werden, fehlende Elemente zu erfassen?
- Wie kann die Modellierung von ÖPNV-Elementen in OSM konkret verbessert werden?
- Wie muss sich die Zusammenarbeit mit der Community gestalten, um einer verbesserten Modellierung ein hohes Maß an Akzeptanz und eine weite Verbreitung zu verschaffen?
- Welcher konkrete Nutzen kann aus einer verbesserten Modellierung gezogen werden, und zwar gleichermaßen hinsichtlich der Weiterverwendung der Daten und deren Visualisierung?

## I.1 Ziel der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine *Motivationsbasis* für die OSM-Community zu schaffen, auf deren Grundlage die für die Abbildung des ÖPNV in OSM relevanten Geodaten künftig einheitlicher und vollständiger erfasst und modelliert werden, als dies bislang der Fall ist. Hierfür sollen im eher theoretisch orientierten Teil der Arbeit zunächst wesentliche Grundlagen und Grundbegriffe erschlossen werden. Hernach soll auf der Basis einer umfassenden Bestandsanalyse des bisherigen OSM-Datenschemas für ÖPNV-Infrastrukturelemente und -Netzinformationen ein angepasstes und erweitertes Schema erarbeitet werden. Dabei soll nicht die Konformität des Modellierungsschemas zu den vorhandenen Datenmodellen und Standards des ÖPNV im Fokus stehen, sondern ein in jedweder Hinsicht hohes Maß an Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit für die OSM-Beteiligten; erst in zweiter Linie soll auf ein adäquates Maß an Standardkonformität geachtet werden. Anschließend soll das Schema mit der Community diskutiert werden, um es auf der Grundlage des aus den Diskussionen resultierenden Feedbacks nötigenfalls ergänzen und umarbeiten zu können. Im eher praktisch orientierten Teil soll das erarbeitete Schema dann exemplarisch angewendet werden, um seine Umsetzbarkeit zu beleuchten. Seine Vorzüge gegenüber dem bisherigen Schema sollen schließlich auch anhand einer vergleichenden kartographischen Visualisierung verdeutlicht werden. Darüberhinaus soll ein bereits bestehendes, der Darstellung und Qualitätssicherung von OSM-Daten dienliches, Web-basiertes Software-Tool um ÖPNV-Funktionalitäten erweitert werden. Das Ziel dieser Erweiterung ist es, die OSM-Community zur Verwendung des überarbeiteten Datenschemas zu *motivieren*, indem ihr ein Werkzeug an die Hand gegeben wird, welches die Visualisierung der nach dem angepassten Schema modellierten Daten sowie die Suche nach Unstimmigkeiten und Mängeln in diesen Daten ermöglicht.

## I.2 Gliederung der Arbeit

Als Einstieg in die verschiedenen Themenbereiche, an deren Schnittstellen sich die Inhalte der vorliegenden Arbeit wiederfinden, wird in *Kapitel II* zunächst in OpenStreetMap und den öffentlichen Personennahverkehr eingeführt. Hernach stehen die Darstellung des ÖPNV in der Kartographie sowie verschiedene Datenmodelle und Standards des öffentlichen Verkehrs im Vordergrund. Im *Kapitel III* werden zunächst alle gegenwärtigen Aktivitäten und Schwerpunkte innerhalb der OSM-Community hinsichtlich des ÖPNV betrachtet. Hierauf folgt eine umfassende Bestandsanalyse des bisherigen OSM-Datenschemas für ÖPNV-Infrastrukturelemente und -Netzinformationen, deren Ergebnisse abschließend strukturiert und interpretiert werden. Nachfolgend wird im zentralen *Kapitel IV* auf der Grundlage der Bestandsanalyse ein angepasstes und erweitertes OSM-Datenschema für die Modellierung von ÖPNV-Infrastrukturelementen und -Netzinformationen entworfen, für die zukünftige Anwendung konkret formuliert und sodann erprobt, um seine Praxistauglichkeit zu prüfen. Außerdem wird die Teilhabe der OSM-Community beschrieben, denn nur durch deren Mitarbeit können die Ziele der Arbeit erreicht werden. Die Erweiterung des Software-Tools OSM Inspector hinsichtlich der Visualisierung und Qualitätssicherung von Daten zum ÖPNV respektive die für die Implementierung dieser Erweiterung notwendigen Einzelschritte und die dabei aufgetretenen Besonderheiten werden im *Kapitel V* dargelegt. Im *Kapitel VI* werden Konzepte entworfen für die Visualisierung des angepassten Datenschemas, und zwar einerseits für ÖPNV-Infrastrukturelemente und andererseits für ÖPNV-Netzinformationen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit schließlich werden im *Kapitel VII* zusammengefasst, in dessen Rahmen auch offen gebliebene Fragen diskutiert werden. Das Kapitel und somit die gesamte Arbeit schließen mit einem Ausblick.

## II. Grundlagen

### II.1 OpenStreetMap

Zu einem fundierten Einstieg in die Themengebiete der vorliegenden Arbeit verhilft dieses Unterkapitel, indem zunächst grundlegende Fragen zum Verständnis des auf freien Geodaten basierenden und von einer Online-Community getragenen OpenStreetMap-Projektes beantwortet werden: Was bedeutet »frei« in diesem Zusammenhang? Was sind Geodaten? Was ist eine Online-Community? Sodann werden die Entstehung und Bedeutung des Projekts, die zu seiner Umsetzung eingesetzten Techniken (Server-Architektur, Rendering- und Anzeigetechniken, Bearbeitungswerkzeuge), das zu Grunde liegende Datenmodell und die Wege der Kommunikation und Dokumentation im Projekt erläutert.

#### A Freie Inhalte, Geodaten und Online-Communities

Freie Inhalte – international üblicherweise mit dem englischen Begriff *Open Content* bezeichnet – sind schöpferische Werke (Filme, Fotos, Musik, Texte etc.), die entweder lizenzfrei oder unter urheberrechtlichen Lizenzen veröffentlicht werden, welche deren vornehmlich freie und kostenlose Verwendung erlauben – also deren Nutzung, Weitergabe und Bearbeitung gestatten, auch in kommerzieller Weise (Mantz, 2007; Möller, 2006). Der antreibende Gedanke und zugleich das Ziel dabei ist es, schöpferische Werke möglichst allen Menschen zur Verfügung zu stellen, da restriktive urheberrechtliche Einschränkungen die Verbreitung und somit den Austausch von Wissen und Ideen oft hemmen. Zudem nutzt die freie und schnelle Verfügbarkeit von Informationen (z. B. von wissenschaftlichen Publikationen) insbesondere der Forschung und der Lehre an Hochschulen (Eidenberger & Ortner, 2007; Möller, 2006).

Damit Inhalte als frei gelten, müssen ihnen entweder ihre UrheberInnen eine freie Lizenz einräumen oder aber sie müssen gemeinfrei (lizenzfrei) sein (engl. public domain). Dies ist in vielen Staaten (so auch in Deutschland) ausschließlich nach Ablauf der urheberrechtlichen Schutzfristen der Fall. Die Rechtsordnung der Vereinigten Staaten sieht im Gegensatz zu den Rechtssystemen anderer Staaten sogar einen vollkommene Rechteverzicht der UrheberInnen vor, wodurch diese den Status der Gemeinfreiheit für ihre Werke von Beginn an erreichen können (Möller, 2006). Möchten UrheberInnen dagegen eine *Open-Content-Lizenz* nutzen, so stehen ihnen diverse Möglichkeiten zur Verfügung, diese für ihre Zwecke zu gestalten und nach ihren Vorstellungen zu formulieren. Die meistgenutzten Open-Content-Lizenzen sind nach Möller (2006) diejenigen der *Creative Commons* (CC), einer amerikanischen Non-Profit-Organisation, die einfach verständliche, juristische Lizenztexte zur Verfügung stellt. Hierbei können unterschiedliche Kombinationen von Nutzungsbedingungen ausgewählt (»zusammengebaut«) werden, die eine für das zu schützende Werk passende CC-Lizenz ergeben (Eidenberger & Ortner, 2007). Diese Bedingungen erlauben oder verbieten die Nutzung des Werkes für kommerzielle Zwecke und legen fest, ob eventuelle Bearbeitungen unter derselben Lizenz wie das Werk selbst weitergegeben werden müssen (wodurch das Prinzip des Copylefts – Verhinderung der unfreien Vereinnahmung eines Werkes – durchgesetzt wäre) oder nicht. Allen Kombinationen gemein ist dabei die Verpflichtung zur Namensnennung der / des Urheberin / Urhebers (ebd.).

Das wichtigste und bekannteste Beispiel für eine Sammlung von Open Content ist nach Danowski und Voss (2005) die seit 2001 existierende Wikipedia, ein von Freiwilligen erstelltes und fortgeführtes internationales Projekt zur Erstellung einer freien Internet-Enzyklopädie, die in einer Vielzahl von Sprachversionen verfügbar ist und mehrere Millionen Schlagwörter umfasst.

*Geodaten* sind digitale Daten, die reale oder abstrakte Objekte repräsentieren, welche über einen räumlichen Bezug zu einer Position auf der Erdoberfläche verfügen und daher als Geoobjekte bezeichnet werden. Diese Eigenschaft wird mit den synonym verwendeten Begriffen Geobezug, Georeferenz oder einfach Raumbezug bezeichnet und kann in direkter oder indirekter Form vorliegen. Einen direkten Raumbezug zeichnet aus, dass dabei die Positionierung der Objekte auf der Erdoberfläche durch die Zuordnung von Koordinaten beschrieben wird. Beim indirekten Raumbezug wird hingegen eine andere geobezogene Information referenziert, beispielsweise eine administrative Einheit (Bill & Zehner, 2001; Bollmann & Koch, 2001 / 02). Geoob-

jekte werden nach Bartelme (2005) von Geodaten repräsentiert, die stets über strukturelle, geometrische und oftmals zusätzlich thematische (inhaltliche) Attribute (Eigenschaften) verfügen. Die geometrischen Attribute umfassen nach Bollmann und Koch (2001/02) die folgenden Bereiche:

- georäumliche Position: Information über den Raumbezug (z. B. vom verwendeten System abhängige Koordinaten),
- geometrische Form: resultierend aus der georäumlichen Position,
- räumliche Dimension: dimensionslos (Punkt), eindimensional (Linie), zweidimensional (Fläche), zweieinhalbdimensional (Oberfläche) oder dreidimensional (Körper), und
- Topologie: Lagebeziehungen der Objekte zueinander (z. B. Nachbarschaft), basierend auf den drei topologischen Kategorien Knoten, Kante und Masche.

Die Datenstruktur, auf deren Grundlage die geometrischen Eigenschaften modelliert werden, ist von deren später beabsichtigten Abbildung als Raster- oder Vektorgraphik abhängig. Im Hinblick auf ihre Entstehung können Geodaten entweder Primärdaten sein, die unmittelbar aus Datenerhebungen gewonnen werden, oder Sekundärdaten, die aus Primärdaten abgeleitet sind (Bollmann & Koch, 2001/02).

Die einzelnen, eindeutig identifizierbaren »Portionen« von Geodaten (Entitäten) und deren Beziehungen untereinander (Relationen), welche sich meist aus der Topologie ergeben, werden laut Bartelme (2005) häufig mit dem Entitäten-Relationen-Modell beschrieben. Hierbei sind Entitäten, die gleiche Eigenschaften, Formen und Topologieanforderungen aufweisen, zu Entitätsklassen (Typen) zusammengefasst, welche ebenfalls durch Relationen verknüpft sein können.

Eine *Online-Community* (dt. Netzgemeinschaft) ist eine füngewöhnlich demokratisch organisierte Kommunikationsgemeinschaft von Menschen, die sich einander via Internet begegnen. Sie dient als Plattform dem Austausch von Meinungen und Erfahrungen via Internetforen, wie etwa Mailinglisten oder Webforen, darf allerdings nicht mit diesen Techniken gleichgesetzt werden, sondern muss als soziales Phänomen wahrgenommen werden (Eigner, 2003). Damit eine Online-Community aufrechterhalten werden kann, bedarf sie der Betreuung und Pflege durch die Community-MitgliederInnen (ebd.). Netzgemeinschaften ermöglichen es ihren MitgliederInnen das schnelle Auffinden vieler anderer Beteiligter, die sich intensiv für ein bestimmtes Thema interessieren und sich auf dieses spezialisieren. Solche MitgliederInnen schließen sich daraufhin meist zu Gruppen zusammen, die um der Erreichung eines gemeinsamen Zieles Willen kooperieren (Danowski & Voss, 2005; Ebersbach et al., 2008).

## **B Entstehung und Bedeutung des OpenStreetMap-Projekts**

Einen Berührungspunkt zwischen Geodaten, freien Inhalten und Netzgemeinschaften markiert *OpenStreetMap*, ein im Jahre 2004 gestartetes, internationales Projekt zur Gewinnung und Bereitstellung freier Kartendaten (Ramm & Topf, 2009). Zu diesem Zweck werden Geodaten erfasst, die hernach unter einer Open-Content-Lizenz in einer zentralen Datenbank gespeichert werden, um auf vielfältige Weise genutzt werden zu können. Die wichtigste Anwendung der Daten ist die aus ihnen abgeleitete, interaktive Web-Kartendarstellung, welche unter dem URL <http://www.openstreetmap.org> (Stand: 16. März 2009) erreichbar ist. Das OpenStreetMap-Projekt ermöglicht es allen interessierten Menschen als Freiwillige einen Beitrag zu leisten, indem diese entweder selbst neue Geodaten für das Projekt erheben oder bestehende Daten erweitern, ändern oder verbessern. Die Beteiligten sind dabei als Online-Community organisiert, die als Plattform verschiedene Methoden für die Kommunikation und Dokumentation bereitstellt, aber auch persönliche Treffen der Beteiligten veranstaltet (ebd.).

Die urheberrechtliche Lizenz, unter der die Daten in OSM stehen, ist die Creative-Commons-Lizenz *Creative Commons – Attribution – Share Alike* (CC-BY-SA, dt. Creative Commons – Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen), die die Nutzung, Bearbeitung, Vervielfältigung und Weitergabe der Daten (auch zu kommerziellen Zwecken) erlaubt, wenn dabei die/der Urheberin/Urheber genannt wird und das Produkt unter derselben oder einer kompatiblen Lizenz veröffentlicht wird. Jedoch hat sich gezeigt, dass sich CC-BY-SA für OSM (und Geodaten im Allgemeinen) nur bedingt eignet, da sie einige Unsicherheiten aufweist. So ist es nach Ramm und Topf (2009) ein Problem, dass nicht das OpenStreetMap-Projekt als Ganzes, sondern alle ErheberInnen im Einzelnen RechteinhaberInnen der Geodaten sind und bei einer Weitergabe auch stets als solche genannt werden müssten. Da dies allerdings praktisch nicht handhabbar ist,

wird die Lizenz so ausgelegt, dass bei der Weiterverwendung der Daten ein Hinweis auf die Gemeinschaft der OSM-Beteiligten als Rechteinhaberin ausreicht. Darüberhinaus stellen die OSM-Daten nach Fairhurst (2008) für alle Menschen sicht- oder nachweisbare faktische Tatsachen dar und bilden folglich in ihrer Gesamtheit eher ein Sammelwerk von Daten denn ein schöpferisches Werk, wodurch sie im urheberrechtlichen Sinne ein Datenbankwerk ausmachen. Allerdings wäre die Änderung der bestehenden Lizenz CC-BY-SA sehr aufwendig, da dies der Zustimmung aller bisher aktiv an OSM Beteiligten bedürfte. Nichtsdestoweniger gibt es innerhalb der Community den Plan, auf die Open Database License (ODbL, dt. offene Datenbanklizenz) für Datenbanken umzusteigen, die auf dem Datenbankrecht der Europäischen Union (EU) basiert. Hierdurch wäre zwar das Sammelwerk geschützt, nicht jedoch das einzelne Geodatum, welches als faktische Tatsache einer weiteren Lizenz neben der ODbL bedürfte, beispielsweise der Factual Information License (FIL, dt. Lizenz für faktische Tatsachen), die hierfür im Gespräch ist. Mit der Verwendung der FIL würde anerkannt, dass Geodaten nicht schutzwürdig sind: eine Sachlage, die in vielen nationalen Rechtsordnungen – vor allem innerhalb der EU – nach wie vor umstritten ist (Ramm & Topf, 2009).

Grundsätzlich existieren gemäß Ramm und Topf (2009) zwei Möglichkeiten für das Zusammentragen von Daten für OSM: die selbständige *Erfassung* oder der *Import* aus externen Quellen, die dem Projekt zur Verfügung gestellt werden. Die selbständige Erfassung kann mittels zweier Techniken realisiert werden: Zum einen können mittels Empfängern von Daten des Global Positioning Systems (GPS, dt. globales Positionsbestimmungssystem) Waypoints (dt. Wegpunkte) oder Tracks (dt. Wegstrecken) aufgezeichnet und anschließend aufbereitet werden; zum anderen können Datenquellen, wie beispielsweise freigegebene Luft- und Satellitenbilder oder gar Orthofotos, zum Digitalisieren genutzt werden. Der direkte Import von zuvor entsprechend konvertierten Geodaten aus externen und frei verfügbaren oder zur Verfügung gestellten Quellen geschieht seltener. Änderungen an den bestehenden Daten sind anhand einer Änderungshistorie jederzeit nachvollziehbar und den Community-Mitgliedern zuzuordnen. Die Wiederherstellung früherer Versionen und der unmittelbare Vergleich von Änderungen (wie dies etwa in Wikipedia möglich ist) sind bislang aber nur schwer möglich, da die Entitäten untereinander zu sehr verknüpft sind, um einzelne Änderungen ohne Probleme isoliert betrachten und erforderlichenfalls rückgängig machen zu können.

Abschließend seien zur Unterstreichung der Bedeutung von OpenStreetMap über die Grenzen der Projekt-Website hinaus noch einige Anwendungen genannt, die auf den OSM-Geodaten basieren: eine Wintersportkarte mit Skigebieten und Skiliften (wie die unter <http://openpistemap.org> erreichbare OpenPisteMap; Stand: 17. März 2009), eine Karte, die das Kommentieren von Fehlern in OSM ohne deren sofortige Beseitigung ermöglicht (wie das unter <http://openstreetbugs.appspot.com> erreichbare OpenStreetBugs; Stand: 17. März 2009), Reit- und Wanderkarten (wie die unter <http://opentiles.com/nop> erreichbare Reit- und Wanderkarte; Stand: 17. März 2009) und viele andere mehr. Ferner eignen sich die Daten auch für Routenberechnungen oder die Navigation mit mobilen Endgeräten (Ramm & Topf, 2009).

## C Technische Umsetzung des OpenStreetMap-Projekts

Die Daten für OpenStreetMap werden laut Ramm und Topf (2009) in einer *Datenbank* mit mehreren Tabellen auf einem *zentralen* Server verwaltet, welcher das freie, objekt-relationale Datenbankmanagementsystem *PostgreSQL* verwendet (s. Abb. 2-1). Gespeichert werden die GPS-Rohdaten (Tracks und Waypoints) als Primär- und die auf deren Grundlage aufbereiteten Geodaten als Sekundärdaten. Die Anfragen (Lese- und Schreibzugriffe) an die Datenbank laufen über ein Application Programming Interface (API, dt. Programmierschnittstelle), welches sowohl externe Zugriffe als auch solche der anderen OSM-Komponenten steuert und als *OSM-Protokoll* bezeichnet wird (s. Abb. 2-1). Um die Geodaten für die Weiterverarbeitung zu nutzen, können diese entweder direkt über die beschreibende API heruntergeladen werden – wobei dies pro Anfrage nur mit einem beschränkten Datenauszug möglich ist – oder es kann ein *Dump* (dt. Speicherauszug) aller Geodaten aus der Datenbank benutzt werden (s. Abb. 2-1), der wöchentlich zur Verfügung gestellt wird.

Die nach der Datenbank wichtigsten OSM-Komponenten sind die *Rendering-Systeme* und *Tile-Server*, die nach Ramm und Topf (2009) für die Darstellung der Web-Kartendarstellung (s. Abschn. B) notwendig sind. Rendering-Systeme berechnen aus den als Vektorgraphik vorliegenden Geodaten für mehrere Zoomstufen jeweils verschiedene gleichgroße, quadratische Rastergraphiken, sogenannte Tiles (dt. Kacheln), die von Tile-Servern für den Zugriff bereitgehalten werden. Diese Tiles dienen der Benutzerfreundlichkeit der Web-Kartendarstellung, da sie das Laden und den Aufbau des Kartenbildes im Webbrowser beschleunigen. Als wichtigstes

Rendering-System für OSM gilt Mapnik, da es die Standardansicht der OpenStreetMap-Web-Kartendarstellung liefert. Die Basis für das Rendering bildet dabei der wöchentliche Dump der Geodaten (s. Abb. 2-1). Ein weiteres Rendering-System für OSM ist Osmarenderer, welches das Projekt Tiles@home ausnutzt (s. Abb. 2-1). Hierbei werden die Tiles auf verteilten Clients mittels Osmarenderer berechnet und anschließend zentral auf einem Tile-Server für den Zugriff bereitgehalten. Osmarenderer kann allerdings Rastergraphiken nicht direkt erzeugen, sondern erstellt Dateien im Format Scalable Vector Graphics (SVG, dt. skalierbare Vektorgraphiken) aus den Geodaten, die ein gesonderter SVG-Renderer hiernach in Rastergraphiken umwandelt.

Zum Anzeigen der gerenderten OSM-Kartengraphiken beim Client (also im Webbrowser) dient eine *Slippy Map* (dt. »flinke« Karte), die auf OpenLayers basiert, einer freien JavaScript-Bibliothek zur dynamischen Anzeige von Karten im Webbrowser. Sie bietet unter anderem die Möglichkeit, den Maßstab (die Zoomstufe) des Kartenbildes zu verändern und den Kartenausschnitt zu verschieben (Ramm & Topf, 2009).

Um Änderungen an den bestehenden OSM-Daten zu ermöglichen oder neue hinzuzufügen, gibt es zwei Kategorien von Bearbeitungswerkzeugen: offline und online arbeitende *Editoren*. Als wichtigster Offline-Editor gilt die in der Programmiersprache Java geschriebene Software JOSM, die alle notwendigen Editierfunktionen zur Verfügung stellt und durch zahlreiche Plug-ins erweiterbar ist. Der überwiegend verwendete Online-Editor ist Potlatch, ein in die OpenStreetMap-Website eingebundener Editor auf Basis der Entwicklungsumgebung Adobe Flash, der zwar weniger Funktionen aufweist als Offline-Editoren, dafür jedoch intuitiver bedienbar ist (Ramm & Topf, 2009).

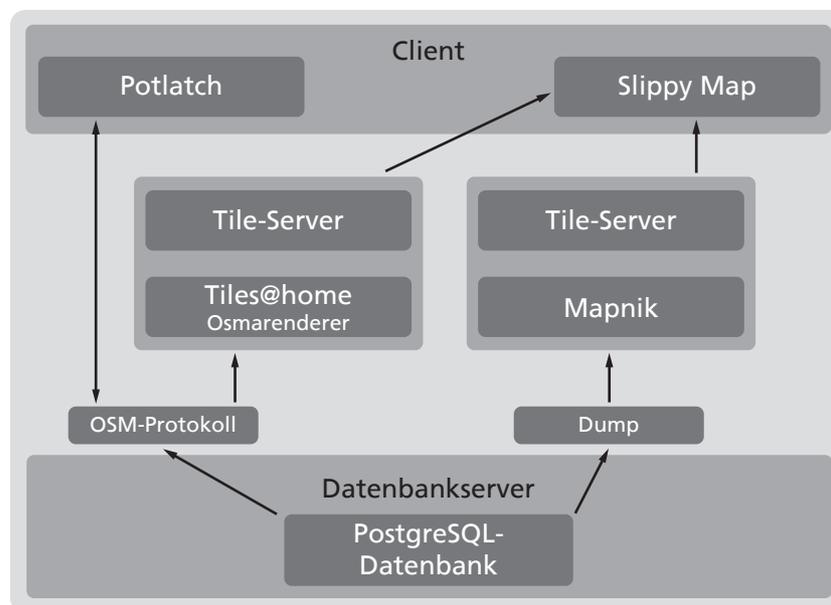


Abb. 2-1 Aufbau und Zusammenwirken der OpenStreetMap-Komponenten

## D OpenStreetMap-Datenmodell

Entitäten der Geodaten in OpenStreetMap werden nach Ramm und Topf (2009) mit dem Begriff *Map Features* (dt. Kartenobjekte) bezeichnet, sind eindeutig durch eine Identifikationsbezeichnung (ID) beschrieben und umfassen – neben den ihnen inhärenten strukturellen Eigenschaften – geometrische und thematische Attribute. Die thematischen Attribute werden durch *Tags* (dt. Auszeichnungen) beschrieben, die aus einem *Key* (dt. Schlüssel) und einem *Value* (dt. Wert) bestehen, immer für die ganze Entität gelten (nie für einen Teil von ihr), stets als Zeichenketten vorliegen und in beliebiger Anzahl je Map Feature vorkommen können. Keys und Values dürfen dabei beliebig gewählt werden – es gibt also keine festgelegten Attributlisten. Dies bedeutet auch, dass die Schreibweise und der Wortlaut der Schlüssel und Werte beliebig gewählt werden können. Gleichwohl setzen sich in einem kontinuierlichen Prozess (bezogen auf die Häufigkeit ihrer Verwendung) diejenigen Keys und Values durch, die der Community als am besten geeignet erscheinen. Für diese werden dann stets englische Begriffe gebraucht, um ihr internationales Verständnis in der Community zu gewährleisten. Die geometrischen Attribute werden je Map Feature entweder durch Nodes (dt. Stützpunkte), Ways (dt. Linienzüge) oder Relations (dt. Relationen) beschrieben. *Nodes* bestehen aus Angaben zu ihren

Koordinaten und zu ihrer letzten Bearbeitung; sie können als Stützpunkte für den Verlauf von linien- oder flächenhaften Entitäten dienen oder isoliert als Punkte vorkommen. *Ways* bestehen aus einer geordneten Liste von wenigstens zwei Nodes (und haben somit eine Richtung) sowie Angaben zu ihrer letzten Bearbeitung. Sie werden für linienhafte Entitäten verwendet oder auch flächenhafte, falls der erste und der letzte Node in der Liste identisch sind und ein entsprechendes Tag vorliegt, welches den Way als Fläche auszeichnet. *Relations* bestehen aus Angaben zu ihrer letzten Bearbeitung und einer geordneten Liste ihrer Members (dt. Mitglieder) in beliebiger Anzahl samt deren jeweiliger Rolle (dt. Rolle); sie dienen der Modellierung von Topologien und ihre Mitglieder können Nodes, Ways oder weitere Relationen sein.

Auf dem soeben erläuterten *topologischen Datenmodell* (s. Abb. 2-2) basieren sowohl die Organisation der OpenStreetMap-Datenbank als auch das OSM-Datenaustauschformat, genauer gesagt die hierfür jeweils notwendigen Datenschemata (Ramm & Topf, 2009). Nach Bartelme (2005) liegt der Unterschied zwischen Datenmodell und -schema darin, dass letzteres die konkrete, textuell und graphisch formalisiert ausdrückbare Variante des ersteren ist. Ein Datenschema umfasst also die Struktur der Daten, deren Inhalte und die Regeln, die auf sie anwendbar sind.

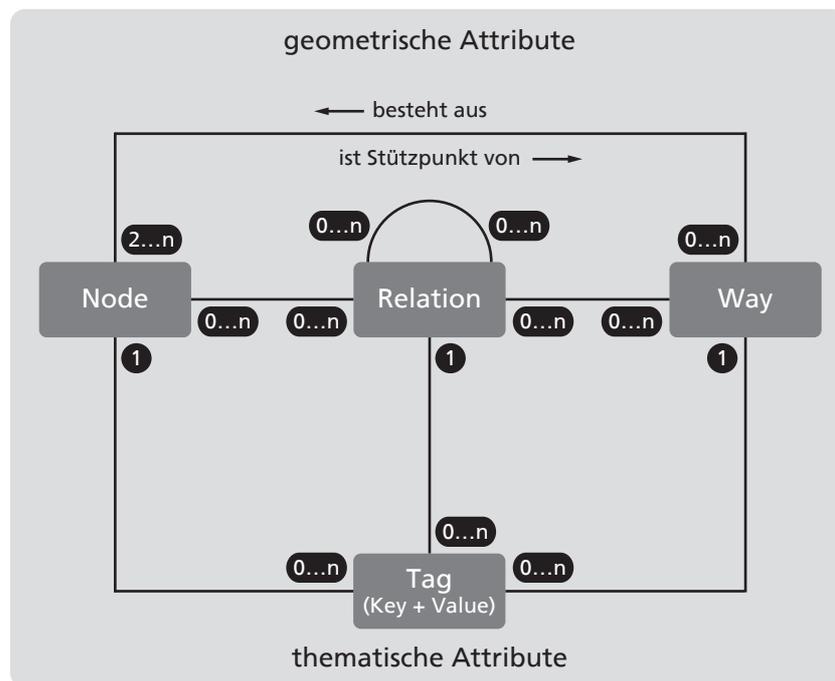


Abb. 2-2 Topologisches Modell der OpenStreetMap-Geodaten (Quelle: Ramm & Topf, 2009, S. 50; abgeändert)

Das *Datenaustauschformat*, das die OSM-Community verwendet, ist das sogenannte OSM-XML-Format, welches auf der textbasierten, für Menschen und Maschinen lesbaren Extensible Markup Language (XML, dt. erweiterbare Auszeichnungssprache) beruht. Da mit der Metasprache XML laut Kemp (2008) die Definition eigener, anwendungsspezifischer Sprachen und baumähnlicher Dokumentstrukturen möglich ist, kann das OSM-XML-Format auch als XML-Dialekt bezeichnet werden. Der einleitenden XML-Deklaration folgt bei diesem das Wurzelement `<osm>` und hiernach eine Liste von Entitäten, wobei zunächst alle Nodes und darauf alle Ways und Relations aufgeführt sind. Optional kann ein `<bound>`-Element verwendet werden, welches jenen Bereich der Erdoberfläche angibt, in dem alle im Dokument aufgeführten Entitäten liegen. Das Attribut `version` des Wurzelements gibt immer die Version des OSM-Protokolls an und damit diejenige des benutzten OSM-XML-Formats (Ramm & Topf, 2009). Exemplarisch ist nachfolgend ein Ausschnitt aus einer beispielhaften OSM-XML-Datei dargestellt – mit einer Metzgerei als Node, einer Bundesstraße und einem See als linienhafte und flächenhafte Ways sowie einem Grenzverlauf als Relation zur Abbildung seiner Eigenschaft als Inselpolygon:

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<osm version='0.6' generator='openStreetMap server'>
  <bounds minlat='-33' minlon='92' maxlat='-32' maxlon='93' />
  <node id='42' lat='-32.8739031' lon='92.7248729' user='mumpitz'
```

```

        timestamp='2008-08-08 08:08:08' visible='true'>
        <tag k='shop' v='butcher' />
        <tag k='name' v='Metzgerei Fleischer' />
    </node>
    ...
    <way id='442' timestamp='2006-11-11 04:55:21' user='mumpitz' visible='true'>
        <nd ref='24242' />
        <nd ref='87252' />
        <nd ref='24215' />
        <nd ref='83857' />
        <tag k='highway' v='secondary' />
        <tag k='maxspeed' v='70' />
    </way>
    <way id='27' timestamp='2008-03-12 07:59:11' user='mumpitz' visible='true'>
        <nd ref='31492372' />
        <nd ref='31492338' />
        <nd ref='31492369' />
        <nd ref='31492372' />
        <tag k='natural' v='water' />
        <tag k='name' v='Wassersee' />
    </way>
    ...
    <relation id='120022' timestamp='2009-02-22 08:29:21' user='mumpitz'>
        <member type='way' ref='2878061' role='outer' />
        <member type='way' ref='8125153' role='inner' />
        <tag k='type' v='multipolygon' />
        <tag k='boundary' v='administrative' />
        <tag k='admin_level' v='6' />
    </relation>
    ...
</osm>

```

Der räumliche Bezug der OSM-Geodaten wird in direkter Weise durch ein sphärisches Polarkoordinatensystem hergestellt, nämlich durch geographische Koordinaten (geographische Breite und Länge) unter Verwendung des Bezugssystems World Geodetic System 1984 (WGS 84) als geodätisches Datum, welches auch die geodätische Grundlage des GPS bildet (Ramm & Topf, 2009). Die Geodaten werden dabei lediglich zweidimensional gespeichert, weshalb bislang keine Höheninformationen in OpenStreetMap hinterlegt sind.

## E Kommunikation und Dokumentation im OpenStreetMap-Projekt

Die wichtigsten Kommunikationsplattformen, welche die OpenStreetMap-Community bereitstellt, sind Internetforen, und zwar verschiedene *Webforen* und *Mailinglisten*. Bezüglich der ersteren ist vor allem jenes von Bedeutung, welches unter <http://forum.openstreetmap.org> (Stand: 16. März 2009) zu erreichen ist, nach unterschiedlichen Themen und nationalen Nutzergruppen aufgeteilt ist und einen Ort zum Austausch sowie zur Archivierung von Meinungen, Wissen und Erfahrung darstellt. Die Mailinglisten, die ebenfalls nach Themenbereichen und nationalen Nutzergruppen unterteilt sind, haben jedoch innerhalb der Community eine größere Bedeutung und werden stärker genutzt.

Die Dokumentation des OpenStreetMap-Projekts findet nicht nur in den Internetforen statt, sondern auch in einem eigens hierfür geschaffenen *Wiki*, einem System, welches nach Danowski und Voss (2005) das Einsehen und einfache Ändern von textlichen Inhalten online ermöglicht. Die OpenStreetMap-Community nutzt das Wiki hauptsächlich für die Diskussion und Dokumentation von Vorgehensweisen hinsichtlich der Erfassung und Modellierung von Map Features. Auf einzelnen Wiki-Seiten werden Möglichkeiten für den Aufbau von Tags vorgeschlagen, diskutiert und schließlich einer Abstimmung unterzogen, deren Ausgang über die weitgehende Akzeptanz der Tags entscheidet. Dennoch können die Tags nach wie vor beliebig gewählt werden und sind durch einen kontinuierlichen Diskussionsprozess gelegentlichen Änderungen und Verbesserungen unterzogen, weswegen das Wiki auch nicht als *die* Modellierungsanleitung angesehen werden sollte, sondern lediglich als *eine* Modellierungshilfe (Ramm & Topf, 2009).

### **Zusammenfassung: OpenStreetMap**

OpenStreetMap ist ein Projekt zur Gewinnung und Bereitstellung freier, unter einer Creative-Commons-Lizenz stehender Geodaten. Diese werden von den am Projekt Beteiligten – der OpenStreetMap-Community – zumeist mittels GPS-Empfängern und einer anschließenden Bearbeitung der Rohdaten erfasst und in einer zentralen Datenbank gespeichert, der wichtigsten technischen Komponente des OpenStreetMap-Projekts. Für die Darstellung der im Vektorformat vorliegenden Geodaten als pixelbasierte Karte im Webbrowser greifen die hierfür benötigten Rendering-Systeme entweder über eine Programmierschnittstelle direkt auf die Datenbank zu oder aber bedienen sich eines regelmäßigen Dumps der Datenbank. Neben der als Editierschnittstelle fungierenden, interaktiven Web-Darstellung der Weltkarte unter <http://www.openstreetmap.org> (Stand: 16. März 2009) existiert noch eine Vielzahl weiterer Anwendungen, die auf den OpenStreetMap-Geodaten aufbauen. Das topologische Datenmodell, auf dem die OSM-Daten beruhen, sieht für jedes beschriebene Geoobjekt ein Map Feature vor, dessen geometrische Eigenschaften entweder als Node (Stützpunkt mit zweidimensionalen, geographischen Koordinaten), Way (aus mehreren Nodes bestehende Linie oder Fläche) oder Relation (zur Modellierung von Topologien) beschrieben werden. Die thematischen Attribute eines jeden Map Features werden durch ein oder mehrere Tags beschrieben, welche jeweils aus einem Key und einem dazugehörigen Value bestehen, die beide beliebig gewählt werden können. Die Kommunikation innerhalb des OpenStreetMap-Projekts findet in Internetforen statt, die Dokumentation in einem Wiki.

## II.2 Öffentlicher Personennahverkehr

Was ist öffentlicher Personennahverkehr? Zur Beantwortung dieser scheinbar trivialen Frage verschafft dieses Unterkapitel zunächst einen zusammenfassenden Überblick über den Verkehr im Allgemeinen. Hernach wird der ÖPNV in diesen eingeordnet und sodann werden die Abgrenzungsmerkmale des ÖPNV benannt und dessen Organisation (Verantwortungsträger, Bereitsteller und Tarifgestaltung) sowie dessen technische und planerische Realisierung (Verkehrsmittel, Halte, Linien, Netze, Fahrpläne) beschrieben. Dabei stützen sich die Erläuterungen aller genannten Teilaspekte auf eine Auswahl an allgemeiner sowie spezieller Fachliteratur.

### A Verkehr allgemein

Im weiten und ursprünglichen Sinne umfasst der Begriff *Verkehr* die vielfältigen Ausprägungen sozialer Interaktion menschlicher Akteure oder einfacher ausgedrückt die Beziehungen von Menschen zueinander. Deutlich macht dies Fochler-Hauke (1976) durch die Betrachtung von Wörtern wie Fremdenverkehr, Geschäftsverkehr, Zahlungsverkehr oder Ausdrücken wie dem »Verkehren in besseren Kreisen«. In den Wissenschaften, die sich mit ihm beschäftigen (es seien hier die Verkehrswissenschaften und die Verkehrsgeographie besonders hervorgehoben), bezeichnet der Verkehr jedoch im engeren Sinne alle Vorgänge, die einer räumlichen Veränderung des Ortes von Personen, Gütern (materiellen Gegenständen) oder Informationen (Nachrichten und Daten) dienen (Ammoser & Hoppe, 2006). Bei diesen Ortsveränderungen finden im einfachsten Fall Bewegungen von einem Quell- zu einem Zielort entlang von Wegen statt, die vorgezeichnet sind und dabei räumliche Distanzen und physische Hindernisse überwinden. Solche Wege können als Kanten von Netzwerken beschrieben werden, die zumeist mit Routen von raumbundenen, materiellen Verkehrsinfrastrukturen gleichzusetzen sind, da zur Ortsveränderung vorwiegend technische Hilfsmittel (Fahrzeuge) in Anspruch genommen werden (Fochler-Hauke, 1976; Nuhn & Hesse, 2006). Andere Sprachen (primär des angelsächsischen Sprachraums) und oft auch die deutsche Umgangssprache verwenden den Begriff Verkehr eher im Sinne von Transport, dessen Bedeutung aber beim ökonomisch motivierten Prozess der tatsächlichen physischen Beförderung von Personen oder Gütern angesiedelt ist. So werden zum Beispiel weder das einfache Zufußgehen durch ihn abgedeckt noch das Telefonieren oder die Leerfahrt eines Busses. Transport ist also stets nur als ein Bestandteil des Verkehrs zu verstehen (Ammoser & Hoppe, 2006; Köberlein, 1997). Seltener wird auch die Logistik als Synonym für den Verkehr missverstanden; diese versteht Ihde (2001) jedoch als umfassende Theorie, die sich mit der Planung, Steuerung und Koordination von Personen-, Güter-, und Informationsströmen in unterschiedlichen Systemen beschäftigt und damit auch den Verkehr umfasst, der wiederum den Transport einschließt.

Die notwendige Voraussetzung und zugleich der Rahmen für den Ablauf von Verkehrsprozessen (die ugs. Pluralform »Verkehre« ist zu vermeiden) bildet das *Verkehrswesen* (ein Begriff, der ugs. oftmals fälschlicherweise als Synonym für den Verkehr verwendet wird), welches nach Ammoser und Hoppe (2006) alle sozialen, wirtschaftlichen sowie technischen Einrichtungen und Prinzipien umfasst, die für Verkehrsvorgänge notwendig sind. Hierunter fallen neben anderen die Verkehrswirtschaft (mit den Verkehrsunternehmen, welche als Produzenten von Dienstleistungen und Gütern für den Verkehrsmarkt fungieren), die Verkehrspolitik und die öffentliche Verkehrsverwaltung, die Verkehrswissenschaften sowie die VerkehrsteilnehmerInnen und -mittel, welche als »Treibstoff« der Ortsveränderungsprozesse dienen und ohne die kein Verkehr möglich wäre. Das Bedürfnis nämlich der VerkehrsteilnehmerInnen, räumliche Trennung zu überwinden, ist die Ursache für die Existenz von Verkehrsprozessen (Ammoser & Hoppe, 2006).

Ein wichtiger Bestandteil des Verkehrswesens sind nach Glißmeyer (1985) sowie Köberlein (1997) auch die oben genannten technischen beziehungsweise *materiellen Verkehrsinfrastrukturen*, die zusammengesetzt sind aus den linienhaften (also der Gesamtheit der Verkehrswege: Straßennetze, Schienenwege, Binnenwasser-, Seewasser- und Luftverkehrsstraßen, Rohrleitungen und Telekommunikationswege) und den punkthaften Infrastrukturelementen (also den jeweiligen Halten und Zugangsstellen, z.B. Bushaltestellen, Bahnhöfe, Parkhäuser). Neben den materiellen wird zusätzlich zwischen personellen (Beschäftigte in der Verkehrsverwaltung und den Verkehrsunternehmen) und institutionellen Verkehrsinfrastrukturen (verkehrsspezifische Normen und Regelungen) unterschieden.

Da der Verkehr eine Vielzahl von Erscheinungsformen annehmen kann und in nahezu allen Bereichen des menschlichen Wirkens eine signifikante Rolle spielt, lässt er sich nach verschiedenerlei Merkmalen differenzieren und kategorisieren. Solche Unterscheidungen werden in der Fachliteratur mit *Verkehrsarten* bezeichnet. Nach Ammoser und Hoppe (2006), Glißmeyer (1985) sowie Köberlein (1997) können die folgenden Bestimmungsmerkmale als die wichtigsten Kriterien für die Abgrenzung von unterschiedlichen Verkehrsarten herangezogen werden:

- Gegenstand: Personen-, Güter- oder Nachrichtenverkehr,
- Zugänglichkeit: öffentlicher oder nichtöffentlicher Verkehr,
- Umfang: Individual- oder Massenverkehr, und
- räumliche Entfernung: Fern- oder Nahverkehr.

Ferner existieren neben anderen noch die folgenden, weniger wichtigen Abgrenzungskriterien:

- ausführendes Subjekt: Eigen- oder Fremdverkehr,
- Zweck: Berufs-, Dienst-, Freizeit-, Urlaubs-, Wirtschaftsverkehr usw.,
- Wochentag: Feiertags-, Werktags- oder Wochenendverkehr,
- Verkehrsmittel: Eisenbahn-, Flug-, Schiffsverkehr usw.,
- Verkehrsträger: Land-, Luft-, Weltraumverkehr, Schifffahrt,
- räumliche Abgrenzung: Binnen- oder internationaler Verkehr,
- mögliche Verbindung: direkter oder gebrochener Verkehr, und
- Abwicklungsart: Bedarfs-, Charter- oder Linienverkehr.

Sind die Gegenstände von Ortsveränderungsprozessen Personen, so sprechen Ammoser und Hoppe (2006) sowie Glißmeyer (1985) vom *Personenverkehr*. Die Ursachen für dessen Entstehung sind individuelle, ökonomische oder gesellschaftliche Bedürfnisse der VerkehrsteilnehmerInnen, räumliche Trennungen zu überwinden. Der Personenverkehr umfasst sowohl alle technischen, organisatorischen und ökonomischen Bedingungen der Verkehrsprozesse als auch die verkehrenden Personen selbst. Da materielle Gegenstände (sofern sie keine autonomen Verkehrsmittel sind) nicht selbständig verkehren, setzt die Fachliteratur den Begriff *Güterverkehr* mit *Gütertransport* gleich, denn es besteht in diesem Zusammenhang stets ein ökonomisch motivierter Vorgang der tatsächlichen physischen Beförderung von Gütern (Ammoser & Hoppe, 2006; Glißmeyer, 1985). Unterscheidungsmerkmale der transportierten Güter sind deren Art (Energie, Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase, Stück-, Schüttgüter, Transporte mit Übergröße oder Schwertransporte) und deren Sendungsgröße (Klein-, Massen- oder Schwergüter). Der *Nachrichtenverkehr* müsste eigentlich als Informationsverkehr bezeichnet werden, da Daten und Nachrichten – die Arbeitsgegenstände des Nachrichtenverkehrs – unter dem Begriff Informationen zusammengefasst werden. Hierbei sind Daten Informationsformen, welche nicht redundant sind und sowohl aus Maschinen stammen als auch an Maschinen gerichtet sind. Man unterscheidet heute im Wesentlichen folgende Nachrichtenverkehrsarten: Daten-, Brief- und Kleingut-, Fernkopier- (Telefax), Fernschreib- (Telegramm), Fernsprechverkehr (Festnetz, Mobilfunk und Internet-Protokoll-Telefonie) sowie Rundfunk (ebd.).

*Öffentlicher Verkehr* zeichnet sich dadurch aus, dass die von ihm abgedeckten Prozesse und Dienstleistungen der Bevölkerung einer Volkswirtschaft unter homogenen Bedingungen und ohne Einschränkungen allgemein zugänglich sind, jeweils unter Berücksichtigung der geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen. Die abgedeckten Prozesse und Dienstleistungen umfassen den öffentlichen Güterverkehr, öffentlich zugängliche Post- und Telekommunikationsdienstleistungen, Ver- und Entsorgungsdienste sowie vor allem die öffentliche Personenbeförderung (Ammoser & Hoppe, 2006; Glißmeyer, 1985; Köberlein, 1997). Die Verantwortung für den öffentlichen Verkehr obliegt gemäß Ammoser und Hoppe (2006) staatlichen Institutionen; ausgeführt wird er von speziellen Verkehrsunternehmen unter bestimmten Bedingungen und Vorschriften, die insbesondere Preise und Fahrpläne betreffen. Im Gegensatz zum öffentlichen steht der *nichtöffentliche Verkehr*, auf den die oben genannten Merkmale nicht zutreffen, da er durchweg nur einem eingeschränkten und konkreten TeilnehmerInnenkreis zugänglich ist – Beispiele sind der Vertrags- und der Werkverkehr. Seine wichtigste Ausprägung aber ist der nichtöffentliche *Individualverkehr* (selten auch Privatverkehr genannt). Die/der Einzelne benutzt hierbei ein ihr/ihm zur Verfügung stehendes Verkehrsmittel, welches entweder motorisiert oder nichtmotorisiert sein respektive aus den eigenen Füßen oder einem Reittier bestehen kann, und entscheidet in aller Regel selbst über Zeiten, Routen und Ziele, um ihre/seine persönlichen Verkehrsbedürfnisse direkt zu befriedigen. Jedoch existiert auch ein öffentlicher Individualverkehr, beispielsweise der Taxi- oder Mietfahrzeugverkehr in der Personenbeförderung (Glißmeyer, 1985; Köberlein, 1997).

Überlagern sich die Bedürfnisse einzelner VerkehrsteilnehmerInnen und führen so zu einer hohen räumlichen oder zeitlichen Dichte des Verkehrsaufkommens, so spricht Glißmeyer (1985) von *Massenverkehr*, der im Gegensatz zum Individualverkehr steht, obwohl die quantitative Abgrenzung zu diesem unscharf und oft fließend ist: Dabei ist das Verkehrsaufkommen nach Ammoser und Hoppe (2006) eine Größe zur Bestimmung beförderter/transportierter/übermittelter Personen/Güter/Informationen in bestimmten räumlichen und zeitlichen Intervallen.

Fast immer im Zusammenhang mit dem Gütertransport und der Personenbeförderung wird zwischen *Fernverkehr* und *Nahverkehr* unterschieden: Ersterer drückt die realisierte Ortsveränderung über »weite«, letzterer über »nahe« Distanzen aus, wobei sich keine expliziten Entfernungsbereiche festlegen lassen, da diese zu sehr von technischen, ökonomischen und geographischen Gegebenheiten sowie von den jeweiligen Rahmenbedingungen der Volkswirtschaften abhängig sind. In Deutschland hingegen regelt das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) solche Entfernungsbereiche auf willkürlich festgelegte Art und Weise. Es gelten in der öffentlichen Personenbeförderung der Umkreis von 50 km oder eine Stunde Reisezeit um ein Nahverkehrszentrum als Nahzone. Lange Zeit definierte das Güterkraftverkehrsgesetz die Nahzone im Gütertransport als 75-km-Umkreis um den Standort des Transportmittels, jedoch wurde diese Regelung im Zuge der Liberalisierung des Güterverkehrsmarkts ab Ende der 1990er Jahre aufgehoben (Ammoser & Hoppe, 2006; Glißmeyer, 1985; Köberlein, 1997). Hackh (1955) teilt den Nahverkehr nochmals in Siedlungsverkehr einerseits und Bezirksverkehr andererseits auf, wobei ersterer die innerhalb einer Siedlung (eines Nahverkehrszentrums) auftretenden Verkehrsprozesse umfasst und letzterer jene einer Siedlung und ihrer Umgebung innerhalb der Nahzone.

Nachfolgend findet sich ein Schaubild (s. Abb. 2-3), welches die vier wichtigsten Abgrenzungskriterien und die daraus resultierenden unterschiedlichen Verkehrsarten nochmals aufzeigt:

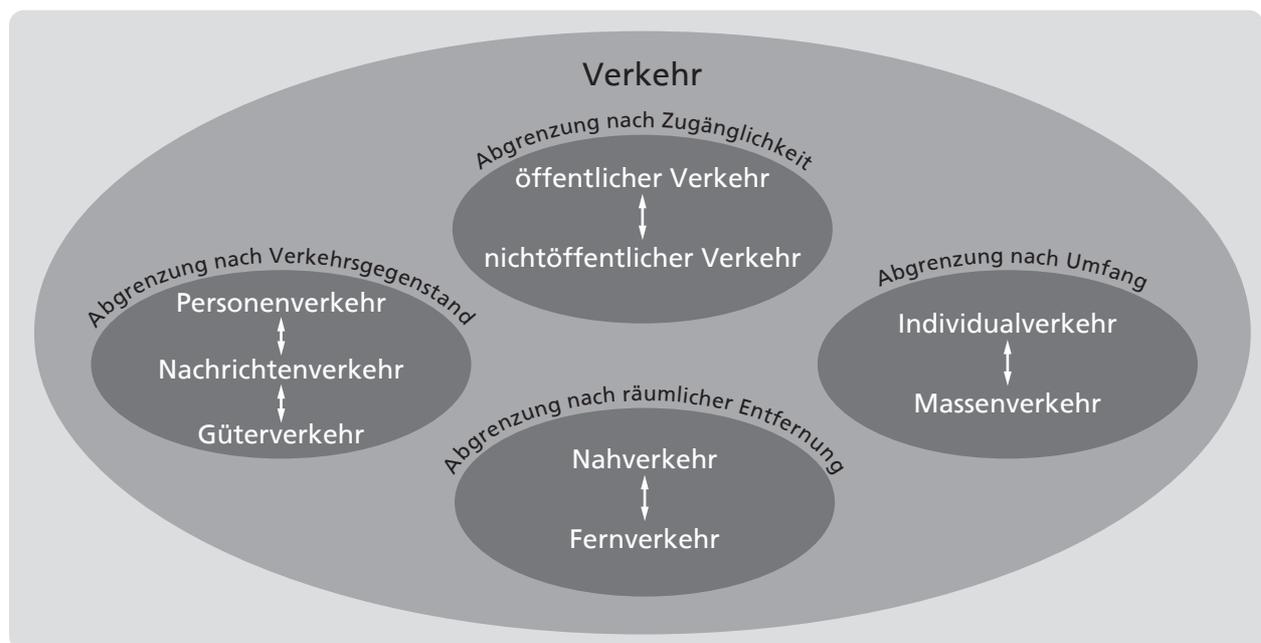


Abb. 2-3 Wichtigste Verkehrsarten und deren Abgrenzungskriterien

## B Einordnung des öffentlichen Personennahverkehrs

Der Terminus *öffentlicher Personennahverkehr* entstammt dem Personenbeförderungsgesetz der Bundesrepublik Deutschland und weist damit einen spezifisch rechtswissenschaftlichen Bedeutungsinhalt auf. Den Vorschriften des PBefG unterliegt die genehmigungspflichtige, gewerbliche, allgemein zugängliche Personenbeförderung mit motorisierten Verkehrsmitteln im Linienverkehr (oder in anderen Formen) zur Befriedigung von Verkehrsbedürfnissen im Nah- und Fernbereich (Köberlein, 1997; VDV, 1992). Neben dem ÖPNV im Nahverkehr sieht das PBefG einen öffentlichen Personenfernverkehr (ÖPFV) vor, der de facto fast ausschließlich aus dem Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) besteht, da beispielsweise die Einrichtung von Buslinien im Fernverkehr de jure nur dann genehmigt wird, wenn dieselbe Verkehrsleistung nicht bereits durch andere

Verkehrsmittel erbracht wird. Desweiteren gliedert das PBefG den ÖPNV, der dadurch definiert ist, dass seine Beförderungsfälle eine Reiseweite von 50 km oder eine Gesamtreisezeit von einer Stunde überwiegend nicht überschreiten, in öffentlichen Straßenpersonennahverkehr (ÖSPV) und Schienenpersonennahverkehr (SPNV), der wiederum dem Allgemeinen Eisenbahngesetz unterliegt (Ammoser & Hoppe, 2006; Köberlein, 1997; VDV, 1992).

In anderen Staaten respektive Volkswirtschaften lässt sich der Begriff ÖPNV (der Einfachheit wegen sei fortan jeder öffentliche Personenverkehr im Nahbereich als ÖPNV bezeichnet, unabhängig vom Staat, in dem er stattfindet) nicht so klar definieren und abgrenzen, obwohl es einige Ausnahmen gibt (darunter Österreich, wo ein dem PBefG sehr ähnlicher rechtlicher Rahmen besteht). Ebenso gibt es keine internationalen oder gar globalen oder allgemeingültigen Definitionen, jedoch wurden die einzelnen Bestandteile, aus denen sich der Begriff öffentlicher Personennahverkehr zusammensetzt, bereits ausführlich erläutert, da sie jeweils eine eigene Verkehrsart ausmachen (s. Abschn. A). Hinzu kommt, dass sich der öffentliche Personenverkehr im Allgemeinen – insbesondere derjenige im Nahbereich – durch eine Reihe von Aufgaben und Eigenschaften beschreiben lässt, die er in den meisten Volkswirtschaften aufweist (Ammoser & Hoppe, 2006; Köberlein, 1997). So stellen die öffentlichen Dienstleistungen für Personen im Nahverkehr nach Ammoser und Hoppe (2006) in aller Regel eine staatliche Leistung im Rahmen der *Daseinsvorsorge* dar, das heißt, sie sichern allen Staatsbürgern eine gewisse Grundversorgung an Mobilität, um ihnen lebensnotwendige Aktivitäten zu ermöglichen, für die meist Ortsveränderungen notwendig sind (z.B. Berufsausübung, Einkaufen, Schulbesuch etc.). Dies gilt besonders für Staatsbürger, die aus Alters-, wirtschaftlichen oder sonstigen Gründen nicht zur Teilnahme am Individualverkehr in der Lage sind. Hackh (1955) nennt die Aufgaben des ÖPNV zusammenfassend *gemeinwirtschaftliche Pflichten*:

- Beförderungspflicht: Gewährleistung der allgemeinen Zugänglichkeit der Dienstleistungen,
- Betriebspflicht: Aufrechterhaltung des Betriebs auch bei ökonomischen Verlusten,
- Fahrplanpflicht: Bereitstellung einer Mindestzahl an Beförderungsaktivitäten, und
- Tarifpflicht: Ausschluss etwaiger Willkür bei den Beförderungstarifen.

Wichtige Eigenschaften des ÖPNV sind nach Bölke (2006) die Möglichkeit, eine große Zahl an Fahrgästen (bzw. Passagieren) gleichzeitig zu befördern, der geringere Flächenbedarf der Verkehrswege und -mittel, der verminderte Kraftstoffverbrauch und die niedrigeren Kohlenstoffdioxid-Emissionen im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr; desgleichen zeigen Statistiken, dass die Unfallrisiken im ÖPNV erheblich geringer sind als in anderen Verkehrsarten. Darüberhinaus stellt der ÖPNV für Droste (1976) einen bedeutenden gesellschaftlichen Faktor dar, weil er einen wesentlichen Einfluss auf die Lebensqualität der Staatsbürger hat, aber auch einen wirtschaftlichen Faktor, da er (wenn er gut ausgebaut ist) auf die Entwicklung von Räumen stimulierend wirken kann. Ein weiterer wichtiger Aspekt im Hinblick auf den öffentlichen Personennahverkehr ist dessen vorwiegende Eigenschaft als Massenverkehrssystem (Ausnahmen sind der Taxi- oder der Mietfahrzeugverkehr), denn bei einer hohen räumlichen oder zeitlichen Dichte des Verkehrsaufkommens entsteht hier durch Bündelung von Transportkapazitäten eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber dem Individualverkehr (Ammoser & Hoppe, 2006; Gleißmeyer, 1985). Diese Eigenschaft wird auch durch den Blick auf die englische Sprache deutlich, in deren Gebrauch die Begriffe »mass transit« (dt. Massenverkehr) und »public transport« (dt. öffentlicher (Personennah-)Verkehr) häufig synonym verwendet werden (Ammoser & Hoppe, 2006). Außerdem unterstreicht nachfolgendes Schaubild (s. Abb. 2-4) diesen Charakter des öffentlichen Personenverkehrs im Nah- und Fernbereich, indem es diesen dem Individualverkehr in einem Schema gegenüberstellt, welches das Zusammenwirken mehrerer Verkehrsarten aufzeigt:

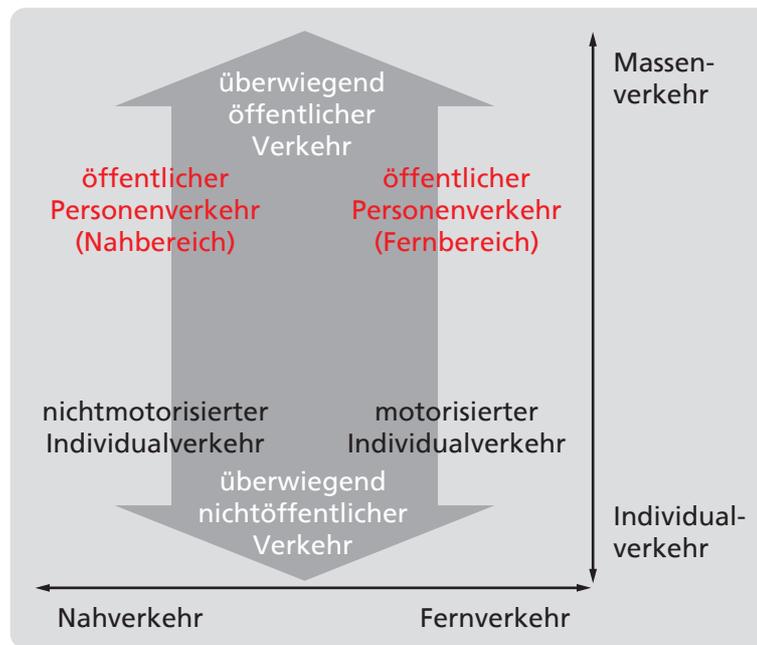


Abb. 2-4 Öffentlicher Personenverkehr im Zusammenwirken mehrerer Verkehrsarten

### C Organisation des öffentlichen Personennahverkehrs

Wie bereits zuvor angedeutet, obliegt die Verantwortung für den öffentlichen Verkehr im Allgemeinen und dem öffentlichen Personennahverkehr im Besonderen staatlichen Institutionen, die folglich als deren Träger fungieren (s. Abschn. A). In der Regel sind dies die Institutionen der Verkehrspolitik und der Verkehrsverwaltung, welche mittels verschiedener politischer oder administrativer Instrumente überhaupt erst die Voraussetzungen für einen funktionierenden öffentlichen Verkehr schaffen (Ammoser & Hoppe, 2006; Risch & Lademann, 1957). In Deutschland etwa sind für den SPNV die Länder und für den ÖSPV die Kreise oder kreisfreien Städte verantwortlich, die sich zumeist in einem *Verkehrsverbund* rechtlich und organisatorisch zusammenschließen, um so den ÖPNV gemeinsam und besser abgestimmt durchführen zu können. So gilt innerhalb der Verbände generell die Regel, dass alle Dienstleistungen des ÖPNV – unabhängig vom jeweiligen Bereitsteller – zum gleichen Tarif zugänglich sein müssen. Ferner werden parallele Dienstleistungen mehrerer Bereitsteller innerhalb eines Verbundes nach Möglichkeit vermieden und wesentliche Zuständigkeiten zentralisiert. Die Fläche eines Verkehrsverbundes (das Verbundgebiet) wird meist unterteilt in kleinere Einheiten mit einheitlichen Tarifen (Waben oder Tarifzonen), wodurch sich der Gesamttarif für eine Dienstleistung an der Zahl der durchfahrenen Einheiten bemisst (Knieps, 2006; VDV, 1992).

Gemäß Ammoser und Hoppe (2006) obliegt die Bereitstellung und Ausführung von öffentlichen Verkehrsdienstleistungen im Normalfall einzelnen *Verkehrsunternehmen*, wobei in Ausnahmefällen auch staatliche Institutionen direkt Basisdienste ausführen können – etwa in Fällen starker Unrentabilität. Verkehrsunternehmen weisen unterschiedliche Rechts- und Eigentumsformen auf. In Europa zum Beispiel waren sie in früheren Jahren überwiegend in staatlichem oder kommunalem Besitz, heute steigt dagegen der Anteil privater Eigentümer auf Grund der europaweit fortschreitenden Liberalisierung des Verkehrswesens (Ammoser & Hoppe, 2006). Diese Privatunternehmen müssen zwar ebenfalls für allgemein zugängliche Dienstleistungen sorgen und der Daseinsvorsorge dienen, unterliegen aber nicht den oben genannten gemeinwirtschaftlichen Pflichten. Staatliche und kommunale Unternehmen erscheinen häufig in der Form von *Verkehrsbetrieben*, das heißt organisatorischen Einheiten zur Erbringung öffentlicher Verkehrsdienstleistungen. Allen Verkehrsunternehmen ist zumeist gemein, dass sie sich für die Bereitstellung öffentlicher Verkehrsdienstleistungen ausdrückliche staatliche Konzessionen (Bewilligungen) einholen müssen; beauftragt werden die Unternehmen färgewöhnlich nach landesweiten Ausschreibungen (ebd.). Die Rechtsbedingungen zwischen Verkehrsunternehmen und deren Fahrgästen regeln laut VDV (1992) entweder gesetzlich festgeschriebene Beförderungsbedingungen oder aber die Geschäftsbedingungen der einzelnen Unternehmen.

International organisiert sind viele Verkehrsunternehmen in der Union Internationale des Transports Publics (UITP), dem Weltverband für Erbringer öffentlicher Verkehrsdienstleistungen mit über 3.000 Mitgliedern. Das nationale deutsche Äquivalent zur UITP ist der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) mit mehr als 500 Mitgliedern.

Als (Beförderungs-) *Tarif* wird die Zusammenstellung der für die Personenbeförderung im ÖPNV allgemein verbindlichen Entgelte bezeichnet, die somit alle Preise für Fahrausweise und etwaige Zuschläge umfasst. Tarife bedürfen – wie auch die Verkehrsunternehmen selbst, die sie aufstellen – staatlicher Konzessionen und werden je nach Aufwands- und Nachfragesituation von den Verkehrsunternehmen kalkuliert (VDV, 1992). Um etwaige Willkür bei den Beförderungstarifen auszuschließen, besteht im ÖPNV die *Tarifflicht*: Nach dieser muss jeder Fahrgast unter gleichen Beförderungsbedingungen das gleiche Entgelt zahlen; auch müssen entlegene Gebiete und Ballungsräume tarifarisch gleich behandelt werden (Hackh, 1955).

## D Öffentliche Verkehrsmittel

*Öffentliche Verkehrsmittel* im ÖPNV nennt der VDV (1992) diejenigen Fahrzeuge, die für die Beförderung von Fahrgästen (bzw. Passagieren) zur Verfügung stehen. Da sie häufig eine große Zahl an Personen gleichzeitig befördern müssen (ergo im Massenverkehr eingesetzt werden), gelten die meisten auch als Massenverkehrsmittel. Moderne Fahrzeuge, hoher Komfort und ein großes Platzangebot sind zwar selten die Regel, jedoch kennzeichnend für einen hohen Bedienungsstandard (Glißmeyer, 1985). Eingesetzt im ÖPNV finden sich die folgenden wichtigsten Verkehrsmittel:

- Bus (und Metrobus, Schnellbus, Shuttlebus),
- Oberleitungsbus,
- Spurbus,
- Taxi,
- Regionalbahn,
- Schnellbahn / Vorortbahn,
- Stadtbahn,
- Stadtschnellbahn,
- Straßenbahn, und
- Personenfähre.

Der Terminus Kraftomnibus ist laut VDV (1992) die in Deutschland amtliche Bezeichnung eines Straßenfahrzeugs, welches mehr als acht Personen befördern kann, und auch Autobus, Omnibus oder einfach *Bus* (s. Abb. A-1) genannt werden kann. Im ÖPNV-Einsatz verfügt dieses Verkehrsmittel über einen hohen Stehplatzanteil und breite Türen für den Ein- und Ausstieg. Angetrieben werden Busse meist von Diesel- oder Gasmotoren; Varianten sind der Minibus (mit einer Kapazität von bis zu 20 Fahrgästen), der Midibus (Kapazität ca. 20 bis 40 Fahrgäste), der Doppeldeckerbus (mit zwei Etagen) und der Gelenkbus (Glißmeyer, 1985; VDV, 1992). Die wichtigste Rolle des Busses im ÖPNV großer Städte ist nach Hackh (1955) oftmals diejenige des Zubringers oder Verteilers für Stadt- oder Straßenbahnen. Gemäß Risch und Lademann (1957) ist der große Vorteil des Busses seine Freizügigkeit, da er dynamisch auf Störungen oder Umleitungen reagieren kann. Darüberhinaus sind für den Betrieb von Bussen keine spezialisierten oder ausgebauten Verkehrswege notwendig, sondern es reicht das vorhandene Straßennetz aus, weswegen sich der Bus als bestimmendes Verkehrsmittel für den ÖPNV in kleineren Siedlungen oder in ländlichen Gebieten hervorrangend eignet. Separate Busfahrstreifen (auch: Busspuren) sind gemäß dem VDV (1992) von der übrigen Fahrbahn durch Markierungen abgetrennte Richtungsfahrstreifen, die nur von Omnibussen im Linienverkehr oder auch zusätzlich von Taxis und Fahrrädern befahren werden dürfen. In jüngerer Zeit haben sich vom normalen Busbetrieb abweichende Konzepte entwickelt wie der *Schnellbus* (auch: Eilbus, Expressbus), der sich durch größere Haltestellenabstände, verkürzte Taktzeiten und das Verkehren auf schnelleren Straßenverbindungen auszeichnet, wobei jeweils entweder eines oder mehrere dieser Merkmale zutreffen können. Neben den Schnellbussen, die meist als Ergänzungsangebote betrieben werden, gibt es zumeist als Sonderlinien betriebene *Shuttlebusse* (auch: Direktbusse, Pendelbusse), die ohne oder mit sehr wenigen Zwischenhalten zwischen zwei Punkten verkehren, sowie *Metrobusse* (intl. Busway), die ein eigenständiges Angebot mit kurzen Taktzeiten und langen Betriebszeiten darstellen (VDV, 1992). Eine weitere Sonderform im Busverkehr ist der Schüler-

verkehr mit *Schulbussen*, der unter Ausschluss anderer Fahrgäste Schüler befördert (ebd.).

Ein *Oberleitungsbus* (s. Abb. A-2), der sich international als Trolleybus benannt findet, ist ein nicht spur-, dafür aber fahrleitungsgebundenes, elektrisch angetriebenes Straßenfahrzeug für den Einsatz im ÖPNV, der vor allem für kleinere und mittlere Siedlungen geeignet ist, die über die entsprechende Infrastruktur verfügen (Glißmeyer, 1985; VDV, 1992).

Sowohl Omnibusse als auch Oberleitungsbusse können streckenweise oder permanent auf spurähnlichen Fahrwegen zwangsgeführt verkehren und werden in diesem Falle als *Spurbus* oder Busbahn (s. Abb. A-3) bezeichnet. Die speziellen Fahrwege zeichnen sich aus durch elektronische oder mechanische Einrichtungen (Führungsschienen), welche die Querführung des Fahrzeugs steuern und es damit in der vorgesehenen Spur halten. Bisweilen – vor allem dann, wenn die eingesetzten Fahrzeuge eher Straßenbahnen ähneln – werden Spurbusse auch als gummibereifte Straßenbahnen bezeichnet (VDV, 1992).

*Taxis* (s. Abb. A-4), die in den Bereich des öffentlichen Individualverkehrs fallen, sind besonders gekennzeichnete Personenkraftwagen (Pkw) zur Beförderung von Personen, die durch Fahrpreisanzeiger über das Entgelt der Beförderung informiert werden. Sie sammeln sich meist an einem Taxistand, das heißt an einem durch entsprechende Beschilderung ausgewiesenen Warteplatz, an denen Fahrgäste zusteigen können. Bestellt werden können Taxis im öffentlichen Straßenraum zudem mittels gekennzeichnete Rufsäulen. Die Variante Wassertaxi verkehrt auf Binnenwasserstraßen als kleines Wasserfahrzeug (Glißmeyer, 1985; VDV, 1992).

*Regionalbahnen* (s. Abb. A-5; engl. regional rail) unterscheiden sich zwar in manchen Staaten (so etwa in Deutschland) bezüglich ihrer Reichweite oder ihrer bau- und betrieblichen Rechtsgrundlagen, jedoch spielen diese Differenzen bei einer internationalen Betrachtungsweise des ÖPNV nur eine untergeordnete Rolle. Sie verbinden Städte und Gemeinden in der Region, bedienen ländliche Gebiete und verbinden Ballungsräume mit deren Umland (VDV, 2000). Als Fahrzeuge werden laut VDV (1992) elektrische oder mit Dieselmotor ausgestattete Triebwagen oder Wendezüge mit Triebfahrzeugen eingesetzt. Es werden dabei in allen Fällen die vorhandenen Infrastrukturen der Eisenbahnen (s. Abb. C-4, C-5) ausgenutzt, die nach Adler (1990) aus permanent auf Schwellen befestigten stählernen Schienen (Gleisen) und deren Bettung auf speziellen Trassen bestehen. Der weltweit gebräuchlichste Abstand zwischen den Innenkanten der Schienen eines Gleises (Spurweite) ist mit 1.435 mm die sogenannte Normalspurweite. Sind Eisenbahnschienenwege elektrifiziert, so sind sie in den meisten Fällen mit einer Oberleitung (seltener mit Stromschienen) ausgestattet, durch die elektrischer Strom (Bahnstrom) fließt, aus dem elektrisch betriebene Fahrzeuge mittels Stromabnehmern ihre Energie beziehen können (Adler, 1990). Die bau- und betriebliche Rechtsgrundlage für Regionalbahnen sowie auch alle anderen Eisenbahnen in Deutschland im Sinne des PBefG bildet die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO).

Schnellbahnen (*S-Bahnen*) (engl. suburban rail resp. city rail; s. Abb. A-6) und Vorortbahnen (engl. commuter rail) bedienen Hauptverkehrsachsen in Ballungsräumen oder verbinden größere Städte mit deren Umland. Die eingesetzten Fahrzeuge sind elektrische Triebwagen oder Wendezüge mit Triebfahrzeugen, welche im Umland die vorhandenen Infrastrukturen der Eisenbahnen ausnutzen und in Städten die Schienenwege der Stadtbahnen – folglich existieren keine eigenständigen S-Bahn-Schienenwege. S-Bahnen sind für schnelle Fahrgastwechsel konzipiert und verfügen daher über viele, breit gefasste Türen (VDV, 2000; VDV, 1992).

Der Begriff *Stadtbahn* (engl. light rail; s. Abb. A-7) definiert ein binnenstädtisches Verkehrsmittel, das die Weiterentwicklung einer Straßenbahn mit der Leistungsfähigkeit einer kleineren Stadtschnellbahn darstellt. Als Fahrzeuge werden fast ausschließlich elektrisch betriebene Triebwagen eingesetzt, die auf Straßenbahnen basieren (Glißmeyer, 1985; VDV, 2000). Die benutzten Schienenwege werden im Unterschied zu denjenigen der Eisenbahnen als Bahnkörper bezeichnet und können laut VDV (1992) in drei Bauarten auftreten:

- straßenbündige Bahnkörper,
- besondere Bahnkörper, und
- unabhängige Bahnkörper.

Stadtbahnen nutzen in der Regel die besonderen Bahnkörper, die innerhalb des Verkehrsraums öffentlicher Straßen verlaufen, jedoch von diesem durch bauliche Maßnahmen abgetrennt sind, obgleich sie ihn auch kreuzen können und Bahnübergänge aufweisen (s. Abb. C-3). Bisweilen verlaufen die Bahnkörper in Hochlage oder gar unterirdisch, weshalb Stadtbahnen dann auch als Untergrundstraßenbahnen (U-Strab) bezeichnet werden (Glißmeyer, 1985; VDV, 1992). Die bau- und betriebliche Rechtsgrundlage für Stadtbahnen in Deutschland im Sinne des PBefG ist die Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen

(BOStrab), wobei aber auch der EBO unterliegende Verkehrswege bedient werden, das heißt die Infrastrukturen der Eisenbahnen.

*Stadtschnellbahnen*, die als elektrische Triebwagen verkehren, verbinden vorwiegend dicht besiedelte Bereiche mit Gebieten zentraler Funktion in Ballungsräumen und weisen die höchsten Fahrgastzahlen aller Massenverkehrsmittel im ÖPNV auf (VDV, 2000). Zu den unterschiedlichen Arten von Stadtschnellbahnen, die im Englischen die Bezeichnung »rapid transit« tragen und international als *Metro* bekannt sind, gehören: U-Bahnen (U-Bahnen; s. Abb. A-8; verlaufen überwiegend in eigenen unterirdischen Tunneln, aber auch oberirdisch als Hochbahnen), Hängebahnen (s. Abb. A-9; Fahrzeuge sind an einzelnen Schienen aufgehängt, die über ihnen verlaufen), Magnetschwebbahnen (s. Abb. A-10; werden durch magnetische Kräfte in der Schwebelage gehalten) und Einschienenbahnen (s. Abb. A-11; verlaufen auf einzelnen Schienen, die unter den Fahrzeugen angeordnet sind). Die von Stadtschnellbahnen verwendeten Schienenwege sind unabhängige Bahnkörper, die wegen ihrer Lage und Bauart vom Verkehrsraum öffentlicher Straßen völlig getrennt sind, das heißt, weder Kreuzungen mit anderen Verkehrsmitteln noch Bahnübergänge aufweisen (s. Abb. C-7, C-9, C-10). Auch die Stadtschnellbahnen unterliegen in Deutschland der BOStrab (VDV, 1992).

Eine *Straßenbahn* (s. Abb. A-12) – international als *Tram* bekannt – ist ein überwiegend elektrisches, stets schienengebundenes Verkehrsmittel, welches dem ÖPNV innerhalb von größeren Siedlungen dienlich ist (Hackh, 1955). Die verwendeten Schienenwege sind typischerweise die straßenbündigen Bahnkörper (s. Abb. C-6), die innerhalb des Verkehrsraums öffentlicher Straßen niveaugleich als Rillenschienen verlaufen, jedoch werden vielfach auch besondere oder gar unabhängige Bahnkörper (mit-)benutzt (s. Abb. C-8; VDV, 1992). Selbst in vielen Städten, die über Stadtschnellbahnen verfügen, gilt die Tram nach wie vor als wichtigstes Nahverkehrsmittel (ebd.). Auch hier gilt in Deutschland die BOStrab als bau- und betriebliche Rechtsgrundlage gemäß des PBefG. Da Straßenbahnen im Gegensatz zu Stadt- und Stadtschnellbahnen auf Sicht gefahren werden, unterliegen sie in Deutschland während des Verkehrs auf Rillenschienen der Straßenverkehrsordnung (VDV, 2000).

Eine *Personenfähre* (s. Abb. A-13) ist ein Wasserfahrzeug, mit dem Fahrgäste über fließende oder stehende Gewässer gesetzt werden; eine kleinere Variante ist der Wasserbus (Glißmeyer, 1985).

Ferner finden im ÖPNV noch weitere Verkehrsmittel Verwendung, die entweder selten anzutreffen sind oder eine geringere Rolle spielen als die bereits erläuterten Fahrzeuge: öffentliche Fahrtreppen (auch: Rolltreppen; Endlosförderer mit stufenförmigen Trittflächen zur vertikalen Personenbeförderung), öffentliche Fahrsteige (auch: Rollsteige; endlos umlaufende Bänder zur horizontalen Personenbeförderung), öffentliche Personenaufzüge (Fördermittel für die Vertikale), Rikschas (ursprünglich von Menschen gezogene, zweirädrige Personenbeförderungsgefährte, heute meist als Fahr- oder Motorräder eingesetzt), Carsharing (organisierte, gemeinsame Nutzung von Pkw), Mietfahrzeuge, Luftseilbahnen (auch: Seilschwebbahn; Fahrzeuge verkehren an Stahltragseilen hängend in der Luft) und Standseilbahnen, die schienengebunden sind und mit Hilfe von Zugseilen auf stark geneigten Wegen verkehren (Glißmeyer, 1985). Diese finden sich – gemeinsam mit den bereits geschilderten – in nachfolgender Tabelle (s. Tab. 2-1), die zu einem schnellen Überblick über Begrifflichkeiten, Unterschiede und Eigenarten der Verkehrsmittel verhilft:

Tab. 2-1 Verkehrsmittel des öffentlichen Personennahverkehrs

Verkehrsmittel [intl.]	Verkehrsweg(e)	Varianten [intl.]	Verkehrsumfang
Bus (und Metrobus [Busway], Schnellbus, Shuttlebus)	Straße	Doppeldecker-, Gelenk-, Midi-, Minibus	Massenverkehr
Carsharing	Straße	/	Individualverkehr
öffentlicher Fahrsteig	/	/	Massenverkehr
öffentliche Fahrtreppe	/	/	Massenverkehr
Luftseilbahn	/	Gondel-, Sesselbahn, Skilift	Massenverkehr
Mietfahrzeug	Straße	Fahrrad, Pkw	Individualverkehr
Oberleitungsbus [Trolleybus]	Straße	Doppeldecker-, Gelenk-, Midibus	Massenverkehr
öffentlicher Personenaufzug	/	/	Massenverkehr
Personenfähre	Binnen-, Seewasserstraße	/	Massenverkehr

Regionalbahn	Schienenweg	/	Massenverkehr
Rikscha	Straße	Fahrrad, Motorrad [Tuk-Tuk]	Individualverkehr
S-Bahn/Vorortbahn	Schienenweg	/	Massenverkehr
Spurbus	Straße	Bus, Oberleitungsbus	Massenverkehr
Stadtbahn	Schienenweg	/	Massenverkehr
Stadtschnellbahn [Metro]	Schienenweg	Einschienen-, Hänge-, Magnetschwebe-, U-Bahn	Massenverkehr
Standseilbahn	Schienenweg	/	Massenverkehr
Straßenbahn [Tram]	Schienenweg	/	Massenverkehr
Taxi	Straße	Fahrrad [Bodaboda], Motorrad, Pkw	Individualverkehr
Wasserbus	Binnen-, Seewasserstraße	/	Massenverkehr
Wassertaxi	Binnen-, Seewasserstraße	/	Individualverkehr

Eine wichtige Kenngröße im Bezug auf Verkehrsmittel und den ÖPNV im Allgemeinen ist laut VDV (1992) die Beförderungsleistung (auch: Verkehrsleistung), das heißt die Zahl der beförderten Fahrgäste pro Kilometer. Diese wird immer für ausgewählte Zeitabschnitte berechnet, meist aufgeschlüsselt nach den eingesetzten Verkehrsmitteln. Neben der Beförderungsleistung wird oftmals auch die durchschnittliche Auslastung der Verkehrsmittel in Prozent als Kenngröße angegeben.

## E Realisierung des öffentlichen Personennahverkehrs

Für die Durchführung von Verkehrsprozessen werden zuvörderst *Verkehrswege* benötigt, die als linienhafte Infrastrukturelemente einen Teil der materiellen Verkehrsinfrastruktur bilden und damit permanent oder zumindest temporär genutzte Raumsegmente darstellen, die für Verkehrsprozesse reserviert und dafür teilweise spezialisiert oder ausgebaut sind: Straßen (auch Pfade und Wege) und Schienenwege im Landverkehr, Binnenwasser- und Seewasserstraßen in der Schifffahrt, Luftverkehrsstraßen im Luftverkehr sowie Rohrleitungen und Telekommunikationswege. In ihrer Gesamtheit bilden Verkehrswege die Kanten in einem *Verkehrsnetz*. Die für die Durchführung des ÖPNV relevanten Verkehrsnetze mit ihren jeweiligen Verkehrswegen sind das Straßen- und das Schienennetz, aber auch das Netz der Binnenwasserstraßen (Ammoser & Hoppe, 2006; Köberlein, 1997).

Neben den Verkehrswegen werden für die Durchführung von Verkehrsprozessen im ÖPNV auch *Halte* benötigt, die als Bestandteil der Punktinfrastruktur den zweiten Teil der materiellen Verkehrsinfrastruktur mit ausmachen und permanent oder zumindest temporär genutzte Knotenpunkte im Raum darstellen. Man unterscheidet hierbei zwischen *Verkehrshalten*, die als bauliche Anlagen das Halten von öffentlichen Verkehrsmitteln und demzufolge das Ein- und Aussteigen sowie das Zu- und Abgehen von Fahrgästen ermöglichen, und *Betriebshalten*, die ausschließlich für den Betriebsdienst vorgesehen sind, beispielsweise in einem Betriebshof für die Fahrzeugwartung (Glißmeyer, 1985; Köberlein, 1997; VDV, 1992). Sonach handelt es sich bei den Verkehrshalten, die als *Haltestellen*, *Haltepunkte* oder *Anlegestellen* für Fähren und Wassertaxis auftreten können, stets um Verknüpfungspunkte zwischen ÖPNV und Fußverkehr, deren attraktive Gestaltung kennzeichnend ist für einen hohen Bedienungsstandard (Qualität der Summe der Dienstleistungen) im ÖPNV. Der Unterschied zwischen *Haltestellen* und *Haltepunkten* liegt bei deren Bindung an unterschiedliche Verkehrsmittel: Von letzteren spricht man lediglich im Zusammenhang mit Eisenbahnen sowie S- und Vorortbahnen, von ersteren hingegen bei den straßen- und den verbleibenden schienengebundenen Verkehrsmitteln im ÖPNV. Von Bahnhöfen unterscheiden sich Haltepunkte ferner dadurch, dass letztere Bahnanlagen auf freier Strecke ohne Weiche sind, wohingegen erstere mindestens über eine Weiche verfügen (ebd.). Eine weitere Kategorisierung bei Haltepunkten findet nach Glißmeyer (1985) nicht statt, wohl aber bei den Haltestellen:

- nach Lage im Liniennetz und Nutzung (s. Abb. 2-5):  
End-, Zwischen-, Umsteige- und Übergangshaltestellen, und

- nach Bauart (s. Abb. 2-6): (Bus-)Haltebuchten, Haltestelleninseln und -kaps.

Ferner gibt es sogenannte Bedarfshalte, die im Gegensatz zu planmäßigen Halten nur dann bedient werden, wenn ein ausdrücklicher Aus- oder Einsteigewunsch geäußert wurde und dynamische Haltestellen (Zeitinseln), die durch eine temporäre Sperrung der Straße mit Lichtsignalen eingerichtet werden (VDV, 1992). Doppelhaltestellen können von zwei oder mehr Fahrzeugen gleichzeitig bedient werden, wodurch das wechselseitige Umsteigen ermöglicht wird (Glißmeyer, 1985).

Gekennzeichnet sind Halte durch Haltezeichen, Haltenamen, Linienkennzeichen, Richtungsangaben sowie Namen (und Symbole) der sie betreibenden Verkehrsunternehmen. Zu ihrer Ausstattung zählen fast immer ein Aushangfahrplan und gelegentlich ein Fahrkartenautomat, ein Abfalleimer und eine Sitzbank sowie eine Beleuchtungseinrichtung (VDV, 1992). Liegen Unterstellmöglichkeiten an einem Halt vor, so kann dieser nach Glißmeyer (1985) als überdacht oder als Wartehalle (Wartehäuschen) bezeichnet werden und fällt mithin in die Kategorie der Stadtmöbel.

Im Busverkehr werden mehrere Haltestellen zuweilen in einer gemeinsamen Anlage, einem *Busbahnhof*, zusammengefasst, dessen Standort a) bestimmten Verkehrsschwerpunkten zugeordnet ist, der b) mehrere Buslinien miteinander verknüpft und der oft auch c) den bequemen Übergang zu anderen Verkehrsmitteln ermöglicht. Bestandteile von Busbahnhöfen sind in der Regel Bussteige, Bereitstellungplätze mit Straßenverbindung und Verkehrsgebäude (Glißmeyer, 1985).

Kenngrößen im Bezug auf Haltestellen sind gemäß VDV (1992) der Haltestellenabstand (Strecke zwischen zwei Haltestellen), die Haltestellenbelastung (Zahl der ein- und aussteigenden Fahrgäste je Zeitabschnitt) und die Haltestellendichte (Zahl der Haltestellen je Linie). Ferner gibt es die betriebsbedingte Aufenthaltszeit sowie die Fahrgastwechselzeit, die zusammen die Haltestellenaufhaltszeit bilden.

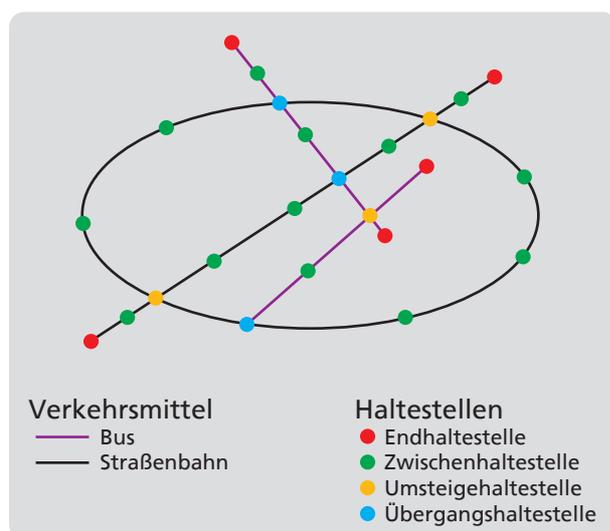


Abb. 2-5 Kategorisierung von Haltestellen nach Lage im Liniennetz und Nutzung

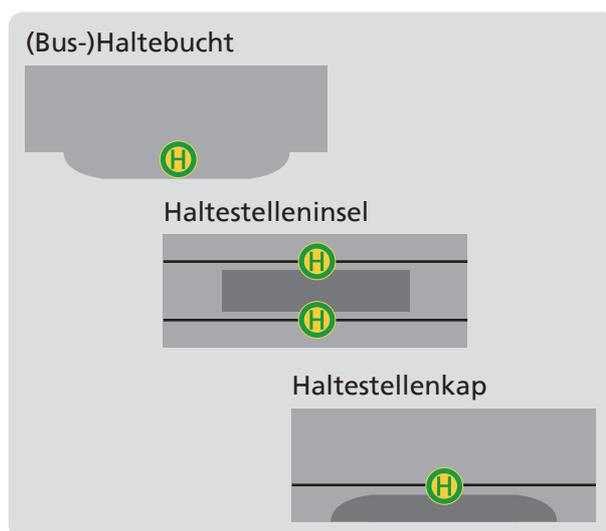


Abb. 2-6 Kategorisierung von Haltestellen nach Bauart

Als *Linien* gelten im ÖPNV die Routen im Verkehrsnetz, die eine regelmäßige Verbindung zwischen einem Quell- und einem Zielort herstellen. Der *Linienverkehr* zeichnet sich dadurch aus, dass er zumeist fahrplanmäßig Personen auf diesen Linien befördert, die an Verkehrshalten ein- und aussteigen können (Köberlein, 1997). Rüger (1978) unterscheidet Linien nach ihrer Form, wobei ihre geometrische Ausbildung und ihre Lage relativ zum Siedlungszentrum maßgeblich sind (s. Abb. 2-7):

- Durchmesserlinien,
- Halbmesser- / Radiallinien,
- Ringlinien,
- Tangentiallinien, und
- Zubringerlinien.

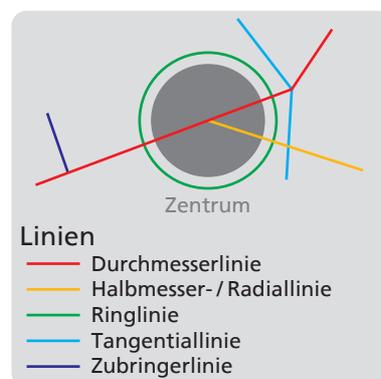


Abb. 2-7 Kategorisierung von Linien nach Form

*Durchmesserlinien* beginnen und enden außerhalb des Siedlungszentrums und durchmessen dieses. Sie verbinden häufig Gebiete, zwischen denen starke Verkehrsbeziehungen herrschen. Halbmesser- oder *Radiallinien* dagegen beginnen außerhalb des Siedlungszentrums, enden allerdings in diesem. Sie sind primär in kleineren Städten der Regelfall und enden dort meist alle an einem zentralen Ort, beispielsweise dem Hauptbahnhof. *Ringlinien* weisen einen identischen Quell- und Zielort auf, wobei sie um ein Zentrum herum, aus einem Zentrum heraus oder in ein Siedlungszentrum hinein geführt werden können. *Tangentiallinien* berühren in ihrem Verlauf das Siedlungszentrum nicht und kommen vorwiegend in großen Städten sowie in Ballungsräumen vor. Die Aufgabe von *Zubringerlinien* schließlich besteht im Zubringen von solchen Fahrgästen zu anderen Linien, die aus ökonomischen oder geographischen Gründen nicht selbst bis in das Gebiet der Zubringerlinie geführt werden können.

Sowohl Rüger (1978) als auch der VDV (1992) unterscheiden Linien auch nach ihrer Art, wobei die Betriebszeit das Hauptkriterium bildet:

- Einsatz-/Sonderlinien (Betrieb aus bestimmten Anlässen oder an bestimmten Tagen),
- Nachtlinien (Betrieb nur nachts),
- Stammlinien (permanenter Betrieb),
- Tageslinien (Betrieb nur tagsüber), und
- Verstärkungs-/Ergänzungslinien (Betrieb als Unterstützung in Hauptverkehrszeiten).

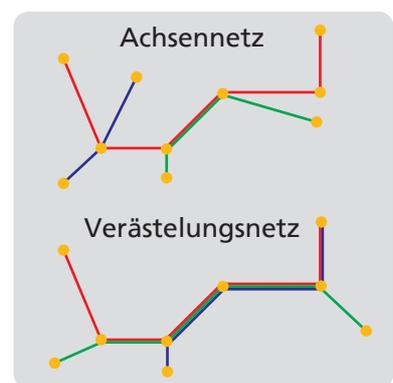
Weicht die Führung einer Linie temporär von ihrem normalen Verlauf ab, so wird sie als Linienvariation bezeichnet, deren Ursachen in Stichfahrten zu abseitigen Haltestellen oder Umleitungen liegen können und die so zu Verlängerungen, Verkürzungen oder alternativen Verläufen der Linie führt (Rüger, 1978).

Weicht die Führung einer Linie hingegen im regulären Betriebsablauf von ihrem Hauptverlauf ab, so bezeichnet dies Rüger (1978) als abweichenden Linienvorlauf. Dessen Ursachen liegen meist in der gelegentlichen Verlängerung einer Linie um einen oder mehrere Halte zu bestimmten Tages- oder Nachtzeiten (Teleskoplinie) oder in der abwechselnden Bedienung unterschiedlicher Endhalte (Y-Linie).

Gekennzeichnet sind Linien durch festgelegte Bezeichnungen wie Nummern, Buchstaben, Worte oder Farben, wobei auch Kombinationen als Auszeichnung möglich sind (Glißmeyer, 1985).

Kenngößen im Bezug auf Linien sind gemäß VDV (1992) und Glißmeyer (1985) die Linienbelastung (Zahl der auf einer Linie beförderten Fahrgäste je Zeitabschnitt), die Liniendichte (Zahl der Linien je Streckenabschnitt) und die Linienlänge (Strecke vom Quell- zum Zielort). Ferner gibt es die Verkehrsdichte pro Linie (Verhältnis der auf einer Linie beförderten Fahrgäste zur Streckenlänge) sowie die Verkehrsfrequenz, das heißt die Zahl der auf der Linie eingesetzten Fahrzeuge je Zeitabschnitt (Risch & Lademann, 1957).

Mit dem Begriff *Liniennetz* wird die Gesamtheit der miteinander verknüpften Linien in einem ÖPNV-Gebiet beschrieben (VDV, 1992). Dabei umfasst das Gesamtnetz die Linien *aller* eingesetzten Verkehrsmittel, die jeweiligen Teilnetze hingegen umfassen die Linien *eines* Verkehrsmittels. Rüger (1978) unterscheidet zwei Typen von Liniennetzen, nämlich das Achsennetz und das Verästelungnetz. Beim *Achsennetz* sind die Streckenabschnitte jeweils mit nur einer Linie belegt (Liniendichte = 1) und nur bei der Überlagerung mehrerer Achsen kommt es zu einer höheren Dichte (s. Abb. 2-8 oben). Dagegen sind beim *Verästelungnetz* auf den meisten Streckenabschnitten mehrere Linien zu finden (s. Abb. 2-8 unten), da hier die Zielsetzung ist, von jedem Streckenabschnitt Direktverbindungen in möglichst viele Bereiche anzubieten. Hierdurch können zwar mehr Fahrgäste direkt an ihr Ziel gelangen als im Achsennetz, allerdings sind auch die Taktzeiten der einzelnen Linien wesentlich länger.



**Abb. 2-8** Liniennetztypen  
(Quelle: Rüger, 1978, S. 23f.; abgeändert)

Hackh (1955) macht die Gestaltung eines Liniennetzes abhängig von verschiedenen Faktoren, darunter die Nachfrage, die Bevölkerungsdichte der Teilgebiete, die wirtschaftlichen Schwerpunkte im Verkehrsgebiet sowie dessen geographische Struktur. Kennzeichnend für einen hohen Bedienungsstandard im Liniennetz sind geringe Warte- und Umsteigezeiten, Pünktlichkeit, gute Umsteigemöglichkeiten und günstige Haltestellenabstände, die daher bei der Gestaltung ebenfalls zu berücksichtigen sind (Glißmeyer, 1985).

Eine Kenngröße im Bezug auf Liniennetze ist gemäß Risch und Lademann (1957) die Netzdichte (Verhältnis der Gesamtstreckenlänge aller Linien zur Fläche des Verkehrsgebiets).

Mit dem Begriff *Verkehrssystem* wird das Zusammenwirken eines Verkehrsmittels mit dessen Fahrweg (also dem nötigenfalls reservierten oder spezialisierten Verkehrsweg), mit Halten, mit Linien(netzen) und mit der Fahrgastbedienung bezeichnet, weshalb der Begriff die Gesamtheit miteinander verknüpfter Komponenten beschreibt (Glißmeyer, 1985; VDV, 1992). Die aufeinander abgestimmten Verkehrssysteme ergänzen sich im ÖPNV zu einem Gesamtsystem, dessen Ziel es ist, den Fahrgästen durch intensive Verknüpfung durchgehende Verkehrsverbindungen zu ermöglichen (VDV, 2000).

Ein *Fahrplan* regelt nach Risch und Lademann (1957) den Einsatz von Verkehrsmitteln im ÖPNV auf den einzelnen Linien und legt damit die räumliche und zeitliche Ordnung der Fahrangebote fest. In der Regel findet er in der Form eines Zahlenfahrplans den Weg in den öffentlichen Aushang (Aushangfahrplan) oder den Besitz der Fahrgäste (Taschenfahrplan) und informiert diese demgemäß über die angebotenen Fahrtmöglichkeiten sowie die jeweilige Fahrtdauer (VDV, 1992). Bei seiner Erstellung, die je nach Art der Linien und der eingesetzten Verkehrsmittel mehr oder minder komplex ist, müssen nach Risch und Lademann (1957) folgende Phänomene beachtet werden, die der theoretischen oder praktischen Ermittlung entstammen und jeweils von der Tageszeit und dem Wochentag abhängen: Fahr-, Halte- und Umsteigezeiten sowie Platznachfrage und die Verknüpfung mit anderen Linien. Je nach Einfluss dieser Besonderheiten können die Fahrzeugfolgezeit (der Fahrplantakt), die Fahrzeugzusammensetzung und der Fahrweg (insbesondere bei Bussen) bei der Fahrplanerstellung angepasst werden. Auch finden sich meist differenzierte Wochentags-, Samstags- und Sonntagsfahrpläne oder auch Winter- und Sommerfahrpläne, um den unterschiedlichen Verkehrsbedürfnissen gerecht zu werden (Risch & Lademann, 1957).

In Städten existieren in der Regel auf die jeweiligen durchschnittlichen Verkehrsbedürfnisse abgestimmte, periodische Grundfahrpläne (*Taktfahrpläne*), welche die Verkehrsmittel in gleichbleibenden Zeitintervallen (Taktzeiten) an allen Haltestellen einer Linie verkehren lassen. Hierbei kann der Verkehrstakt der jeweiligen Nachfrage angepasst werden. Liegen die Taktzeiten bei einer Stunde oder darunter, so spricht man von einem starren Fahrplan, liegen sie darüber, von einem rhythmischen Fahrplan. Wechseln die Taktzeiten innerhalb eines Tages, so liegt ein wechselnd starrer Fahrplan vor (Glißmeyer, 1985; VDV, 1992).

Wie oben bereits erwähnt, besteht eine der vier gemeinwirtschaftlichen Pflichten des ÖPNV in der *Fahrplanpflicht*, die nach Hackh (1955) darin besteht, dass während eines Tages auf einer bestimmten Route eine gewisse Mindestzahl von Verkehrsmitteln regelmäßig und pünktlich zur Personenbeförderung eingesetzt werden müssen – ungeachtet deren Auslastung. Diese Pflicht verschafft dem ÖPNV einerseits einen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Individualverkehr (da sich Fahrgäste auf den ÖPNV verlassen können und infolgedessen eher vom Individualverkehr absehen), andererseits erfüllt sie eine wichtige betriebstechnische Funktion (da sie einen geordneten Verkehr ermöglicht).

Eine eher am Bedarf und den spezifischen Verkehrsbedürfnissen orientierte Form des öffentlichen Personennahverkehrs stellen laut VDV (1992) die durchweg straßengebundenen Sonderformen des öffentlichen Personennahverkehrs – die *ÖPNV-Sonderformen* – dar:

- Bürgerbus,
- Linientaxi,
- Ruf-Bus,
- Sammeltaxi / Anruf-Sammeltaxi, und
- Trambus.

*Bürgerbusse* sind Linienbusse, die durch Bürgerinitiativen etabliert und betrieben werden, um Angebotsengpässe oder -lücken im ÖPNV auszugleichen. Sie verkehren nach festem Fahrplan oder auf Bestellung. *Linientaxis* sind Taxis oder Kleinbusse, die im regulären Linienbetrieb nach Fahrplan als Ersatz für die normalen Verkehrsmittel eingesetzt werden. Ein *Ruf-Bus* ist ein Linienbus im Bedarfsbetrieb, der sich durch den Einsatz kleinerer Fahrzeuge (Klein-, Midi- oder Minibusse) auszeichnet und vom Fahrgast via Telefon oder (Taxi-) Rufsäule angefordert wird. *Sammeltaxis* sind Taxis, die das Zusteigen weiterer Fahrgäste während einer Fahrt ermöglichen (sie »einsammeln«) und daher meist als besonders gekennzeichnete Kleinbusse verkehren. Erfolgt die Verkehrsdienstleistung nach vorheriger Bestellung (Anmeldung durch Anruf), so spricht man von *Anruf-Sammeltaxis*, die die Fahrgäste (nacheinander) an bestimmten Haltestellen abholen und mitunter bis vor die eigene Haustüre fahren. Der Unterschied zum normalen Taxi besteht vorallem darin, dass die Abfahrtszeiten und Tarife festgelegt sind. *Trambusse* (engl. hail & ride) sind Linienbusse, die auf Anforderung Ein- und

Ausstiege außerhalb von Haltestellen (auf freier Strecke) ermöglichen und besonders in ländlichen Gebieten oder im Spät- und Nachtverkehr eingesetzt werden.

### **Zusammenfassung: Öffentlicher Personennahverkehr**

Der Verkehr lässt sich auf der Grundlage unterschiedlichster Merkmale in verschiedene Verkehrsarten einteilen, unter anderem in Personen- (Ortsveränderungsprozesse von Personen), öffentlichen (allgemein zugängliche Verkehrsprozesse) und Nahverkehr (Ortsveränderung über geringe Entfernungsbereiche). An der Schnittstelle dieser Verkehrsarten ist der öffentliche Personennahverkehr angesiedelt, der sich durch seine Daseinsvorsorge auszeichnet, gemeinwirtschaftlichen Pflichten unterliegt und sich als Massenverkehrssystem eignet. Der ÖPNV unterliegt der Verantwortlichkeit staatlicher Institutionen und wird von konzessionierten Verkehrsunternehmen ausgeführt, die sowohl in öffentlichem als auch in privatem Besitz sein können. Hinsichtlich seiner technischen Umsetzung benötigt der ÖPNV Verkehrswege (vorwiegend Straßen- und Schienennetze), Verkehrsmittel in Form von Fahrzeugen (vorwiegend Busse, Taxis, Regional-, S-, Stadt-, Stadtschnell- und Straßenbahnen) und Halte. Betrieben wird der ÖPNV zumeist im Linienverkehr, der fahrplanmäßigen Personenbeförderung auf festgelegten Routen im Verkehrsnetz, wobei sowohl zwischen unterschiedlichen Linienarten als auch Liniennetzen differenziert werden kann.

## II.3 Öffentlicher Personennahverkehr in der Kartographie

Um einen Überblick darüber zu geben, wo und wie sich öffentlicher Personennahverkehr in der Kartographie wiederfindet, werden in diesem Unterkapitel zunächst die Darstellungen zum ÖPNV themakartographisch eingeordnet und es wird eine kurze Übersicht über deren historische Entwicklung gewährt. Sodann werden die kartographischen Merkmale (Darstellungsformen, topographische Kartengrundlagen, Darstellungsmethoden, Aussageformen), deren sich die Darstellungen bedienen, erläutert und anhand von Beispielen veranschaulicht. Ferner schafft dieses Unterkapitel wichtige Grundlagen für das Verständnis späterer Ausführungen, insbesondere zu den kartographischen Aspekten bei der Erweiterung des OSM Inspectors (s. Kap. V.3-C) und zur Visualisierung des angepassten Datenschemas (s. Kap. VI).

### A Einordnung, Einteilung und Historie

In der Fachliteratur zur thematischen Kartographie haben sich einige Systeme etabliert, die thematische Karten nach deren Inhalt aufschlüsseln und so zahlreiche unterschiedliche Themengebiete voneinander abgrenzen. In nahezu jedem dieser Systeme finden sich als eigenständiges Themengebiet die *Verkehrskarten*, welche nach Bollmann und Koch (2001 / 02) auf verschiedenere Arten sämtliche Erscheinungsformen des Verkehrswesens wiedergeben können. Hake et al. (2002) teilen die Verkehrskarten in zwei Hauptgruppen auf, nämlich die Karten *für* den Verkehr einerseits und die Karten *über* den Verkehr andererseits. Erstere bewegen sich oft im Grenzbereich zu topographischen Karten und dienen der Navigation sowie der Planung, Organisation und Durchführung von Verkehrsprozessen. Letztere hingegen dienen eher der analytisch orientierten technischen, ökonomischen und geographischen Darstellung von Verkehrsprozessen (Bollmann & Koch, 2001 / 02). Hierzu zählen insbesondere Karten zu Verkehrsaufkommen, -beziehungen, -dichte, -erschließung und -leistungen. Darüberhinaus lassen sich Verkehrskarten auch noch auf eine andere Weise in Hauptgruppen gliedern, nämlich nach der Art der Verkehrsmittel, -gegenstände oder -träger, deren sie sich widmen. Freilich weisen viele kartographische Darstellungen zum Thema Verkehr Schnittmengen zu anderen Bereichen menschlichen Wirkens auf, etwa der Wirtschaft oder dem Siedlungswesen (Brunner & Günzel, 1988; Hake et al., 2002).

Folgt man den Gliederungen Freitags (1966), Brunners und Günzels (1988) sowie Hakes et al. (2002), so lässt sich für *Karten zum öffentlichen Personennahverkehr* eine Einteilung in fünf Untergruppen vornehmen, deren Darstellungen die Verkehrswege, die Verkehrsmittel und den Betriebsablauf im ÖPNV sowie viele damit zusammenhängende Phänomene umfassen. Die Darstellungen der drei zuletzt aufgelisteten Gruppen widmen sich der Verkehrsanalyse, finden sich vorwiegend in Regional-, Stadt- oder Planungsatlanten und können zu den oben genannten Karten *über* den Verkehr gezählt werden. Jene Darstellungen der beiden ersten Gruppen finden sich zumeist auf Aushang- oder Taschenfahrplänen und reihen sich in die Karten *für* den Verkehr ein:

- Karten der Verkehrswege,
- Tarfkarten,
- Verkehrsdichtekarten,
- Karten des Verkehrsaufkommens, und
- Karten der Verkehrsbeziehungen.

Als *Karten der Verkehrswege* sind im ÖPNV alle Darstellungen von Interesse, die Informationen für die allgemeine Orientierung sowie über Routen und Umsteigemöglichkeiten in Liniennetzen vermitteln, nämlich Übersichtskarten und Liniennetzpläne. Sowohl für Fahrgäste als auch für die Betreiber des ÖPNV sind *Tarfkarten* von großer Bedeutung, da sie Informationen über Tarife in Liniennetzen vermitteln. *Verkehrsdichtekarten* widmen sich speziellen Fragen der Verkehrserschließung im ÖPNV, wie beispielsweise Dichten von Liniennetzen, Linien oder Haltestellen sowie Verkehrsdichten von Linien. Über Verkehrsaufkommen und -umfang im ÖPNV geben die *Karten des Verkehrsaufkommens* Auskunft, indem sie insbesondere Haltestellen- und Linienbelastungen visualisieren, aber auch Verkehrsfrequenzen, Platzangebote in den Verkehrsmitteln, Beförderungsleistungen und Auslastungen der Verkehrsmittel. Diese Gruppe stellt im Themenbereich des ÖPNV die wichtigste Untergruppe der Karten über den Verkehr dar, weil sich die meisten Darstellungen thematisch in sie eingliedern lassen. *Karten der Verkehrsbeziehungen* schließlich widmen sich vorwiegend den räumlichen und zeitlichen Beziehungen im ÖPNV, das heißt Fahrzeiten, Haltestellenabständen oder räumlichen / zeitlichen Entfernungen zu / zwischen Haltestellen.

Die Verkehrskarten zählen zu den ältesten thematischen Darstellungen in der Kartographie überhaupt und selbst antike Zeugnisse menschlichen Kartenschaffens, etwa die römischen Straßenkarten, sind als frühe Verkehrskarten zu interpretieren, da sie den Verkehrswegen einen hohen Stellenwert einräumen. Aber erst ab dem 17. Jahrhundert entwickelten sich zunächst die Post-, ab Mitte des 19. Jahrhunderts die Eisenbahnkarten und ab dem 20. Jahrhundert dann sämtliche differenzierten Darstellungen zum Verkehr (und damit auch zum ÖPNV), welche die im Abschnitt A erwähnten inhaltlichen Einteilungssysteme erforderlich machten (Arnberger, 1966; Eckert, 1921 / 25; Freitag, 1966).

Liniennetzpläne, die heutzutage mit Abstand am häufigsten anzutreffenden kartographischen Darstellungen zum ÖPNV, nahmen ihren Ursprung in den 1860er Jahren mit der Eröffnung der Londoner U-Bahn (London Underground): Auf der Basis graphisch zurückgenommener, jedoch überwiegend sehr detaillierter topographischer Kartengrundlagen wurden die U-Bahn-Linien samt Haltestellen lagetreu dargestellt. Diese Vorgehensweise änderte sich erst 1920, als der Kartengrund verschwand und die Linien und Haltestellen somit graphisch stärker betont werden konnten. Der Übergang zum nur noch raumtreuen Topogramm vollzog sich schließlich 1933, als man befand, dass für die Fahrgäste schematisierte Informationen zum Verlauf der Linien und deren Umsteigemöglichkeiten ausreichen. Fortan wurde für die Liniennetzpläne der London Underground nur die Topologie der Haltestellen berücksichtigt, woran sich Verkehrsbetriebe in aller Welt bald darauf ein Beispiel nehmen sollten (Garland, 2003).

## **B Darstellungsformen und topographische Kartengrundlagen**

Hake et al. (2002) unterscheiden kartographische *Darstellungsformen* nach deren geometrischer Genauigkeit, die sich in den Lagemerkmalen der Kartenobjekte widerspiegelt. Die Visualisierungen zum öffentlichen Personennahverkehr sind vorwiegend mit den Darstellungsformen Topogramm (s. Abb. 2-9, 2-12), Karte (s. Abb. 2-10, 2-11, 2-13) und Kartogramm – in dieser Häufigkeitsreihenfolge – umgesetzt, jedoch finden sich gelegentlich auch Kartodiagramme. Diese Sachlage lässt sich damit begründen, dass neben den im ÖPNV großenteils eingesetzten Übersichtskarten und Liniennetzplänen nur in vergleichsweise geringer Häufigkeit statistische, raumbezogene Daten mit quantitativen Merkmalen visualisiert werden.

*Liniennetzpläne* (Fahrplankarten) werden im ÖPNV als *Topogramme* (Kartenschemata) umgesetzt, die allenfalls die ungefähre Lage stark schematisierter Linien und Halte aufzeigen und den Raum, in dem diese Objekte liegen, nicht vollständig abbilden. Das wichtigste Merkmal der Liniennetzpläne ist die stark schematisierte und weitgehend unmaßstäbliche Wiedergabe der Linien, die dennoch topologisch (in ihrer Lage zueinander) richtig dargestellt sind (Bollmann & Koch, 2001 / 02; Hake et al., 2002). Der Unterscheidung der einzelnen Linien samt ihrer Halte und der einzelnen Verkehrsmittel dient der Einsatz unterschiedlicher Farben. Eine spezielle Auszeichnung weisen vielfach Umsteige- und Übergangshaltestellen sowie Einsatz-, Sonder- oder Nachtlinien auf; auch findet sich oft eine Darstellung der unterschiedlichen Tarifzonen des jeweiligen Verkehrsverbundes. Generell werden Liniennetzpläne stark von den Gestaltungslehren des Graphikdesigns beeinflusst und sollen Fahrgästen die für sie wesentlichen Informationen vermitteln. Die häufigste Verbreitung weisen solche Liniennetzpläne auf, die sich am gestalterischen Prinzip der im Abschnitt A genannten Topogramme der London Underground orientieren (s. Abb. 2-9). Hauptmerkmale sind hierbei die geraden Linien, die entweder horizontal, vertikal oder in einem Winkel von 45° verlaufen (Bollmann & Koch, 2001 / 02; Garland, 2003).

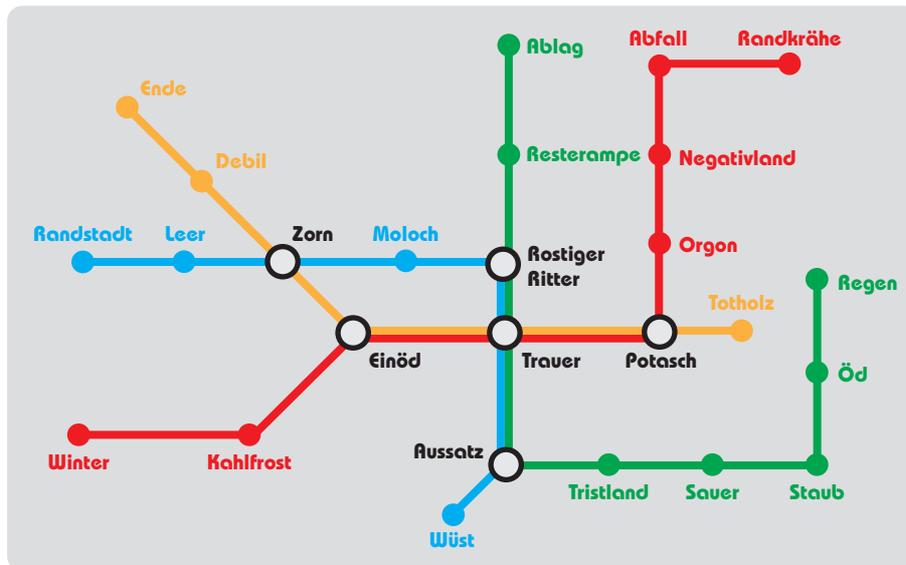


Abb. 2-9 Liniennetzplan nach den Gestaltungsprinzipien der London Underground

Als *Karte* treten im kartographischen Themenbereich ÖPNV die meisten Darstellungen auf, die sich der Verkehrsanalyse widmen. Dabei werden Größen wie Beförderungsleistungen, Auslastungen von Verkehrsmitteln (s. Abb. 2-13), Haltestellen- (s. Abb. 2-12) und Linienbelastungen (s. Abb. 2-12, 2-13), Platzangebote in den Verkehrsmitteln (s. Abb. 2-11, 2-12), Verkehrsdichten von Linien (s. Abb. 2-13), Verkehrsfrequenzen (s. Abb. 2-13) oder räumliche (s. Abb. 2-11) respektive zeitliche Entfernungen zu Haltestellen (s. Abb. 2-10) visualisiert und hierfür großenteils Isolinien, positionsbezogene Zahlenwertdiagramme oder Bandkartogramme eingesetzt.

Mittels *Kartogrammen* werden ungegliederte, flächenbezogene Quantitäten entweder absoluten Charakters durch Werteinheitssignaturen oder Zahlenwertdiagramme (resultierend in Figurenkartogrammen) oder relativen Charakters durch graphisch variierende, gestufte Flächenfarben oder -signaturen (resultierend in Flächenkartogrammen) raumtreu visualisiert (Hake et al., 2002; Ogrissek, 1983). Charakteristisch für Kartogramme zum Thema ÖPNV sind Darstellungen zur Liniennetzdichte je Verkehrsverbund als Flächenkartogramm.

*Kartodiagramme* gliedern gemäß Hake et al. (2002) flächenbezogene Quantitäten absoluten Charakters sachlich nach Einzelmerkmalen oder nach zeitlicher Entwicklung und sind anhand von gegliederten Zahlenwertdiagrammen raumtreu umgesetzt. Für ÖPNV-Themen werden Kartodiagramme eingesetzt, um die Beförderungsleistungen in einem Verkehrsverbund zu visualisieren, aufgeschlüsselt nach Verkehrsmitteln.

Die *topographischen Kartengrundlagen* (nach Ogrissek (1983) sind dies die topographischen Bezugsgrundlagen und Orientierungsmöglichkeiten für die thematischen Inhalte) der Karten zum öffentlichen Personennahverkehr zeichnen sich durch eine Vereinfachung und in der Regel starke Generalisierung aus. Hierbei muss aber klar zwischen den Topogrammen und den anderen Darstellungsformen unterschieden werden. Die Topogramme verfügen über keine Kartengrundlage, wiewohl sie bisweilen zusätzliche Orientierungselemente (z. B. Gewässer) oder touristische Signaturen (z. B. Sehenswürdigkeiten) enthalten. Die anderen Darstellungsformen dagegen weisen vor allem in großen oder mittleren Maßstabsbereichen noch die meisten – wenn auch graphisch zurückgenommenen – topographischen Elemente auf. Dies gilt jedoch nicht für die Übersichtskarten, die nur noch über stark vereinfachte Grenzverläufe sowie Straßen und Gewässer in deren Hauptzügen verfügen (Bollmann & Koch, 2001/02; Brunner & Günzel, 1988). In den mittleren und kleineren Maßstäben treten überwiegend administrative Grenzen, Küstenlinien, fließende und stehende Gewässer, Signaturen bedeutsamer Orte sowie die entsprechenden Toponyme auf. Generell richtet sich die Auswahl der Inhaltselemente topographischer Kartengrundlagen nach Maßstab und Zweck der Darstellung sowie zuvörderst nach den Beziehungen der topographischen Elemente zum thematischen Inhalt (Ogrissek, 1983).

## C Kartographische Darstellungsmethoden

Als *kartographische Darstellungsmethoden* gelten in der Fachliteratur die Grundstrukturen der Kartographie und deren Anwendungsprinzipien. Die Methodenorientierung führt dabei stets zu einer kartographischen Modellierung raumbezogener Sachverhalte, das heißt zu einer Modellbildung, die (nicht immer eindeutige) Prinziplösungen für die Anwendung der Kartographie zulässt (Bollmann & Koch, 2001/02). Innerhalb der kartographischen Darstellungsmethoden werden Unterscheidungen vorgenommen auf Grund der topologischen Strukturen der raumbezogenen Sachverhalte, die von punkt-, linien-, flächen- oder oberflächenhafter Art sein können.

Gemäß der Einteilung Bollmanns und Kochs (2001/02) bestehen die punktbezogenen Methoden aus der Methode der Positionssignaturen, der Methode der Diagrammsignaturen und der Punktmethode, wobei sich auf Karten zum öffentlichen Personennahverkehr – sieht man von den topographischen Kartengrundlagen und deren Positionssignaturen oder den Liniennetzplänen mit deren Haltestellensignaturen ab – ausschließlich die *Methode der Diagrammsignaturen* findet. Diese beschreibt die Anwendung nicht immer lagerichtig angeordneter, positionsbezogener Diagramme, die absolute quantitative Werte repräsentieren und grundsätzlich in zwei Gruppen zu teilen sind, nämlich in die der ungegliederten und die der gegliederten Zahlenwertdiagramme, die sachlich gegliederte Quantitäten darstellen (Bollmann & Koch, 2001/02; Hake et al., 2002). Bezüglich ÖPNV-Karten treten überwiegend erstere in Erscheinung, und zwar in der bevorzugten Form von Kreisflächen, die stetig dargestellt sind. Dies bedeutet, dass die Signaturenmaßstäbe kontinuierlich sind, wodurch die jeweiligen Objektquantitäten mehr oder minder genau ablesbar und messbar sind. Als statistische Daten werden dabei bevorzugt Beförderungsleistungen repräsentiert sowie Linienbelastungen (s. Abb. 2-12, 2-13) und Haltestellenbelastungen (s. Abb. 2-12). Zusätzlich ist in aller Regel mit der Füllung der Diagrammflächen eine weitere Aussage verbunden, beispielsweise die Auslastung der Verkehrsmittel in Prozent (s. Abb. 2-13). Seltener hingegen finden sich zu ÖPNV-Themen Darstellungen mit der zweiten Gruppe, nämlich den gegliederten Zahlenwertdiagrammen. Die sachliche Gliederung der Quantitäten geschieht hierbei durch die Aufteilung der Diagramme, beispielweise via Sektoren bei Kreisdiagrammen. Es kommen für diese Gruppe als Grundlagendaten nach Verkehrsmitteln aufgeschlüsselte Beförderungsleistungen je Stadt in Frage.

Nach Bollmann und Koch (2001/02) sind zu den linienbezogenen Methoden sowohl die Methode der Linearsignaturen als auch die Vektorenmethode zu zählen. Mit ersterer Methode sind linienhafte Objekte mittels qualitative Merkmale ausdrückender Signaturen annähernd lagerichtig darstellbar. Diese finden in vereinfachte ÖPNV-Karten meist als Darstellung von Linien unterschiedlicher Verkehrsmittel Eingang – sofern sie nicht ohnehin Teil der topographischen Kartengrundlage sind – und in Liniennetzpläne als Darstellung der Linien. Die *Vektorenmethode* eignet sich indessen für die Visualisierung von Ortsveränderungen und Bewegungsabläufen, wobei einerseits lineare Bewegungen diskreter Objekte anhand von Bewegungssignaturen dargestellt werden können, andererseits aber auch Bandkartogramme, die absolute quantitative Werte repräsentieren, welche sich auf die Ortsveränderung beziehen und auch sachlich gegliedert sein können. Bei den Bandkartogrammen können die statistischen Werte, auf die sie sich beziehen, entweder über deren Breite (mit kontinuierlichen oder gestuften Signaturenmaßstäben) oder deren unterschiedliche graphische Gestaltung realisiert werden. Beide Varianten finden sich auf ÖPNV-Karten für das Platzangebot in öffentlichen Verkehrsmitteln (s. Abb. 2-11, 2-12), nur letztere für Verkehrsfrequenzen (s. Abb. 2-13). Nicht aufzufinden auf Karten zum ÖPNV sind offensichtlich Anwendungen eines Sonderfalls der Vektorenmethode, nämlich der sogenannten Einheitslinienmethode. Hierbei wird eine Linie für eine beliebige Mengeneinheit (Werteinheit) gewählt und für repräsentative Vielfache davon (z. B. das Zehn- oder Hundertfache) werden graphisch stärkere Linien gewählt. In Kombination dienen die Linien somit der schnellen und einfachen visuellen Unterscheidbarkeit von Mengen (Wilhelmy, 1981).

Bollmann und Koch (2001/02) teilen die flächenbezogenen Methoden auf in die Arealmethode, die Flächenmittelwertmethode, die Flächenkartogramm- und die Diakartogramm-Methoden. Erstere beiden finden im betrachteten Themenbereich vor allem für die Darstellung von Verkehrsverbänden Anwendung. Von größerer Relevanz sind aber überwiegend letztere beiden Methoden, die statistische Daten quantitativer Merkmale als flächige Verbreitungen visualisieren. Gilt für die *Diakartogramm-Methoden* im Wesentlichen dasselbe wie für die Methode der Diagrammsignaturen mit gegliederten Zahlenwertdiagrammen (mit dem Unterschied freilich, dass diese nun flächen- statt positionsbezogen sind und Beförderungsleistungen nach Verkehrsverbänden statt nach Städten aufzeigen), so werden anhand der *Flächenkartogramm-Methoden* Werte *relativen* Charakters flächenhaft dargestellt. Dabei werden nach Ogrissek (1983) die Bezugsflächen mit einer

Flächenfarbe oder einem Flächenmuster entsprechend der Intensität der repräsentierten Werte gefüllt. Charakteristisch für solche Werte ist bei ÖPNV-Darstellungen die Liniennetzdichte je Verkehrsverbund.

Unter die oberflächenbezogenen Methoden fällt nach der Einteilung Bollmanns und Kochs (2001/02) einzig die *Isolinienmethode*. Diese beschreibt methodisch die Visualisierung kontinuierlicher Objektmerkmale, das heißt das kartographische Erzeugen von Linien, die Punkte gleicher Werte in einem Wertefeld verbinden und deren Zwischenräume zur Verbesserung der Anschaulichkeit oftmals mit Flächenfarben ausgefüllt sind, wodurch ein stufenförmiger Eindruck entsteht (Hake et al., 2002). Für Karten um ÖPNV sind allein die geometrisch-abstrakten Isolinien relevant, die zur Darstellung von räumlichen Entfernungen (Isodistanzen bzw. Isochoren), Reisezeiten (Isochronen resp. Isohemeren), Reisegeschwindigkeiten (Isotachen) oder Tarifen (Isopreten) herangezogen werden (Fochler-Hauke, 1976; Hake et al., 2002; Meine, 1967). Mit *Isochoren*, die speziell für die räumliche Entfernungsdarstellung von Verkehrsanlagen entwickelt worden sind, lassen sich auf ÖPNV-Karten bestimmte, durch die Luftlinien- oder Verkehrswegentfernung vorgegebene Einzugsgebiete der Haltestellen hervorheben (s. Abb. 2-11; Bollmann & Koch, 2001/02; Wilhelmy, 1981). ÖPNV-*Isochronen*-karten visualisieren indessen die mittlere oder geringste zeitliche Verkehrsentfernung für bestimmte Verkehrsmittel (s. Abb. 2-10; Wilhelmy, 1981)

## D Aussageformen

Liegt der Fokus auf dem Gesamtmerkmal der kartographischen Darstellung und deren Informationswert, so lassen sich nach Arnberger (1997) alle Aussageformen in zwei grundlegend unterschiedliche Arten separieren: analytische und synthetische Darstellungen. Diese können nun kombiniert oder in ein- oder mehrschichtiger Form umgesetzt sein, wodurch sie über eine oder mehrere sich überlagernde thematische Inhaltsschichten verfügen, welche sich freilich auch als graphische Schichten niederschlagen und somit in ihrer zunehmenden Häufung zu einer Verringerung der Lesbarkeit einer Darstellung führen können.

Analytische Darstellungen zeichnen sich durch einen geringen Verallgemeinerungsgrad ihres Inhaltes aus, stellen Einzelercheinungen dar und treten entweder in elementar- oder komplexanalytischer Form auf: Erstere sind monothematisch, zeigen also nur ein Thema in dessen räumlicher oder sachlicher Gliederung; letztere dagegen sind polythematisch, zeigen also mehrere qualitativ unterschiedliche Sachverhalte (Arnberger, 1997; Hake et al., 2002).

Geriete die kartographische Umsetzung von statistischen Daten zu komplex, würde also infolgedessen nicht mehr les- und differenzierbar, so wird auf synthetische Darstellungen zurückgegriffen. Hierbei sind Einzeltatsachen komplexen Charakters, die im Nachhinein nicht mehr als solche identifizierbar sind, so zusammengeführt, dass es in sehr vielen Fällen neben einer Begriffsgeneralisierung auch zu einer Typenbildung kommt, die einer umfangreichen Legende bedarf zwecks ihrer Erläuterung und Nachvollziehbarkeit (Bollmann & Koch, 2001/02). Arnberger (1997) differenziert fünf verschiedene mögliche Kombinationen als Aussageformen:

- elementaranalytisch-einschichtige Aussagen,
- elementaranalytisch-mehrschichtige Aussagen,
- komplexanalytische Aussagen (mehrschichtig),
- komplexanalytisch-synthetische Aussagen (mehrschichtig) und
- synthetische Aussagen (einschichtig).

Bei den Karten zum öffentlichen Personennahverkehr überwiegt in großer Mehrheit die elementaranalytisch-mehrschichtige Aussageform (s. Abb. 2-11, 2-12, 2-13), jedoch finden sich insbesondere in kleineren Maßstäben auch komplexanalytisch-synthetische und in den größeren und mittleren Maßstäben elementaranalytisch-einschichtige Aussagen (s. Abb. 2-10).

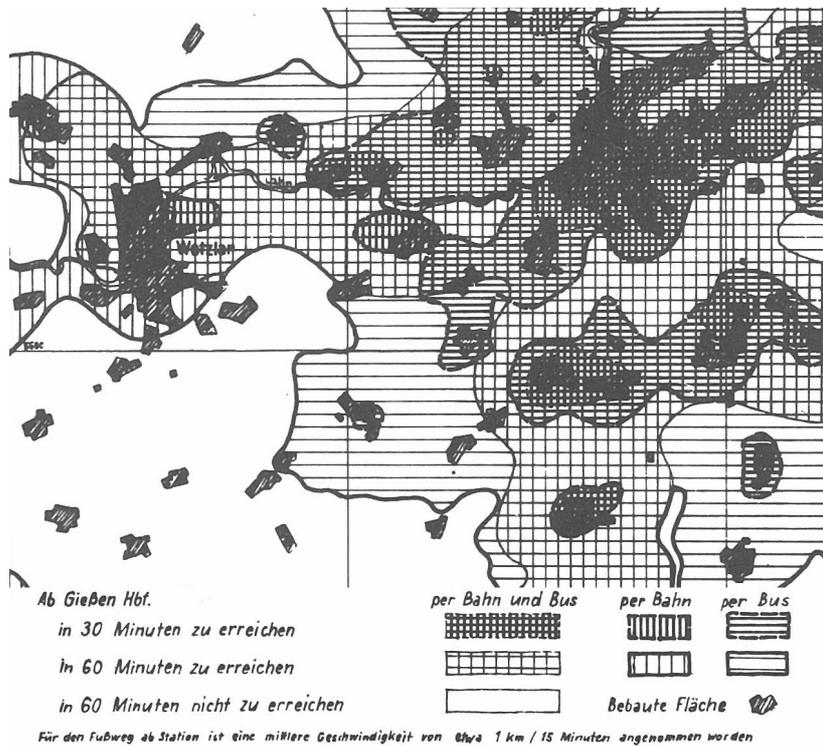


Abb. 2-10 Karte: Isochronen der öffentlichen Verkehrsmittel ab Gießen Hbf. 1961  
 (Quelle: Freitag, 1966, Anhang 20; Maßstab 1 : 200.000, Ausschnitt)

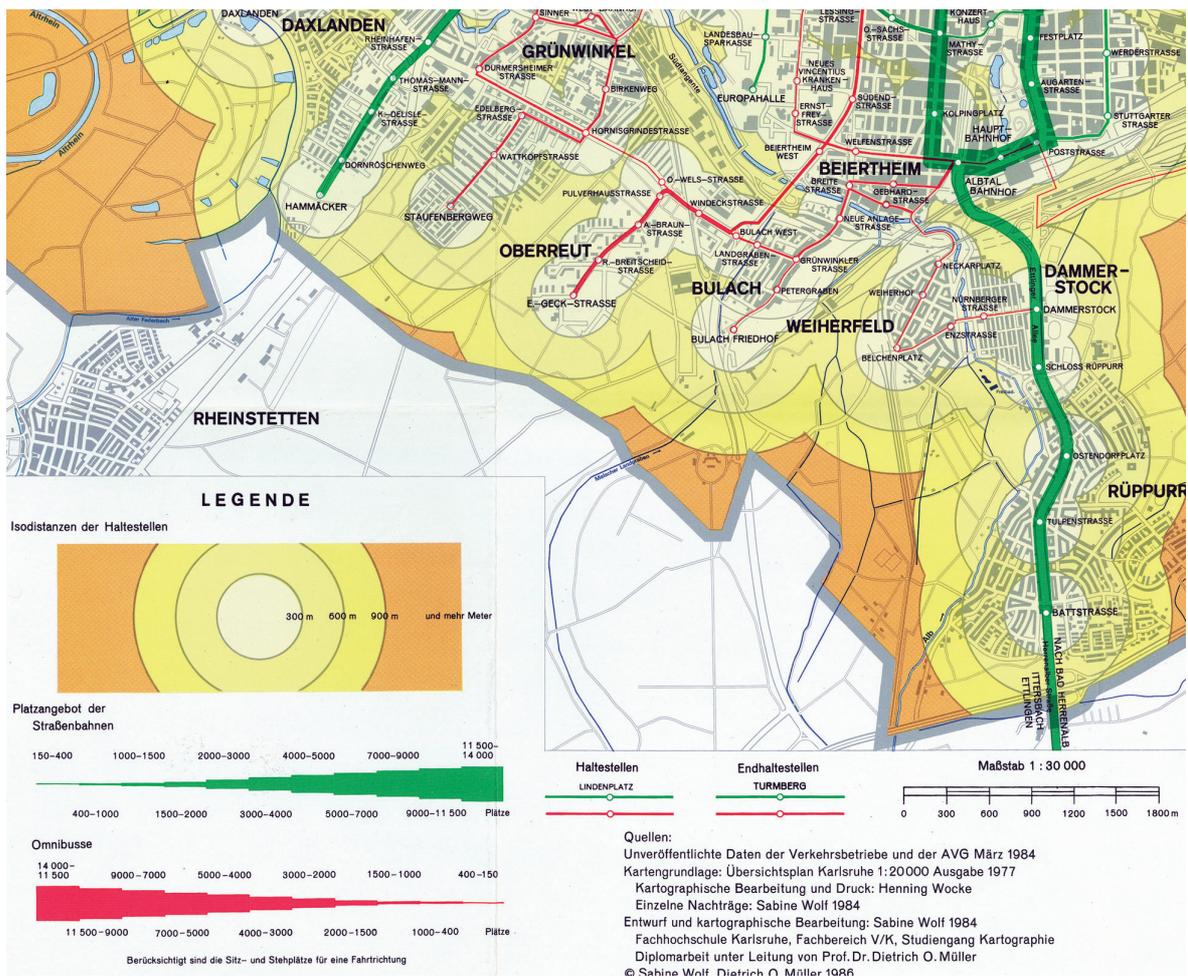


Abb. 2-11 Karte: Platzangebot im ÖPNV in Karlsruhe 1984 (Quelle: Platzangebot im ÖPNV – Straßenbahnen und Omnibusse, 1984, Dipl.-Arb., Fachhochschule Karlsruhe – Fachbereich Vermessung und Kartographie; Maßstab 1 : 30.000, verkleinerter Ausschnitt)

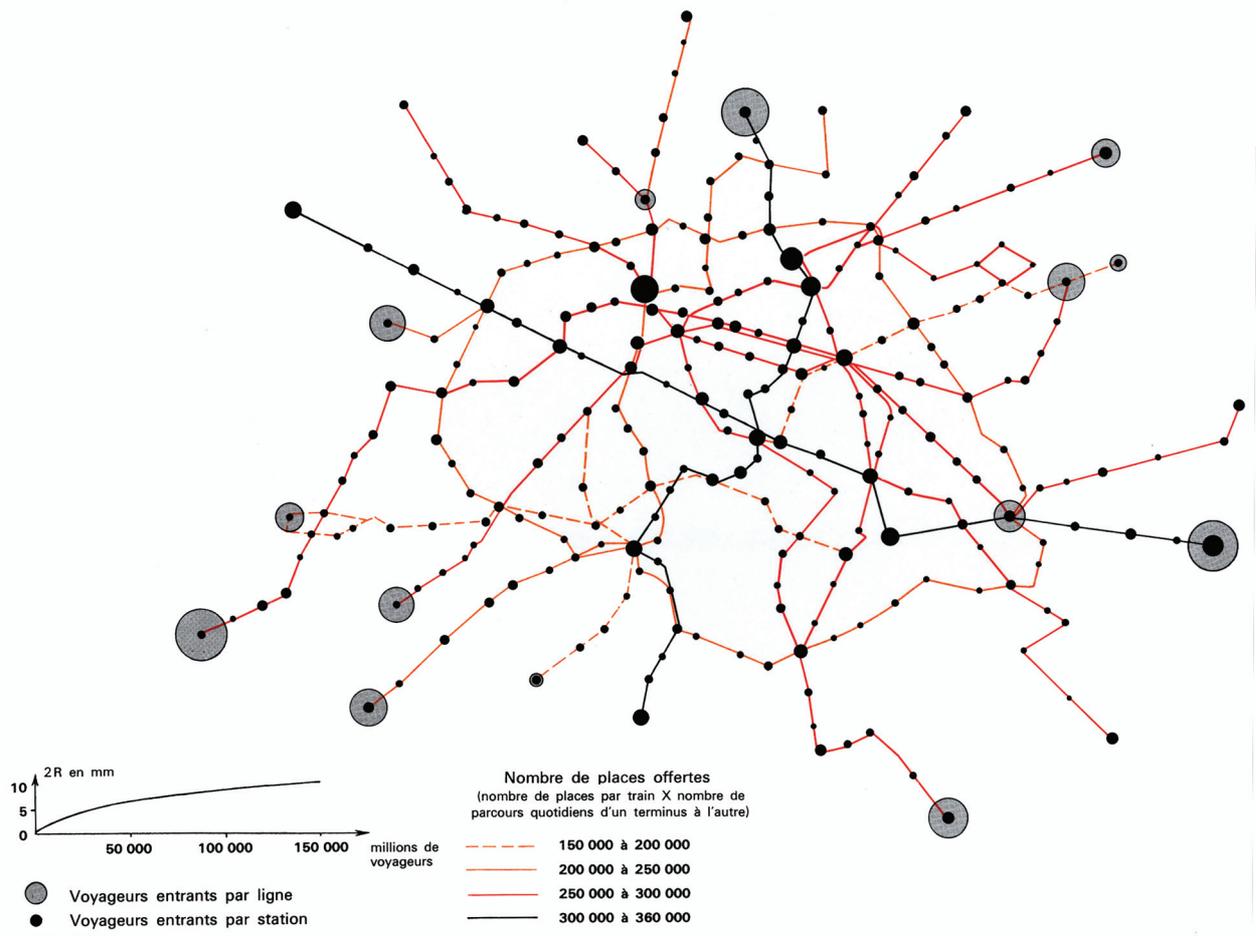


Abb. 2-12 Topogramm: Kenngrößen zum Verkehr der Métro in Paris 1965  
(Quelle: *Atlas de Paris et de la Région Parisienne*, 1967, Blatt 51-1; verkleinert)

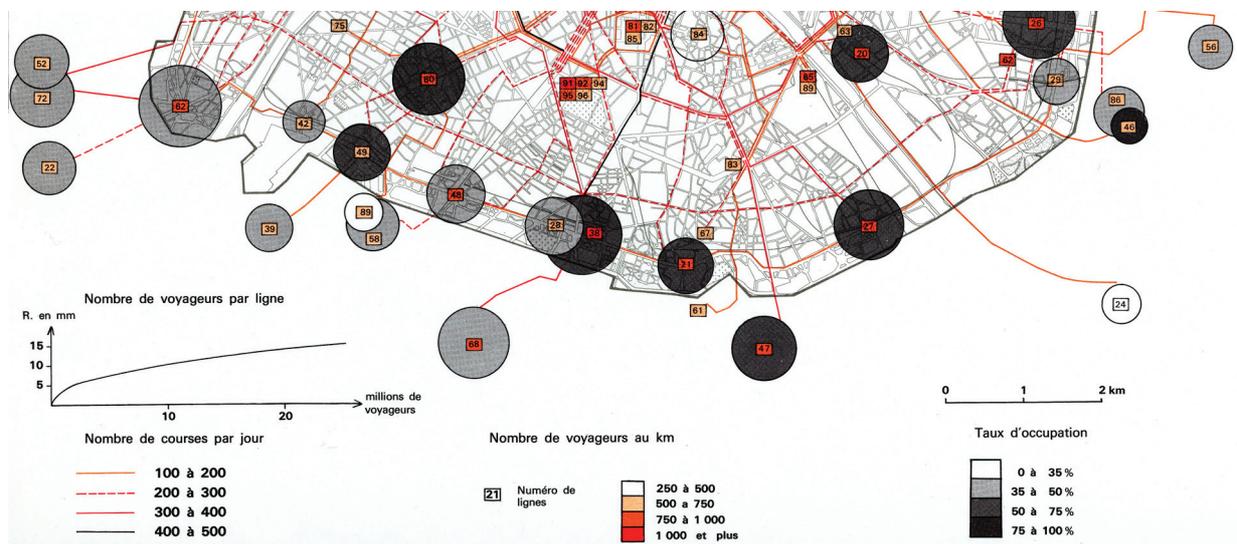


Abb. 2-13 Karte: Kenngrößen zum Verkehr der Busse in Paris 1964  
(Quelle: *Atlas de Paris et de la Région Parisienne*, 1967, Blatt 51-1; Maßstab 1:35.000, verkleinerter Ausschnitt)

### Zusammenfassung: Öffentlicher Personennahverkehr in der Kartographie

Karten zum öffentlichen Personennahverkehr dienen entweder der Verkehrsanalyse (Verkehrsdichtekarten, Karten des Verkehrsaufkommens, Karten der Verkehrsbeziehungen) oder der Orientierung und Planung (Karten der Verkehrswege, Tarifkarten) und finden sich hauptsächlich in Stadt-, Regional- oder Planungsatlanten. Ihre wichtigste Darstellungsform jedoch ist das Topogramm, da die Mehrzahl der ÖPNV-Karten als (fahrplanbegleitende) Liniennetzpläne auftreten, die Halte und Linien weitgehend unmaßstäblich und stark schematisiert darstellen zwecks schneller Erfassbarkeit durch die Fahrgäste. ÖPNV-Karten zur Verkehrsanalyse hingegen, deren Aussageform meist elementaranalytisch-mehrschichtig ist, sind mit unterschiedlichen kartographischen Darstellungsmethoden umgesetzt. Die wichtigsten hierbei sind die Methode der Diagrammsignaturen für die Darstellung von Linien- und Haltestellenbelastungen, die Vektorenmethode für die Visualisierung von Platzangeboten oder Verkehrsfrequenzen und die Isolinienmethode zur Darstellung von Haltestellenentfernungen (Isochoren) oder Reisezeiten (Isochronen).

Tab. 2-2 Übersicht: Karten zum öffentlichen Personennahverkehr

Gruppe	Zweck	Inhalt	Darstellungsform	Darstellungsmethoden
Karten der Verkehrswege	Orientierung und Planung	topographische Inhalte	Topogramm	Methode der Linearsignaturen
Tarifkarten	Orientierung und Planung	Tarife	Karte	Arealmethode; Flächenmittelwertmethode
Verkehrsdichtekarten	Verkehrsanalyse	Liniennetzdichten; Liniendichten; Haltestellendichten	Kartogramm	Flächenkartogrammmethode
Karten des Verkehrsaufkommens	Verkehrsanalyse	Haltestellenbelastungen; Linienbelastungen; Verkehrsfrequenzen; Platzangebote; Beförderungsleistungen; Verkehrsmittelauslastungen	Karte	Methode der Diagrammsignaturen; Vektorenmethode
Karten der Verkehrsbeziehungen	Verkehrsanalyse	Fahrzeiten; räumliche oder zeitliche Haltestellenentfernungen	Karte	Isolinienmethode

## II.4 Datenmodelle und Standards im öffentlichen Verkehr

Zum Zwecke der Standardisierung von Daten, der Interoperabilität von Systemen sowie der Vereinfachung von Datenaustauschprozessen hat sich im Bereich des öffentlichen Verkehrs in Europa das allgemeine Datenmodell Transmodel etabliert, welches in vorliegendem Unterkapitel erläutert ist. Ferner wird auf eine Reihe von Standards eingegangen, die entweder auf Transmodel basieren oder unabhängig von diesem Modell zu sehen sind, sowie auf einige Nummerierungssysteme im öffentlichen Verkehr, die der eindeutigen Identifizierung von Infrastrukturelementen oder Netzinformationen dienen.

### A Transmodel

*Transmodel* ist das im Jahr 2001 vom Comité Européen de Normalisation (CEN, dt. europäisches Komitee für Normung) als europäische Norm eingeführte abstrakte Referenzmodell für Daten im öffentlichen Verkehr. Konzipiert ist Transmodel als Entitäten-Relationen-Modell, welches als komplexer Rahmen die Entitäten und Eigenschaften sowohl realer als auch abstrakter Objekte des öffentlichen Verkehrs vereinheitlicht darstellt und somit als Grundlage für relationale Datenbanken, Softwareapplikationen oder den Datenaustausch dienen kann. Ziel des Standards ist die Herstellung eines hohen Maßes an Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen, beispielsweise innerhalb eines Verkehrsunternehmens oder zwischen staatlichen Eisenbahngesellschaften (Transmodel, 2001).

Transmodel umfasst grundlegende Modellierungsvorschriften für die Beschreibung von Netzwerken durch Daten und für die Realisierung von Hierarchien, Gültigkeits- und Aktualitätsprüfungen durch Metadaten. Erstere bestehen aus Definitionen für verschiedene punkthafte (Halte, Punkte für Zeitnahmen, Kreuzungspunkte usw.) und linienhafte Entitätsklassen (Verkehrswege, Routen, Haltestellenreihenfolgen etc.). Darüber hinaus definiert Transmodel Informationsstrukturen für die folgenden Funktionsbereiche des öffentlichen Verkehrs: Ablauf- und Dienstplanung für Fahrzeuge und FahrerInnen, Betriebsüberwachung und -kontrolle, Fahrgastinformation und Einzug von Beförderungsentgelten. Alle diese Modellierungsvorschriften und Informationsstrukturen sind transmodal anwendbar, das heißt auf verschiedene Verkehrsmittel und Organisationsstrukturen (Transmodel, 2001).

### B Transmodel-basierte Standards

Zwei wichtige nationale Standards, die auf Transmodel basieren und vom britischen Verkehrsministerium etabliert wurden, sind die National Public Transport Access Node Database (NaPTAN, dt. nationale Zugangstellendatenbank für den öffentlichen Verkehr) und das National Public Transport Gazetteer (NPTG, dt. nationales Namensverzeichnis für den öffentlichen Verkehr). *NaPTAN* ist ein britisches System für die eindeutige Identifizierung aller Zugangsstellen im öffentlichen Verkehr und umfasst rund 450.000 Einträge in einer zentralen Datenbank, für die unter anderem jeweils ein Name, Koordinaten und eine ID (Identifikationsbezeichnung oder -nummer) angegeben sind. Außerdem sind auch ein abstraktes Datenmodell für die Beschreibung dieser Daten sowie ein XML-Datenaustauschformat Teile des NaPTAN-Systems. Die beiden Hauptelemente im abstrakten Datenmodell sind dabei *STOP POINT* (Zugangsstelle, z. B. Gebäudeeingang, Bahnsteig, Bushaltestelle, Anlegestelle von Personenfähre) und *STOP AREA* (benannte Gruppe aus einem oder mehreren *STOP POINTS*): Erstere werden im Detail beschrieben durch drei Gruppen von Subelementen, nämlich den »identifiers« (dt. Identifikatoren), die sie eindeutig beschreiben (durch ID, Codes, Seriennummern usw.), »classifiers« (dt. Klassifikatoren), die ihre Struktur und Eigenschaften beschreiben (Art, Name, Koordinaten usw.), und »associations« (dt. Assoziationen), die sie mit anderen NaPTAN- und NPTG-Entitäten verknüpfen, beispielsweise mit *STOP AREAS*. Letztere hingegen werden direkt von mehreren Subelementen beschrieben (ID, Name, Koordinaten des Zentrums usw.). *NPTG* ist ein Verzeichnis mit circa 50.000 britischen Toponymen, die von den Daten in NaPTAN referenziert werden (NaPTAN, 2008; OSM, 2009d).

Das Transmodel-basierte Referenzmodell Identification of Fixed Objects in Public Transport (*IFOPT*, dt. Identifizierung ortsfester Objekte im öffentlichen Verkehr) ist eine CEN-Spezifikation zur Beschreibung punkthafter, realer Objekte im öffentlichen Verkehr: Halte, Bahnsteige, Eingangsbereiche von Bahnhöfen, Points of Interest (POI, dt. interessante Orte) usw. *IFOPT* besteht aus vier Untermodellen: dem Zugangsstellen-Modell (für Haltestellen, Bahnsteige usw.), dem POI-Modell (für Touristenattraktionen, Freizeiteinrichtungen etc.),

dem Toponym-Modell (mit den Namen relevanter Siedlungen) und dem administrativen Modell, welches es verschiedenen Akteuren ermöglicht, Daten für die erstgenannten Untermodelle nach festgelegten Konventionen zu erheben und zu aktualisieren (IFOPT, 2008).

*TransXChange* ist ein weiterer britischer Standard auf Basis von Transmodel, der den Austausch von Daten zu Linien, Netzen und Fahrplänen im Busverkehr zwischen den Verantwortungsträgern und den Verkehrsunternehmen im ÖPNV in einem XML-Format definiert (TransXChange, 2009).

### **C Google Transit Feed Specification**

Google, das amerikanische Unternehmen für Internetdienstleistungen, bietet unter dem URL <http://www.google.com/transit> (Stand: 18. März 2009) eine kostenlose Web-Anwendung namens Google Transit an, welche die Planung von Reisen mit öffentlichen Verkehrsmitteln ermöglicht, indem Routen, Reisezeiten und Kosten berechnet werden können. Die Geodaten, auf die der Dienst für diese Kalkulationen zugreift, sind gemäß der Google Transit Feed Specification (*GTFFS*, dt. Google-Transit-Zuführungsspezifikation) modelliert, die ein gemeinsames Format für die Daten realer und abstrakter Geoobjekte sowie Fahrplaninformationen im ÖPNV definiert (GTFFS, 2008).

### **D Nummerierungssysteme im öffentlichen Verkehr**

Die von der Deutschen Bahn AG (DB) so bezeichnete internationale Bahnhofnummer (IBNR) ist ein wichtiger Standard im europäischen Schienenverkehr, insbesondere als Schnittstelle zu Fahrgastinformationssystemen (z. B. elektronischen Fahrplanauskünften). Sie besteht aus maximal sieben Ziffern, beginnt jeweils mit dem zweistelligen, numerischen Ländercode der Union Internationale des Chemins de Fer (UIC, dt. internationaler Eisenbahnverband) und identifiziert Bahnhöfe und Halte sowohl des öffentlichen Fern- als auch des Nahverkehrs (dies jedoch nur in Deutschland) eindeutig. Amtliche Gültigkeit besitzen dabei ausschließlich jene IBNR des Schienenverkehrs (Wikipedia, 2008).

Das Nummerierungssystem für Eisenbahnschienenwege in Deutschland, welche von der DB betrieben werden, ist das amtliche Nummernsystem des Verzeichnis' örtlich zulässiger Geschwindigkeiten (VzG). Die erste Ziffer einer jeden der vierstelligen, numerischen VzG-Streckennummern (die auch an geplante, im Bau befindliche und verlassene Eisenbahnschienenwege vergeben werden) weist auf das Bundesland hin, in welchem der jeweilige Beginn eines Verkehrsweges verortet ist, und wird von einer dreistelligen, laufenden Nummer ergänzt (Adler, 1990).

Für Eisen- und S-Bahnstrecken im öffentlichen Personenverkehr vergibt die DB in Deutschland Kursbuchstreckennummern (KBS-Nummern) als Streckenbezeichnungen, die aus zwei (für den SPFV), drei (für den SPNV) oder fünf Ziffern bestehen (für Berg-, Museums- oder touristische Strecken). Auch andere, vorwiegend europäische Eisenbahnunternehmen nummerieren ihre Strecken, wobei die Nummerierungen bisweilen auf Systemen ähnlich dem beschriebenen basieren, manchmal aber auch gewöhnliche laufende Nummern darstellen (Adler, 1990).

### **Zusammenfassung: Datenmodelle und Standards im öffentlichen Verkehr**

Für die Standardisierung von Daten und deren Austausch in dem Teil des Verkehrswesens, der den öffentlichen Verkehr abdeckt, hat das europäische Komitee für Normung das Referenzmodell Transmodel spezifiziert. Dieses definiert Modellierungsvorschriften für Daten und Informationsstrukturen als Grundlage für die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen im öffentlichen Verkehr. Wichtige Standards, die auf Transmodel basieren, sind die britischen Standards NaPTAN (Zugangsstellendatenbank für den öffentlichen Verkehr), IFOPT (Datenmodell für ortsfeste Objekte im öffentlichen Verkehr) und TransXChange (Austauschformat für Netzinformationen im Busverkehr). Nicht auf Transmodel basiert hingegen die Google Transit Feed Specification (gemeinsames Format für Geodaten und Fahrplaninformationen im ÖPNV). Wichtige Nummerierungssysteme im öffentlichen Verkehr sind die internationale Bahnhofnummer zur eindeutigen Identifizierung europäischer Bahnhöfe und Haltepunkte sowie in Deutschland die VzG-Streckennummer für Eisenbahnschienenwege sowie die KBS-Nummer für Eisenbahn- und S-Bahnstrecken.

### III. Bestandsanalyse des öffentlichen Personennahverkehrs in OpenStreetMap

#### III.1 Aktivitäten und Schwerpunkte innerhalb der OpenStreetMap-Community

Nicht alle am OpenStreetMap-Projekt Beteiligten erheben selbst neue Geodaten oder editieren die bestehenden; und diejenigen, die dies tun, beschäftigen sich nicht allesamt mit der Gestaltung der thematischen Attribute aller Map Features. Vielmehr spezialisieren sich die MitgliederInnen der OSM-Community in der Regel auf bestimmte Bereiche, seien es geographische oder thematische, und schließen sich meist zu kleinen Gruppen zur Erreichung bestimmter Ziele innerhalb von OpenStreetMap zusammen (Ramm & Topf, 2009). Auch im Hinblick auf den öffentlichen Personennahverkehr gibt es besonders aktive Projektbeteiligte und einige Schwerpunkte innerhalb der Community, die im Folgenden beschrieben sind. Desweiteren finden sich auch viele Unterprojekte zum Thema Eisenbahn im Allgemeinen, wovon ebenfalls einige näher erläutert sind. Festzuhalten ist ferner, dass die Hauptanwendung, die auf den OSM-Geodaten basiert, nämlich die OSM-Web-Kartendarstellung (s. Kap. II.1-B), lediglich Infrastrukturelemente visualisiert und keine Netzinformationen – für letztere existieren stattdessen spezialisierte Web-Kartendarstellungen.

#### A Modellierung von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr

Innerhalb der OSM-Community existiert ein Unterprojekt namens *OpenRailMap*, welches sich die vollständige und möglichst viele Details berücksichtigende Aufnahme der Eisenbahnen und der übrigen schienengebundenen Verkehrsmittel zum Ziel gesetzt hat, einschließlich aller Infrastrukturelemente und Netzinformationen. Den Nutzen für OpenStreetMap sehen die in dieses Unterprojekt Involvierten in ihrem Beitrag zu einer generell erhöhten Abdeckung der entsprechenden Geoobjekte im Hauptdatenbestand und in ihrem Status als Datenlieferanten für entsprechende Anwendungen durch die Bereitstellung der benötigten Datenebenen (OSM, 2009f).

Weitere Unterprojekte, die wie OpenRailMap besonders den Schienenverkehr in den Fokus rücken, sind diejenigen zu den Eisenbahnen einzelner Staaten, so zum Beispiel Chinas, Deutschlands, Schwedens und des Vereinigten Königreichs. Eine herausragende Stellung unter diesen nimmt das *WikiProject Belgium / Railways* ein, welches sich dem Ziel verschrieben hat, Infrastrukturelemente und Netzinformationen so detailliert zu erfassen, dass sich ein Eisenbahnrouutenplaner für Belgien auf ihnen aufsetzen lässt. Hierfür werden eigene Konventionen für die Erfassung und Gestaltung der entsprechenden Map Features diskutiert und eingeführt. Außerdem konnte sich das Projekt GPS-Zugpositionsdaten der staatlichen belgischen Eisenbahngesellschaft sichern, die nahezu das gesamte Schienennetz Belgiens abdecken (OSM, 2009y).

Vorwiegend der Aufnahme von linienhaften Eisenbahninfrastrukturen in OpenStreetMap verschreiben sich zwei Vorschläge: Jener zu »*multiple tracks*« hat sich die Etablierung eines eigenen Tags zur Erfassung der Anzahl der auf einer Trasse verlaufenden Gleise auf freier Strecke zum Ziel gesetzt und die etwas umfassendere Anregung »*Railway*« konzipiert ein völlig erneuertes Datenschema für die Erfassung von Eisenbahnen und anderen schienengebundenen Verkehrsmitteln, das bereits teilweise umgesetzt wird (OSM, 2009h; OSM, 2009i).

Der vollständigen und umfassenden Aufnahme von ÖPNV-Elementen im Speziellen widmet sich eine Vielzahl von OSM-Unterprojekten, die meist auf bestimmte geographische Regionen, Ballungsräume oder Verkehrsverbände fokussiert sind. Der Zweck dieser Projekte ist das Diskutieren und Festlegen von Konventionen für die Modellierung der ÖPNV-bezogenen Netzinformationen in den betroffenen Räumen sowie das Auflisten aller Linien und Netze, um die Fortschritte bei deren Erfassung zu verfolgen. Als Exempel sei hier die Wiki-Seite zum Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR) erwähnt, die das Taggen der Linien in den Netzen (und der Netze selbst) der Verkehrsunternehmen im VRR nach bestimmten Vorlagen empfiehlt. Zuweilen erhalten die an den ÖPNV-Unterprojekten Beteiligten von Verkehrsunternehmen Listen mit georeferenzierten Haltestellen, die je nach Datenformat entweder durch einfache Konvertierung oder aber manuell in den OSM-Geodatenbestand eingearbeitet werden.

Ein komplett neues Konzept für die Aufnahme von ÖPNV-Halten als Map Features in OpenStreetMap verfolgt der Vorschlag zur »*unified stoparea*« (dt. vereinheitlichter Haltebereich), der im Wiki zur Diskussion

steht und sich die einheitliche Aufnahme aller Arten von Halten im ÖPNV zum Ziel gesetzt hat. Der Vorschlag widmet sich insbesondere einigen Problemen, die das bisher in OpenStreetMap übliche Beschreiben von Haltestellen als ausschließlich punkthafte Entitäten aufwirft: Verlust von Detailinformationen, unübersichtliche Kartengraphik bei Häufung von Halten, mangelnde Abbildung von Zusammenhängen und Probleme bei Routingberechnungen. Zur Lösung dieser Probleme lehnt sich der Vorschlag an Transmodel, IFOPT und NaPTAN an und teilt die Sphäre eines Haltes in drei Bereiche (OSM, 2009j):

- Halteposition: Ort auf dem Verkehrsweg, an dem das Fahrzeug hält,
- Plattform: Ort, an dem Fahrgäste auf das Halten des Fahrzeuges warten (Bahnsteig, Bussteig usw.), und
- Gesamthalt: Zusammenfassung von Haltepositionen und Plattformen, die zu einem logischen Gebilde gehören.

Ein großer Vorteil dieser Anregung ist die Tatsache, dass eine »unified stoparea« die Halte mehrerer Verkehrsmittel zusammenfassen kann (z. B. an einem Busbahnhof, an dem auch Straßenbahnen halten), wofür bisher mehrere separate Halte erfasst werden müssen. Nachteilig ist, dass der Vorschlag nur eine begrenzte Kompatibilität zu den bereits bestehenden Daten aufweist.

## **B Import von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr**

Bedeutend im Zusammenhang mit Eisenbahnen sowie schienen-, spur- und fahrleitungsgebundenem ÖPNV ist der im März 2008 begonnene OpenStreetMap-Import der *KSJ2*-Geodaten, die in einem eigenen XML-Dialekt vorliegen und vom Planungsbüro des japanischen Ministeriums für Land, Infrastruktur, Transport und Tourismus zur Verfügung gestellt wurden. Der Datenbereich, der das gesamte Verkehrssystem Japans abdeckt, beinhaltet 592 Linien, die jeweils neben den geometrischen Informationen (sowohl die Verkehrswege als auch die Punktinfrastrukturen liegen als linienhafte Geometrien vor) auch solche zum Verkehrsmittel (Eisen-, U-, Einschienen-, Magnetschwebe-, Stadtbahn, Tram, Trolleybus, Spurbus, Standseilbahn) und zum Betreiber umfassen (OSM, 2009b).

Queensland's Railways on the Internet (QROTI) ist eine unabhängige, private Website, die Informationen über den Personenverkehr des australischen Bundesstaates Queensland zur Verfügung stellt (Proceed Media, 2004). Die Informationen umfassen auch Daten zu Buslinien und -haltestellen. Deren Konvertierung vom proprietären QROTI-Format in das OSM-XML-Format fand zwar bereits statt, jedoch wird auf einer entsprechenden Wiki-Seite über die Art und den Umfang der Integration der Daten in OpenStreetMap noch diskutiert, vor allem im Hinblick auf deren Tagging-Schema (OSM, 2009k).

Weitere Importquellen – und gegenwärtig die wichtigsten – sind die vom britischen Verkehrsministerium zur Verfügung gestellten Datensätze, die den beiden Systemen NaPTAN und NPTG entstammen, welche beide zuvor beschrieben wurden (s. Kap. II.4-B). Diese werfen zwar hinsichtlich ihrer Integration in OpenStreetMap noch einige Schwierigkeiten auf (so variiert etwa der Informationsumfang und die Zusammensetzung der Datensätze je nach Verkehrsverbund erheblich), jedoch widmen sich diesem Vorgang vor allem Community-MitgliederInnen, die einst selbst an der Ausarbeitung von NaPTAN und NPTG beteiligt waren.

## **C Darstellung von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr**

Die Web-Kartendarstellung *OpenRailMap UK*, die via <http://kaerast.blogbound.com/ukrail> (Stand: 17. März 2009) erreichbar ist, zeigt auf einem graphisch zurückgenommenen und auf wenige topographische Orientierungselemente (Küstenlinien, Siedlungsumrisse) beschränkten OSM-Kartengrund Schienenwege und Halte. Nach letzteren kann via Eingabe ihres Namens in einer entsprechenden Maske gesucht werden. Das präsentierte Gebiet beschränkt sich dabei allerdings auf das Vereinigte Königreich, Nordfrankreich, Westdeutschland und Benelux.

Unter dem URL <http://www.stevechilton.pwp.blueyonder.co.uk/osm/tube/index.html> (Stand: 17. März 2009) ist die *OSM Tube Network Map* einsehbar. Diese Web-Kartendarstellung zeigt auf reduziertem Kartengrund mittels strichlierter und durchgezogener Liniengraphiken die unter- und oberirdischen Verläufe der U-Bahn-Linien der London Underground. Ferner sind auch die Haltestellen der nach Farben unterschiedenen Linien verzeichnet. Allerdings wurde die Datengrundlage der OSM Tube Network Map – ein Dump der OSM-Datenbank – seit Januar 2008 nicht mehr aktualisiert.

Die *ÖPNV-Karte* unter <http://www.öpnvkarte.de/> (Stand: 17. März 2009) ist eine weitere Web-Kartendarstellung, die zwar ganz Mitteleuropa zeigt, jedoch speziell für die OSM-Geodaten zum öffentlichen Personennahverkehr in Deutschland vorgesehen ist. Auf einem lediglich graphisch etwas zurückgenommenen Kartengrund sind hier die Netzinformationen (Linienverläufe) und Punktinfrastrukturen (Haltestellen und -punkte, keine Anlegestellen) folgender Verkehrsmittelkategorien eingetragen: Bus, Eisenbahn, Fähre, S-/Stadtbahn, Straßenbahn, U-Bahn. Dabei hat jede Kategorie eine Farbe, die allen Linienverläufen dieser Kategorie zugeordnet ist. Ferner tragen die Linienverläufe jeweils die Bezeichnung(en) der auf ihnen verlaufenden Linie(n) (z. B. U3 oder S10 S11 S25) als sich in regelmäßigen Abständen wiederholende Beschriftungen. Kartographisch gesehen ist die Darstellung jedoch nur mäßig gelungen, da sich die Linienverläufe oft graphisch überlagern und die Farben bisweilen schwer zuordbar sind auf Grund ihrer Transparenzeigenschaften. Vergleichbar mit der ÖPNV-Karte ist die Testanwendung *ÖPNV Berlin* unter dem URL <http://www.be2art.de/osm/test.php> (Stand: 17. März 2009).

### **Zusammenfassung: Aktivitäten und Schwerpunkte innerhalb der OpenStreetMap-Community**

Diejenigen Beteiligten, die sich innerhalb der OpenStreetMap-Community in Unterprojekten zur Erreichung bestimmter Ziele zusammenschließen, bilden besondere Schwerpunkte und nehmen durch ihre Aktivitäten eine Vorreiterstellung ein. Hierfür diskutieren und entwickeln sie Konventionen für die Modellierung von Geodaten in bestimmten geographischen oder thematischen Bereichen, bemühen sich um Datenimportquellen oder stellen Daten auf spezielle Weisen dar, um Fehler oder Lücken in ihnen aufzuzeigen. Im Hinblick auf den öffentlichen Personennahverkehr existieren einige Unterprojekte, die sich insbesondere mit der Datenerfassung in spezifischen Regionen und Verkehrsverbänden befassen oder aber wichtige Quellen für den Datenimport aufgetan haben, wie etwa die NaPTAN- und NPTG-Datensätze. Ferner gibt es einige Bemühungen bezüglich der expliziten Darstellung von ÖPNV-Infrastrukturelementen und -Netzinformationen in OpenStreetMap als Web-Karten, wie etwa die ÖPNV-Karte oder die OSM Tube Network Map.

### III.2 Analyse des Schemas für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr

Der Inhalt dieses Unterkapitels verschafft einen Überblick über das Datenschema, anhand dessen diejenigen Geoobjekte als Map Features in OpenStreetMap umgesetzt sind, die einen Bestandteil des öffentlichen Personennahverkehrs ausmachen. Dies betrifft sowohl die relevanten punkt- und linienhaften Elemente der materiellen Verkehrsinfrastruktur als reale Geoobjekte (Teile der Straßennetze, Schienen- und Wasserwege sowie Halte) als auch Netzinformationen als abstrakte Geoobjekte (Linien, Liniennetze und Tarifzonen). Erläutert ist das Datenschema anhand der verschiedenen Verkehrsmittel im ÖPNV und deren Entitätsklassen in OpenStreetMap (s. Abb. B-1) sowie abschließend anhand der Liniennetze und Tarifzonen. Dabei werden jeweils geometrische und thematische Attribute benannt und beschrieben: Wie sind die Map Features im Wiki dokumentiert? Wie werden diese tatsächlich gestaltet, und zwar zum einen vom Großteil der OSM-Beteiligten, zum anderen von den bezüglich des ÖPNV aktivsten Teilen der Community? Neben diesen Beschreibungen finden sich zusätzlich Ausführungen zur Kritik: Welche wichtigen Elemente fehlen oder sind nur selten erfasst? Welche unwichtigen Elemente können fortgelassen werden? Liegt stets eine saubere und sinnvolle Trennung von Infrastruktur und Netz vor? Die für dieses Unterkapitel erstellten Tabellen und Diagramme, die jeweils die Verwendung bestimmter Attribute veranschaulichen, resultieren aus PostgreSQL/PostGIS-Datenbankabfragen von OSM-Daten für Europa (Stand: 23. März 2009; s. <http://www.kahlfrost.de/diplom/code/sql/statistiken.sql>). Diese geographische Eingrenzung wurde vorgenommen, da somit a) die Datenmengen besser handhabbar waren, b) Europa zur Zeit die dichteste OSM-Datenabdeckung aufweist und c) der ÖPNV überwiegend in Europa in der zuvor beschriebenen organisierten Form (s. Kap. II.2-C) stattfindet.

#### A Bus

Den Großteil ihrer Fahrwege legen *Busse* auf öffentlichen Straßen zurück, die – freilich abgesehen von ihrer obligaten Eignung für Fahrzeuge mit entsprechendem Gewicht und entsprechender Länge – nicht speziell für diese vorgesehen oder ausgebaut sein müssen. Daher wird deren umfangreiches OSM-Datenschema an dieser Stelle auch nicht näher betrachtet. Jedoch sind für Busse gelegentlich eigene Zufahrtswege oder Straßenabschnitte reserviert, die als Ways mit den Tags `highway=service`, `access=no` (Benutzung nicht erlaubt) und `psv=yes` (Ausnahme für Linienverkehr) repräsentiert werden. Separate Busfahrstreifen finden hingegen de facto noch nicht Eingang in OpenStreetMap, obwohl ihre Berücksichtigung für Routingberechnungen von Bedeutung wäre (Hickman, 2008), insbesondere im Individualverkehr, da Busfahrstreifen für diesen eine Einschränkung darstellen. Allerdings gibt es in der Community Bestrebungen für die generelle Berücksichtigung verschiedener Fahrstreifen und deren Aufnahme als Mitglieder in spezielle Fahrstreifen-Relationen (OSM, 2009g; OSM, 2008i).

*Bushaltestellen* werden als Nodes mit dem Tag `highway=bus_stop` erfasst. Obwohl über deren Platzierung innerhalb der Community nach wie vor diskutiert wird, orientieren sich die MapperInnen in der Regel an der Mehrheitsmeinung und verwenden als Position den jeweiligen Standort der Haltestellenkennzeichnung und nicht einen Punkt auf der Straße noch die tatsächliche Halteposition des Fahrzeugs. Dieses Verfahren gewährleistet das Vorhandensein der Information darüber, auf welcher Straßenseite sich eine Haltestelle befindet. Ferner können Haltestellen somit einfach verschoben werden ohne beispielsweise im Zuge dessen den Straßenverlauf ändern zu müssen. Die Nachteile, die sich auf Grund dieses Verfahrens für Routingberechnungen ergeben, wie etwa die fehlende explizite Zuordnung zu einer Straße, werden dadurch umgangen (aber nicht gelöst), dass die Haltestellen als Mitglieder in Relationen für Buslinien aufgenommen werden und folglich mit der zugehörigen Straße assoziierbar sind, falls diese ebenfalls in dieselbe Relation miteinfließt (OSM, 2009r). Für die Zukunft wird aber in jedem Fall ein Punkt auf der Straße notwendig sein, auch, um eine Übereinstimmung mit den schienengebundenen Halten herzustellen, die überwiegend auf den Ways für die Schienenwege platziert werden. Nachfolgende Tabelle (s. Tab. 3-1) und das Diagramm (s. Abb. 3-1) veranschaulichen diejenigen für die Bestandsanalyse relevanten Tags (also nicht `source=*` o.Ä.), mit denen Bushaltestellen von den OSM-Beteiligten in aller Regel thematisch attribuiert werden – zusätzlich zum obligaten `highway=bus_stop`:

Tab. 3-1 Tags für Bushaltestellen in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
highway	bus_stop	kennzeichnet einen Node als Bushaltestelle	96.627 (100 %)
name	Text	Name	60.001 (62 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	9.104 (9 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	7.696 (8 %)
shelter	[yes no]	Unterstellmöglichkeit vorhanden?	6.268 (6 %)
bus_routes	Text/Zahl	listet alle Buslinien, die an der Bushaltestelle halten	2.230 (2 %)
bus_lines	Text/Zahl	listet alle Buslinien, die an der Bushaltestelle halten	1.889 (2 %)
network	Text	Verkehrsverbund	1.844 (2 %)
line	Text/Zahl	listet alle Buslinien, die an der Bushaltestelle halten	1.595 (2 %)
uic_ref	Zahl	IBNR	1.069 (1 %)

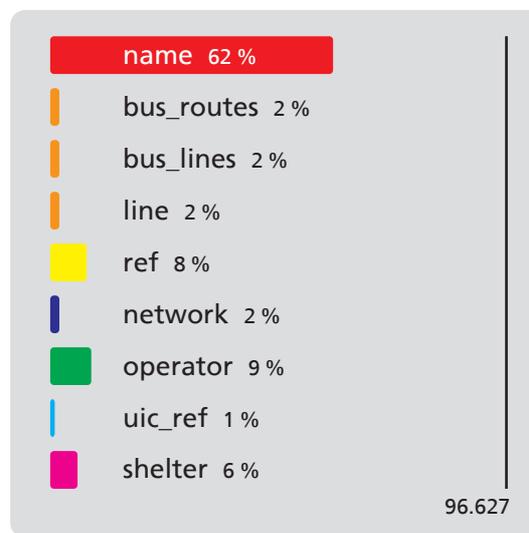


Abb. 3-1 Tags für Bushaltestellen in OpenStreetMap

Die Community verwendet das Tag `ref=*` sehr uneinheitlich. Wo eigentlich eine nationale Referenzbezeichnung respektive -nummer der Bushaltestelle (oder, falls nicht vorhanden, deren eindeutige ID innerhalb des Verkehrsunternehmens bzw. -verbundes) verwendet werden sollte, werden oft die ID der OSM-Relationen oder die Bezeichnungen der Linien angegeben, denen die Bushaltestelle angehört: Werte also, die eher zusammen mit den Keys `bus_routes`, `bus_lines` oder `line` erwartet werden. Das Erfassen dieser Werte für Haltestellen ist sehr umständlich, da sie bei einer Änderung der Linienbezeichnungen oder einer Umgestaltung der Linien für jede Haltestelle geändert werden müssen, und nicht von Relevanz, da Haltestellen bereits durch ihre Mitgliedschaft in Relationen ihren Linien zugeordnet sind. Nichtsdestoweniger ist diese Vorgehensweise nicht falsch, sondern nur überflüssig und wenig gelungen, da hier auch oftmals mehrere, durch Semikola getrennte Werte für einen Key vergeben werden (etwa, wenn eine Haltestelle von mehreren Linien angefahren wird). Auch `operator=*` und `network=*` sind vielfach als Tags erfasst: Letzteres ist jedoch genau dann abkömmlich, wenn die Haltestelle ohnehin als Mitglied in übergeordnete Relationen für Liniennetze einfließt und somit einem oder mehreren Verkehrsverbänden zugeordnet ist.

Die Konventionen mancher ÖPNV-Unterprojekte innerhalb der Community, die sich unter anderem auch der homogenen und vollständigen Erfassung von Bushaltestellen widmen, beinhalten von den oben gelisteten Tags meist nur `ref=*` und `name=*` sowie manchmal auch die Angabe der IBNR mit `uic_ref=*` und reduzieren die Zusatzattribute somit auf die wesentlichen. Darüberhinaus empfehlen einige Projektgruppen die Aufnahme von Informationen zur Tarifzone des Verkehrsverbundes, in der sich die Haltestelle befindet, mittels des Tags `fee_zone=*`.

Die für den Import in OpenStreetMap zur Verfügung stehenden QROTI-Daten umfassen unter anderem auch Bushaltestellen, die nach deren Konvertierung in OSM-XML als Nodes mit folgenden Tags notiert sind (s. Tab 3-2):

Tab. 3-2 Tags für Bushaltestellen nach dem QROTI-Schema

Key	Value	Erläuterung
highway	bus_stop	kennzeichnet einen Node als Bushaltestelle
name	Text	Name
ref	Zahl	Referenz-ID
zone	Zahl	Tarifzone
network	au_translink	Verkehrsverbund TransLink Transit Authority
url	Text	Hyperlink zur QROTI-Website für Details über die Bushaltestelle
last_surveyed	Datum	datiert letzte Vor-Ort-Besichtigung

Diese Auflistung stimmt weitgehend mit den oben genannten Konventionen mancher ÖPNV-Unterprojekte in OpenStreetMap überein, zumindest hinsichtlich der ersten vier Tags. Was das Tag `network=au_translink` betrifft, so könnte dieses auch fortgelassen werden, da jede mittels der QROTI-Datenquelle importierte Bushaltestelle einer Linie zugeordnet ist, die wiederum über dieses Tag verfügt. Ungewöhnlich bei diesem Schema sind die Keys `url` und `last_surveyed`, deren Werte auf weitere Details verweisen sowie Auskunft geben über die letzte Überprüfung der Haltestelle auf Veränderungen vor Ort. Letzterer Key wäre allerdings nicht erforderlich, da die verlinkten Angaben auf der QROTI-Website auch über aktuelle Änderungen an der Haltestelle informieren.

*Busbahnhöfe* werden meist als Nodes mit dem Tag `amenity=bus_station` erfasst. Dies ist den Diskussionen innerhalb der OSM-Community zufolge der Tatsache geschuldet, dass unerfahrene MapperInnen normale Bushaltestellen versehentlich als Busbahnhöfe aufnehmen. Einen größeren Konsens findet indes die geometrische Beschreibung eines solchen Map Features als Fläche, die vielfach durch das Tag `area=yes` zusätzlich als solche hervorgehoben wird oder durch `building=yes`, falls es sich um einen Busbahnhof handelt, der in ein Gebäude integriert ist (OSM, 2009m). Aus den beiden Tabellen im Anschluss (s. Tab. 3-3, 3-4) lassen sich die häufigsten thematischen Attribute herauslesen, mit denen Busbahnhöfe in OpenStreetMap einerseits als Nodes, andererseits als Flächen getaggt werden:

Tab. 3-3 Tags für als Nodes erfasste Busbahnhöfe in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
amenity	bus_station	kennzeichnet einen Node als Busbahnhof	4.354 (100 %)
name	Text	Name	3.542 (81 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	107 (2 %)
highway	bus_stop	kennzeichnet den Node zusätzlich als Bushaltestelle	77 (2 %)

Tab. 3-4 Tags für als Flächen erfasste Busbahnhöfe in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
amenity	bus_station	kennzeichnet eine Fläche als Busbahnhof	479 (100 %)
name	Text	Name	294 (61 %)
area	yes	weist zusätzlich auf eine Fläche hin	102 (21 %)
building	yes	weist zusätzlich auf ein Gebäude hin	48 (10 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	16 (3 %)

Das grundlegend neue Konzept für die Aufnahme von Bushaltestellen und -bahnhöfen als Map Features in OpenStreetMap, das sich aus dem Vorschlag zur »unified stoparea« (s. Kap. III.1-A) ergibt, wendet sich gegen den Konsens innerhalb der Community, Bushaltestellen am Standort ihrer Kennzeichnung zu positionieren. Vielmehr wird empfohlen, mit `highway=bus_stop` getaggte Nodes für die tatsächlichen Haltepositionen der Fahrzeuge direkt auf Straßen oder reservierte Zufahrtswege (als Stützpunkte der hierfür vorhandenen Ways) zu setzen, welche dann auch als einzige Elemente der Haltestellen als Mitglieder in Buslinien-Relationen übernommen werden sollen. Ferner wird empfohlen, als Zusatz entweder die Standorte der Haltestellenkennzeichnungen (Nodes) oder die gegebenenfalls vorhandenen Bussteige (linien- oder flächenhafte Ways) zu erfassen, jeweils mit dem Attribut `highway=platform`. Hier soll auch in jedem Fall noch `services=bus` angehängt werden, um zu verdeutlichen, dass es sich um Bushaltestellen handelt. Desweiteren soll ein zusätzlicher Key `ref` als Wert die Nummer (oder Himmelsrichtung) des Bussteiges aufweisen, sofern im Gesamthalt zwei oder mehr davon vorkommen. Der Gesamthalt selbst soll nach diesem Konzept eine Relation des Typs `site` mit dem Tag `site=stop_area` sein, die alle zusammengehörenden Elemente vereint und auch weitere Objekte wie `amenity=shelter` umfassen kann (OSM, 2009j). Folgendes Beispiel zeigt in OSM-XML-Notation eine exemplarische Haltestelleneinrichtung mit typischer Ausstattung, erfasst nach der erläuterten Konvention der »unified stoparea«:

```
<node id='48568' lat='46.8739031' lon='7.7248729'
      timestamp='2009-03-21 11:05:57' user='pvc'>
  <tag k='highway' v='bus_stop' />
</node>
<node id='74504' lat='46.8739084' lon='7.7248796'
      timestamp='2009-03-21 11:06:34' user='ukw'>
  <tag k='amenity' v='shelter' />
</node>
<way id='93345' timestamp='2009-03-21 11:00:21' user='xtc'>
  <nd ref='24242' />
  <nd ref='87252' />
  <tag k='highway' v='platform' />
  <tag k='ref' v='west' />
  <tag k='services' v='bus' />
</way>
<way id='93346' timestamp='2009-03-21 11:02:40' user='abc'>
  <nd ref='35235' />
  <nd ref='35237' />
  <tag k='highway' v='platform' />
  <tag k='ref' v='east' />
  <tag k='services' v='bus' />
</way>
<relation id='120022' timestamp='2009-02-22 08:29:21' user='lsd'>
  <member type='node' ref='48568' role='' />
  <member type='node' ref='74504' role='' />
  <member type='way' ref='93345' role='' />
  <member type='way' ref='93346' role='' />
  <tag k='type' v='site' />
  <tag k='site' v='stop_area' />
  <tag k='ref' v='244' />
  <tag k='uic_ref' v='720582' />
  <tag k='name' v='Windige Höhe' />
</relation>
```

*Busbahnhöfe* sind nach diesem Konzept nur dann als solche zu identifizieren, wenn die Relation des Gesamthalts eine Fläche, ein Gebäude oder einen Punkt mit dem Attribut `amenity=station` enthält. Insgesamt sind die Vorschläge als gelungen und richtungsweisend zu bezeichnen, da nunmehr auch die Zusatzausstattungen von Halten detailliert abbildbar sind, Zusammenhänge besser erfasst werden können und Routingberechnungen durch die vorgesehene Platzierung der Nodes auf den Straßen erleichtert werden. Zu kritisieren ist allerdings, dass der Vorschlag eine nur geringe Kompatibilität zu den bereits bestehenden Daten aufweist und dass die Haltepositionen der Fahrzeuge weiterhin mit vielen unterschiedlichen Tags erfasst werden sollen, statt mit einem neuen, vom Verkehrsmittel unabhängigen, einheitlichen Attribut.

Die NaPTAN-Daten, welche OpenStreetMap als Importquelle zur Verfügung gestellt wurden (s. Kap. III.1-B), machten die Entwicklung eines umfangreichen, für den automatischen Import der Daten jedoch unerlässlichen Tagging-Schemas notwendig. Dieses basiert auf den beiden NaPTAN-Hauptelementen STOP POINT und STOP AREA und macht Informationen, die für OSM zwar nur von geringer Bedeutung sind, aber bewahrt werden sollen, durch die Ausstattung der betroffenen Keys mit dem Präfix `naptan:` deutlich, welches auf den NaPTAN-Befehlsraum hinweist – ähnlich der Referenz auf einen anderen Namensraum in einem XML-Dokument. Als Indikatoren für Bushaltestellen gelten nach diesem Tagging-Schema deren Haltestellenkennzeichnungen (auch innerhalb von Busbahnhöfen) und als Indikatoren für Busbahnhöfe die Eingangsbereiche derselben. Beide Gruppen werden – gemäß ihrer NaPTAN-Zugehörigkeit zu den STOP POINTS – als Nodes erfasst, wobei erstere mit `highway=bus_stop` und `naptan:bus_stop=yes`, letztere mit `amenity=bus_station` und `naptan:bus_station=yes` getaggt werden. Als weitere Attribute sind unter anderem vorgesehen:

- `ref=*` (eindeutige öffentliche NaPTAN-ID),
- `name=*` (Name),
- `alt_name=*` (Alternativname),
- `local_ref=*` (lokale Bussteigbezeichnung/ -nummer),
- `naptan:AtcoCode=*` (eindeutige interne NaPTAN-System-ID) und
- `naptan:Street=*` (Straßenname).

Ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf Bushaltestellen ist außerdem die Bewahrung bereits in OSM vorhandener Map Features. Die Tags `highway=bus_stop` sollen dabei erhalten bleiben, durch den automatischen Import der NaPTAN-Daten werden weitere Informationen beigefügt und die ursprünglichen Werte von `name` und `ref` werden überschrieben. Entitäten hingegen mit der NaPTAN-Zugehörigkeit zu den STOP AREAS sollen als Relationen des Typs `site` mit `site=stop_area` erfasst werden – genau wie die Gesamthalte im oben erläuterten Vorschlag zur »unified stoparea«. Weitere thematische Attribute für STOP AREAS sind unter anderem (OSM, 2009e):

- `naptan:StopAreaCode=*` (eindeutige öffentliche NaPTAN-ID),
- `name=*` (Name) und
- `naptan:StopAreaType=*` (Art der STOP AREA in NaPTAN).

Da in der Terminologie des ÖPNV Linien als Routen im Verkehrsnetz definiert sind (s. Kap. II.2-E), ist es folgerichtig, dass *Buslinien* vorwiegend als Relationen mit `route=bus` modelliert werden. Ein großer Fortschritt ist in diesem Zusammenhang die Einführung von geordneten Mitgliederlisten für Relationen mit der Version 0.6 des OSM-Protokolls, denn eine solche Ordnung bringt den gewichtigen Vorteil mit sich, dass sie die Auflistung der korrekten Reihenfolge der befahrenen Straßenabschnitte und bedienten Haltestellen zulässt; und da ein Map Feature in Version 0.6 auch mehrfach als Relationsmitglied vorkommen kann, lassen sich komplexe Linienverläufe abbilden, wie etwa das zweimalige Befahren eines Straßenabschnitts mit einer Haltestelle, die nur auf einer Fahrt bedient wird. Weil zuvor (bis einschließlich der API-Version 0.5) jedoch ungeordnete Relationen verwendet wurden, musste sich die Community lange Zeit mit nunmehr obsoleten Hilfskonstruktionen und Umgehungslösungen behelfen, anhand deren eine logische Reihenfolge aller Relationsmitglieder aufgebaut werden musste: Straßenabschnitte wurden jeweils mit der Rolle `forward` (in Richtung des Ways) oder `backward` (entgegen dieser Richtung) versehen und Haltestellen mit `forward_stop` (in Richtung der Linie) oder `backward_stop` (entgegen dieser Richtung), falls diese nur in einer Richtung bespektive angefahren wurden. Zudem beinhalteten die Angaben zu den Rollen der Haltestellen manchmal deren laufende Nummern. Da ein Map Feature nicht mehrfach als Mitglied in der ungeordneten Liste in Erscheinung treten konnte, mussten einem Mitglied jeweils mehrere, durch Semikola getrennte Rollen zugewiesen werden, sofern dies erforderlich war. Unabhängig von den Fortschritten im Bezug auf Relationen legt die Mehrheit der OSM-Community Buslinien jedoch als Ways an oder fügt sie den bestehenden Ways für Straßen hinzu. Dies ist hinsichtlich der Trennung von Infrastrukturelementen und Netzinformationen äußerst problematisch. Die nachfolgenden Tabellen (s. Tab. 3-5, 3-6) und Diagramme (s. Abb. 3-2, 3-3) zeigen die Attribute auf, mit denen Buslinien in OpenStreetMap färgewöhnlich ausgestattet werden, und zwar einerseits als Relationen und andererseits als Ways:

Tab. 3-5 Tags für als Relationen erfasste Buslinien in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
route	bus	kennzeichnet eine Relation als Buslinie	2.582 (100 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	2.514 (97 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	1.940 (75 %)
name	Text	Name	1.518 (59 %)
network	Text	Verkehrsverbund	1.408 (55 %)
from	Text	Ausgangshaltestelle	233 (9 %)
to	Text	Endhaltestelle	233 (9 %)
color	Text	Linienfarbe	25 (1 %)
url	Text	Hyperlink zum Fahrplan	24 (1 %)

Tab. 3-6 Tags für als Ways erfasste Buslinien in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
route	bus	kennzeichnet einen Way als Buslinie	3.579 (100 %)
name	Text	Name	2.406 (67 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	890 (25 %)
network	Text	Verkehrsverbund	35 (1 %)
color	Text	Linienfarbe	35 (1 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	25 (1 %)

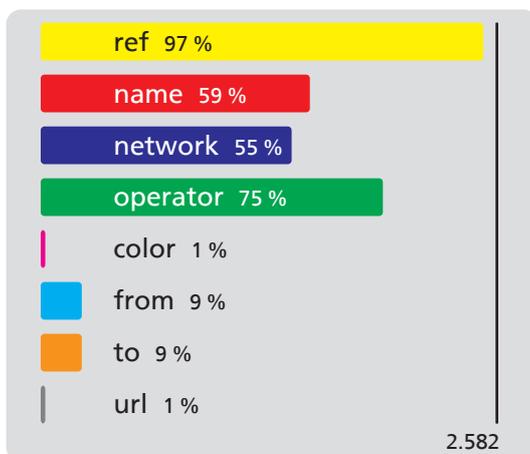


Abb. 3-2 Tags für als Relationen erfasste Buslinien in OpenStreetMap

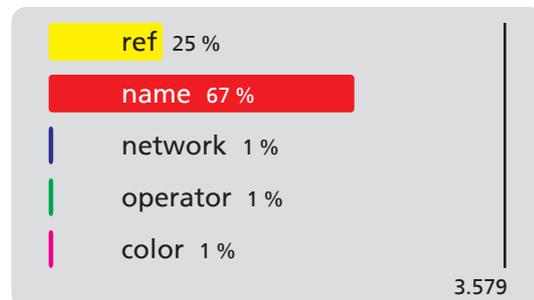


Abb. 3-3 Tags für als Ways erfasste Buslinien in OpenStreetMap

Eine Buslinie verfügt über eine festgelegte Bezeichnung (in der Regel eine alphanumerische Zeichenkette), die sie innerhalb eines Verkehrsunternehmens oder -verbundes eindeutig identifiziert, an oder in den Fahrzeugen angezeigt wird, als Linienkennzeichen an Haltestellen vermerkt ist und auch so in den Fahrplänen steht. Daher ist diese Bezeichnung (Referenz-ID), die als Wert Eingang in das Tag `ref=*` findet, der wichtigste Bestandteil der Erfassungskonventionen für Buslinien innerhalb der ÖPNV-Unterprojekte. Auch die speziellen Web-Kartendarstellungen wie die bereits beschriebene ÖPNV-Karte berücksichtigen für die Beschriftung von Buslinien ausschließlich diese Werte. Obendrein sehen die Konventionen nahezu allesamt den Key `name` vor, dessen Wert entweder ein gegebenenfalls vorhandener Liniename (z. B. »MoonlightBus«) oder aber die Linienbezeichnung mit einem vorangestellten »bus« oder »bus line« sein kann.

Neben Bushaltestellen umfassen die für den Import in OpenStreetMap zur Verfügung stehenden QROTI-Daten auch Buslinien, allerdings mit einer wesentlichen Einschränkung: Die Daten decken lediglich Informa-

tionen über die Haltestellenfolgen ab, nicht jedoch solche über die Straßenabschnitte, welche die Fahrzeuge auf ihren Routen passieren, da diese im Originaldatenbestand mit proprietären Geometriedaten verknüpft sind, die OSM nicht zur Verfügung gestellt wurden. Dennoch liegt eine feine Differenzierung der Linien vor, da auch sich über den Bedienungszeitraum ändernde Linienverläufe berücksichtigt werden, die nach der Konvertierung der QROTI-Daten in das OSM-XML-Format als separate Relationen vorliegen und mit dem Tag `state=alternate` gekennzeichnet sind (OSM, 2009k; Proceed Media, 2004). Diese und die anderen aus der Konvertierung hervorgegangenen Relationen sind mit den folgenden Tags repräsentiert (s. Tab 3-7):

Tab. 3-7 Tags für Buslinien nach dem QROTI-Schema

Key	Value	Erläuterung
route	bus	kennzeichnet eine Relation als Buslinie
ref	Zahl	Referenz-ID
name	Text	wichtigste Stationen (z. B. Lustgarten – Alder Babsaq – Dampfbad)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen
network	au_translink	Verkehrsverbund TransLink Transit Authority
state	alternate	abweichender Linienverlauf
valid_from	Datum	Linienverlauf gültig von
valid_to	Datum	Linienverlauf gültig bis

Diese Auflistung stimmt weitgehend mit den oben genannten Konventionen der ÖPNV-Unterprojekte in OpenStreetMap überein, zumindest hinsichtlich der meisten Tags. Neue Wege beschreibt das Schema hierbei mit den Keys `state` sowie `valid_from` und `valid_to`, deren Werte über einen abweichenden Linienverlauf Auskunft geben sowie über die Gültigkeit des Linienverlaufs allgemein.

Ein zusätzlicher Aspekt im Bezug auf Buslinien, der in den verschiedenen Diskussionen im Wiki und in den Foren nur spärlich behandelt wird, ist die Unterscheidung verschiedener Linienarten: Zwar sind Buslinien gemäß der Konventionen einiger Community-Projekte zum ÖPNV ausdrücklich zu kennzeichnen, falls diese Tages-, Nacht- oder Ergänzungslinien sind, allerdings lediglich mit einem Zusatzvermerk (z. B. einem N für Nachtbusse) im Wert des Tags `ref=*` (und dies auch nur dann, wenn dieser Vermerk nicht ohnehin bereits Teil der Linienbezeichnung ist). Es fehlt hier also ein Tag mit definierten Werten für unterschiedliche Arten von Buslinien. Außerdem können unterschiedliche Konzepte (Metrobus, Schnellbus usw.) bisher allenfalls anhand der Linienbezeichnung differenziert werden, weshalb auch für diese Zwecke ein weiteres Attribut erforderlich sein wird. Dasselbe gilt für Schul- und Ruf-Busse sowie die Unterscheidung zwischen Linien im Busnah- und fernverkehr.

## B Oberleitungsbus

*Oberleitungsbusse* werden innerhalb der gesamten OpenStreetMap-Community wie Busse behandelt. Dies betrifft sowohl einen Teil der linienhaften (Straßen) als auch alle punkthaften Verkehrsinfrastrukturen (*Oberleitungsbushaltestellen* und *-bahnhöfe*), deren sich Trolleybusse bedienen. Der Grund hierfür liegt mutmaßlich in der üblichen Parallelbedienung der Haltestellen durch Trolley- und normale Busse sowie in der Tatsache, dass die Unterschiede der beiden Verkehrsmittel in ihrer Ausprägung für die meisten OSM-MapperInnen irrelevant sind. Der andere Teil der Linieninfrastrukturen besteht aus den *Fahrleitungen*, an die Trolleybusse gebunden sind, welche jedoch in OSM bisher nur im Zusammenhang mit Schienenwegen berücksichtigt werden. Erstrebenswert wäre eine zusätzliche Kennzeichnung von Straßen, die über solche Fahrleitungen verfügen, beispielsweise durch das Hinzufügen des Tags `trolley_wire=yes`.

Die zahlreichen ÖPNV-Unterprojekte in OpenStreetMap widmen sich überwiegend solchen Städten, Regionen oder Verkehrsverbänden, die ohnehin keinen Oberleitungsbusverkehr aufweisen, oder empfehlen für die Erfassung der Haltestellen dieselbe Vorgehensweise wie für Bushaltestellen.

Auch die Aktivitäten rund um den Import der QROTI- und NaPTAN-Daten lassen Trolleybusinfrastrukturen außen vor. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass es in Australien und dem Vereinigten Königreich keine solchen Verkehrsmittel (mehr) gibt.

*Oberleitungsbushlinien*, das heißt die Netzinformationen zum Trolleybusverkehr, unterscheiden sich in OpenStreetMap nicht von Buslinien – mit einer Ausnahme: Die Konventionen im Rahmen des OSM-Projektes zur vollständigen Erfassung der bulgarischen Hauptstadt Sofia empfehlen für Trolleybuslinien-Relationen das Tag `route=trolley` statt `route=bus` (OSM, 2008g). Dies könnte zwar im Sinne der Unterscheidbarkeit zum normalen Buslinienverkehr als Empfehlung für alle Trolleybuslinien ausgesprochen werden, allerdings wäre dies nur von geringem Nutzen, da die Differenzen zu Buslinien zu gering sind – ähnlich den Unterschieden in der tatsächlichen Ausprägung der beiden Verkehrsmittel.

## C Spurbus

*Spurbusse* bedienen sich einer besonderen Art von Spurwegen auf Straßen, die als solche auch den einzigen, ausdrücklich nur für den öffentlichen Personennahverkehr relevanten Teil der Straßen in OpenStreetMap ausmachen. Für die Repräsentation solcher Fahrwege werden nahezu durchweg Ways mit dem Tag `highway=bus_guideway` verwendet. Dieses impliziert dabei für die betroffenen Ways die Beschränkung, dass diese zwar für den Linienverkehr freigegeben sind, nicht jedoch für andere Verkehrsteilnehmer. Trotz der Implikation wird diese Beschränkung von vielen OSM-Beteiligten zusätzlich erfasst mit `access=no` und `psv=yes`. Ist ein Spurweg nur für eine Fahrtrichtung freigegeben, so erhält das zugehörige Map Feature ein weiteres Tag mit dem Key `oneway=*` und dem Value `yes`, falls die Fahrtrichtung mit der Richtung des Ways übereinstimmt, oder `-1`, falls nicht (OSM, 2008h). Nachfolgende Tabelle (s. Tab. 3-8) listet die erläuterten Tags im Zusammenhang mit Spurbus-Fahrwegen auf:

Tab. 3-8 Tags für Spurbus-Fahrwege in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
<code>highway</code>	<code>bus_guideway</code>	kennzeichnet einen Way als Spurbus-Fahrweg	166 (100 %)
<code>oneway</code>	<code>yes</code>	nur für eine Fahrtrichtung freigegeben	44 (24 %)
<code>access</code>	<code>no</code>	Benutzung nicht erlaubt	32 (19 %)
<code>psv</code>	<code>yes</code>	für den Linienverkehr freigegeben	25 (15 %)
<code>name</code>	<code>Text</code>	Name	21 (13 %)

Sowohl *Spurbushaltestellen* und *-bahnhöfe* als auch *Spurbushlinien* werden auf dieselbe Art wie die entsprechenden Entitäten von Bussen und Oberleitungsbussen erfasst, da sie sich von diesen nicht unterscheiden und die eingesetzten Fahrzeuge ohnehin meist nur streckenweise auf Spurwegen unterwegs sind. Ferner sind Spurbusse kein Verkehrsmittel im eigentlichen Sinne, sondern streng genommen fahrtechnische Varianten von normalen oder Trolleybussen.

## D Taxi, Mietfahrzeug und Carsharing

Die straßengebundenen Verkehrsmittel Taxi, Mietfahrzeug und Carsharing sind hier zusammengefasst, da sie allesamt weder für den Massenverkehr geeignet sind noch im Linienverkehr eingesetzt werden, sondern im Bereich des öffentlichen Individualverkehrs anzusiedeln sind. Aus diesem Grund sind in OpenStreetMap lediglich Infrastrukturelemente und keine Netzinformationen zu diesen Verkehrsmitteln abgelegt.

Für die Erfassung von *Taxiständen* sieht das Wiki entweder Nodes oder Flächen vor, die mit dem Tag `amenity=taxi` zu versehen sind. Im Fall eines Nodes soll dieser auf die Position des Verkehrszeichens gesetzt werden, das den Taxistand kennzeichnet. Ein weiteres Tag, welches zwar empfohlen, aber kaum verwendet wird, ist `capacity=*` für die Notierung der maximal möglichen Anzahl wartender Taxis (OSM, 2009q). Die folgenden Tabellen (s. Tab. 3-9, 3-10) geben einen Überblick über die Erfassung von Taxiständen in OpenStreetMap, einerseits als Nodes, andererseits als Flächen:

Tab. 3-9 Tags für als Nodes erfasste Taxistände in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
amenity	taxi	kennzeichnet einen Node als Taxistand	1.352 (100 %)
name	Text	Name	224 (17 %)
phone	Zahl	Telefonnummer	72 (5 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	67 (5 %)
operator	Text	betreibendes Taxiunternehmen	66 (5 %)
capacity	Zahl	maximale Anzahl wartender Taxis	32 (2 %)
presence	Text	Belegzeiten	10 (1 %)

Tab. 3-10 Tags für als Flächen erfasste Taxistände in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
amenity	taxi	kennzeichnet eine Fläche als Taxistand	33 (100 %)
area	yes	weist zusätzlich auf eine Fläche hin	9 (27 %)
capacity	Zahl	maximale Anzahl wartender Taxis	5 (15 %)
name	Text	Name	4 (12 %)
presence	Text	Belegzeiten	2 (6 %)

Eine Entitätsklasse, an der es bislang in OSM mangelt, sind *Taxirufsäulen*: Diese könnten als Nodes mit den Tags `amenity=callbox` und `taxi=yes` sowie `operator=*` (für das verantwortliche Taxiunternehmen) und gegebenenfalls auch `bus=yes` erfasst werden (um zu zeigen, dass von der Rufsäule auch Ruf-Busse angefordert werden können).

Ebenfalls als Nodes oder Flächen sind diejenigen Einrichtungen aufgenommen, die Fahrzeuge vermieten: `amenity=bicycle_rental` für *Mietfahrräder* und `amenity=car_rental` für *Miet-Pkw*. Obendrein werden häufig die Tags `name=*` für den Namen der Einrichtung und `operator=*` für die betreibende Firma verwendet. Einrichtungen für Miet-Pkw können überdies Gebäude sein und für Mietfahrrad-Stationen mag deren Referenz-ID oder Kapazität an Stellplätzen interessant sein (OSM, 2009l; OSM, 2009n).

Einrichtungen für das *Carsharing*, wie Parkplatzbereiche oder Sammelplätze, werden als Nodes oder Flächen mit `amenity=car_sharing` getaggt, optional mit `operator=*` für die betreibende Firma und `capacity=*` für die Notierung der maximal möglichen Anzahl abstellbarer Pkw (OSM, 2009o).

## E Sonderformen des öffentlichen Personennahverkehrs

Um mit der Bestandsanalyse der straßengebundenen Verkehrsmittel im ÖPNV abzuschließen, seien hier noch die *ÖPNV-Sonderformen* erwähnt, über die innerhalb der Community kaum diskutiert wird und die bislang bei der Geodatenerfassung nicht berücksichtigt werden. Eine Ausnahme bilden die OSM-Beteiligten, die sich mit dem QROTI-Datenimport beschäftigen. Vorgesehen ist hierbei die Zuweisung der Rolle `haul` für Straßenabschnitte, die sich als Mitglieder in Buslinienrelationen finden und auf denen *Trampbusse* auf Wunsch halten. Nicht berücksichtigt wird dies jedoch im zugehörigen Tagging-Schema, das eben keine separaten Relationen vorsieht für Trampbuslinien, die beispielsweise mit einem bestimmten Tag als solche indiziert werden könnten – dies machte im Übrigen auch die Rollenzuweisung hinfällig. Die zur Verfügung stehenden NaPTAN-Daten enthalten zwar ebenfalls Informationen zu Trampbussen, allerdings wurde beschlossen, diese vorerst nicht zu importieren.

Die übrigen ÖPNV-Sonderformen können zum einen als nicht für OpenStreetMap geeignet angesehen werden, wie die (Anruf-)Sammeltaxis, die keinen festen Routen folgen; zum anderen weichen Bürgerbusse (welche nicht von einem Verkehrsunternehmen, sondern durch Bürgerinitiativen betrieben werden) und

Linientaxis (die lediglich aus Fahrzeugen bestehen, die kleiner sind als die regulär eingesetzten) zu wenig vom normalen Buslinienbetrieb ab, um gesondert beachtet zu werden.

## F Regionalbahn

Wie zuvor bereits erwähnt, nutzen *Regionalbahnen* grundsätzlich die vorhandenen Linieninfrastrukturen der Eisenbahnen (s. Kap. II.2-D). In OpenStreetMap sind diese Schienenwege als Ways mit `railway=rail` getaggt. Zusätzlich zu diesem Attribut wird den Map Features oft noch ein weiteres Tag hinzugefügt, das über deren Elektrifizierung Auskunft gibt, und zwar mit dem Key `electrified` und dem Value `contact_line` (Fahrleitung als Oberleitung vorhanden) `yes` (Elektrifizierung generell vorhanden) oder `no` (keine Elektrifizierung). Zur Beschreibung der verwendeten Spannung für die Fahrleitung existiert ferner der mit einem numerischen Value belegte Key `voltage`, für die Frequenz `frequency`. Führt ein Streckenabschnitt durch einen Tunnel oder über eine Brücke, so ist dieser mit den Tags `tunnel=yes` respektive `bridge=yes` gekennzeichnet. Auch die Namen von Eisenbahnschienenwegen, -brücken oder -tunneln werden oftmals erfasst, nämlich mit dem Tag `name=*` und Verkehrswegnummern finden sich bisweilen als Werte des Keys `ref` (OSM, 2009c). Das Tag `service=*` weist darauf hin, dass es sich beim entsprechenden Schienenweg um ein Nebengleis handelt (Abstell-, Anschluss-, Ausweich-, Rangier- oder Verschiebegleis). Zwei- oder mehrgleisige Schienenwege auf freier Strecke werden derzeit in der Regel als Trassen und somit als *ein* Way angelegt. Als Teil der Gleisanlagen von Bahnhöfen jedoch wird bereits meist ein Way je Gleis erfasst. Nachfolgende Tabelle (s. Tab. 3-11) und das Diagramm (s. Abb. 3-4) zeigen diejenigen relevanten Tags auf, mit denen Eisenbahnschienenwege von den OSM-Beteiligten in aller Regel thematisch attribuiert werden:

Tab. 3-11 Tags für Eisenbahnschienenwege in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
railway	rail	kennzeichnet einen Way als Eisenbahnschienenweg	97.718 (100 %)
layer	Zahl	Ebene (genutzt für Überlagerungen oder besseres Rendering)	28.723 (29 %)
bridge	[yes swing viaduct]	Brücke	23.250 (24 %)
name	Text	Verkehrswegname	16.878 (17 %)
electrified	[yes no contact_line]	Elektrifizierung	12.158 (12 %)
tunnel	yes	Tunnel	3.682 (4 %)
frequency	Text/Zahl	Frequenz	2.973 (3 %)
voltage	Zahl	Spannung	2.973 (3 %)
gauge	Text/Zahl	Spurweite	2.776 (3 %)
ref	Text/Zahl	Verkehrswegnummer	2.622 (3 %)
service	[siding spur yard]	Gleiskategorien für Nebengleise	2.471 (3 %)
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen	1.616 (2 %)

Kritisch zu sehen ist die Tatsache, dass bei vielen dieser Schienenwege Netzinformationen gemeinsam mit den Infrastrukturelementen erfasst werden. So sind etwa sehr oft die Namen und Referenz-ID von Linien erfasst statt der Verkehrswegnamen und -nummern.

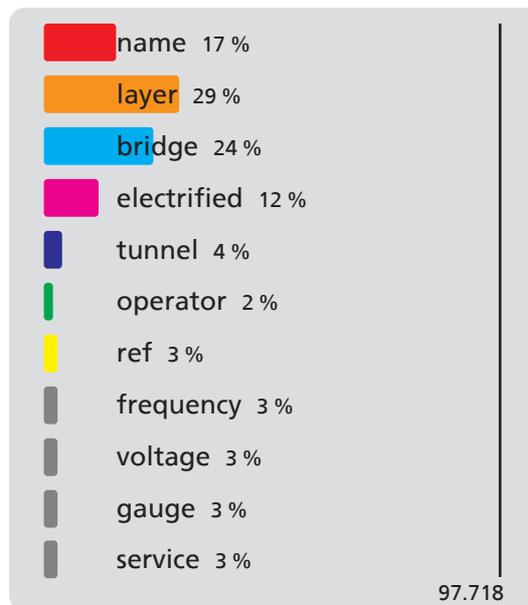


Abb. 3-4 Tags für Eisenbahnschienenwege in OpenStreetMap

Die Konventionen der Eisenbahn-Unterprojekte innerhalb der Community, wie zum Beispiel des WikiProjects Belgium/Railways oder der OpenRailMap (s. Kap. III.1-A), halten sich meist an die zuvor erläuterten Gewohnheiten der Community, die mit den Dokumentationen im Wiki weitgehend übereinstimmen. Allerdings existieren zwei Vorschläge, die sich unter anderem der homogeneren Erfassung von linearen Eisenbahninfrastrukturen in OpenStreetMap widmen. Der Vorschlag »Multiple Tracks« (s. Kap. III.1-A) regt an, mittels des zusätzlichen Attributs `tracks=*` die Anzahl der Gleise zu taggen, die eine Trasse nutzen. Diese Idee wird in OSM an einigen Stellen bereits umgesetzt (OSM, 2009h). Das Konzept für ein erneuertes Tagging-Schema für schienengebundene Verkehrsmittel – »Railway« (s. Kap. III.1-A) – hingegen ist umfassender und orientiert sich am aktuellen Datenschema für die Repräsentation von Straßen. Unterschieden werden soll dabei zwischen vier Hauptarten von Schienenwegen (u. a. `railway=rail` für Eisenbahnschienenwege), die wiederum nach ihrem Typ zu differenzieren sind (u. a. `type=transport` für normale Transportbahnen). Die Verkehrsmittel, welche den entsprechenden Schienenweg am häufigsten nutzen, sollen durch weitere Tags gekennzeichnet sein, im Falle der Regionalbahnen (wie auch der Eisenbahnen allgemein) wäre dies hingegen nur eines, nämlich `train=yes`. Darüberhinaus ist insbesondere für Eisenbahnen ein Key `priority` vorgesehen, dessen Wert den Streckenabschnitt hierarchisch einordnet (z. B. `secondary` für das Überwiegen des Nah- und Regionalverkehrs auf dem Abschnitt). Die Anzahl der Gleise drückt sich in einem oder zwei Tags aus: `detail` nimmt den Wert `track` an bei eingleisigem Verlauf und `line` bei zwei oder mehr Gleisen, worauf ein nachfolgendes Tag `tracks=*` über deren Anzahl Auskunft erteilt. Ferner können weitere Attribute verwendet werden, wie beispielsweise `gauge=*` für die Spurweite, Attribute zur Elektrifizierung oder `construction=yes`, falls sich der Verkehrsweg im Bau befindet (OSM, 2009i). Folgendes Beispiel zeigt in OSM-XML-Notation einen exemplarischen Streckenabschnitt mit Regelspurweite im Regionalbahnverkehr, erfasst nach den erläuterten Empfehlungen des »Railway«-Vorschlags:

```
<way id='57238' timestamp='2009-03-23 18:42:59' user='ekg'>
  <nd ref='41244' />
  <nd ref='43297' />
  <nd ref='43297' />
  <tag k='railway' v='rail' />
  <tag k='type' v='transport' />
  <tag k='train' v='yes' />
  <tag k='priority' v='secondary' />
  <tag k='detail' v='line' />
  <tag k='tracks' v='2' />
  <tag k='gauge' v='1435' />
</way>
```

Kritisch zu sehen in Bezug auf diesen Vorschlag ist – neben der umständlichen Erassung der Anzahl der Gleise je Trasse – vor allem die Verwendung des Tags `priority=*`, welches das Map Feature nicht differenziert beschreibt, sondern lediglich Informationen darüber vermittelt, wie das Objekt überwiegend einzuordnen ist, nämlich hinsichtlich seiner Wichtigkeit. Zudem sind die Bezeichnungen der Keys `type` und `priority` wenig gelungen, dass diese zu allgemein sind und keine Aussagekraft haben, wenn sie nicht im konkreten Zusammenhang verwendet werden. Positiv ist hingegen zu sehen, dass sich der Vorschlag vielen, noch ungeklärten Fragen sowie der Zuteilung von Schienenwegen zu mehreren Verkehrsmitteln widmet. Fraglich und noch zu klären ist allerdings, ob dies bereits auf der Infrastrukturebene notwendig ist.

*Eisenbahnhaltepunkte* (für Regionalbahnen) werden als Nodes mit dem Tag `railway=halt` erfasst, die direkt auf den Schienenwegen platziert werden. Zwei weitere Attribute, die von den OSM-Beteiligten in aller Regel aufgenommen werden, sind `name=*` für den Namen des Haltepunktes und `ref=*` für dessen Referenz-ID, die jedoch – ähnlich der Situation bei den Bushaltestellen – sehr uneinheitliche Bedeutungen aufweist. Über den Umgang mit Eisenbahnhaltepunkten wird innerhalb der Community wenig diskutiert und es gibt keinerlei Unterprojekte, welche ihr Hauptaugenmerk auf sie legen oder sich ihnen ausdrücklich widmen. Die Tabelle (s. Tab. 3-12) sowie das Diagramm (s. Abb. 3-5) veranschaulichen diejenigen für die Bestandsanalyse relevanten Tags, mit denen Eisenbahnhaltepunkte von den OSM-Beteiligten thematisch attribuiert werden:

Tab. 3-12 Tags für Eisenbahnhaltepunkte in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
<code>railway</code>	<code>halt</code>	kennzeichnet einen Node als Eisenbahnhaltepunkt	5.757 (100 %)
<code>name</code>	<i>Text</i>	Name	5.545 (96 %)
<code>fee_zone</code>	<i>Text/Zahl</i>	Tarifzone	319 (6 %)
<code>lines</code>	<i>Text/Zahl</i>	listet alle Bahnlinien, die am Eisenbahnhaltepunkt halten	197 (3 %)
<code>uic_ref</code>	<i>Zahl</i>	IBNR	180 (3 %)
<code>ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	Referenz-ID	118 (2 %)
<code>operator</code>	<i>Text</i>	betreibendes Verkehrsunternehmen	66 (1 %)

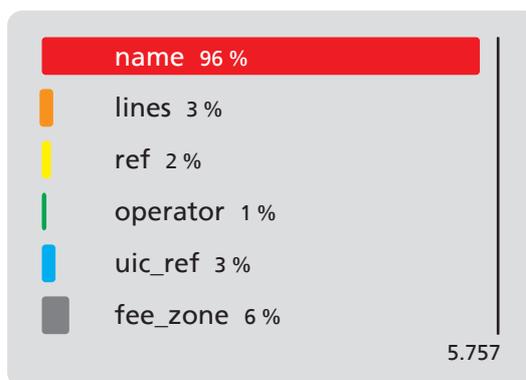


Abb. 3-5 Tags für Eisenbahnhaltepunkte in OpenStreetMap

*Bahnhöfe* (für Regionalbahnen) sind laut den Diskussionen in den Foren sowie den Dokumentationen im Wiki als Node auf den Schienenwegen zu positionieren und mit dem Tag `railway=station` auszustatten sowie mit näheren Erläuterungen, wie etwa einem Namen und einer Referenz-ID, beispielsweise der mit `uic_ref=*` zu taggenden IBNR (OSM, 2009t). Im Folgenden (s. Tab. 3-13; Abb. 3-6) ist ersichtlich, wie Bahnhöfe tatsächlich von den OSM-Beteiligten modelliert werden:

Tab. 3-13 Tags für Bahnhöfe in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
railway	station	kennzeichnet einen Node als Bahnhof	19.142 (100 %)
name	Text	Name	18.485 (97 %)
uic_ref	Zahl	IBNR	694 (4 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	333 (2 %)
uic_name	Text	offizieller Name nach der UIC	229 (1 %)
network	Text	Verkehrsverbund	194 (1 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	167 (1 %)

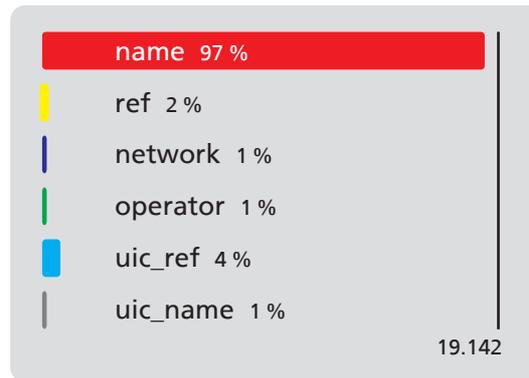


Abb. 3-6 Tags für Bahnhöfe in OpenStreetMap

Für die Modellierung von Bahnhofsgebäuden regt das Wiki die Erfassung separater Map Features in flächenhafter Ausprägung mit den Attributen `building=train_station` und `name=*` an (OSM, 2009t). Weitere Elemente im Zusammenhang mit Bahnhöfen sind die Bahnsteige, die als linien- oder flächenhafte Ways das thematische Attribut `railway=platform` aufweisen und laut Dokumentation im Wiki via `ref=*` mit der Nummer des Gleises ausgestattet werden sollen, auf die sie sich beziehen (OSM, 2009s). Dabei wird dieser Key aber häufig mit zwei Werten belegt – eine Vorgehensweise, die generell vermieden werden sollte.

Die Unterscheidung zwischen Eisenbahnhaltepunkten und Bahnhöfen macht das Konzept zu »unified stoparea« hinfällig – vielmehr soll gemäß diesem über die Wichtigkeit einer Punktinfrastruktur die Anzahl seiner Haltepositionen Auskunft geben, die als Nodes mit dem Tag `railway=halt` auf die Schienenwege gesetzt werden und später als einzige Elemente der Eisenbahnhaltepunkte/Bahnhöfe in Linienrelationen übernommen werden sollen. Zusätzlich sollen entweder die Standorte der Haltepunktzeichnungen als Nodes oder die Bahnsteige als Ways (linien- oder flächenhaft) erfasst werden, jeweils mit dem Attribut `railway=platform`. Hierbei soll auch in jedem Fall das Attribut `services=rail` angehängt werden, um deutlich zu machen, dass es sich um Eisenbahnhaltepunkte/Bahnhöfe handelt. Ferner soll bei Bahnsteigen ein weiterer Key `ref` als Wert die Nummern der Gleise aufweisen, auf die sich der jeweilige Bahnsteig bezieht. Der Gesamthalt soll nach diesem Konzept eine Relation vom Typ `site` mit dem Tag `site=stop_area` sein, die alle zueinander gehörenden Elemente zusammenfasst sowie optional ein Bahnhofsgebäude als `amenity=station` beinhaltet (OSM, 2009j).

Als Indikatoren für Eisenbahnhaltepunkte gelten nach dem Tagging-Schema für den NaPTAN-Datenimport deren Eingangsbereiche, die Bahnsteige oder die tatsächlichen Haltepositionen der Schienenfahrzeuge. Diese Entitäten sollen gemäß ihrer NaPTAN-Zugehörigkeit zu den STOP POINTS als Nodes erfasst und mit `railway=halt` getaggt werden. Bahnhöfe dagegen, die in NaPTAN zu den STOP AREAs zählen, sollen als Relationen des Typs `site` mit `site=stop_area` erfasst werden – wie im Vorschlag zur »unified stoparea«. Als weitere Attribute sind jeweils neben anderen vorgesehen: `ref=*` (eindeutige öffentliche NaPTAN-ID) und `name=*` (OSM, 2009e).

Was in OpenStreetMap bislang nicht stattfindet, ist eine klare Abgrenzung von Bahnhöfen des Personen- zu solchen des Güterverkehrs sowie zu Rangier-, Abstell- und Hafenhöfen.

(Regional-)Bahnl $\ddot{u}$ nen sind als Routen im Schienennetz definiert (s. Kap. II.2-E) und werden in OSM entweder als Ways oder Relationen mit `route=*` getaggt, wobei die Kennzeichnungen der Routen selten eindeutig sind. Die drei am h $\ddot{a}$ ufigsten anzutreffenden Werte des Tags `route=*` sind `rail`, `railway` und `train`. Erstere beiden werden von der Mehrzahl der  $\ddot{O}$ PNV-Unterprojekte zur Kennzeichnung von *Regional*bahnl $\ddot{u}$ nen empfohlen und auch von der  $\ddot{O}$ PNV-Karte als solche interpretiert; mit letzterem Wert werden  $\ddot{u}$ berwiegend *Fernzug*verbindungen identifiziert, deren Key `ref` h $\ddot{a}$ ufig mit den Nummern der DB-Kursbuchstrecken belegt sind, sofern es sich um Verbindungen in Deutschland handelt. Die folgende Tabellen (s. Tab. 3-14, 3-15, 3-16) listen die thematischen Attribute auf, mit denen Bahnl $\ddot{u}$ nen in OpenStreetMap normalerweise ausger $\ddot{u}$ stet werden, unabh $\ddot{a}$ ngig davon, ob die Map Features Ways oder Relationen sind:

Tab. 3-14 Tags f $\ddot{u}$ r Bahnl $\ddot{u}$ nen (`route=rail`) in OpenStreetMap

Key	Value	Erl $\ddot{a}$ uterung	H $\ddot{a}$ ufigkeit (relativ)
<code>route</code>	<code>rail</code>	kennzeichnet ein Map Feature als Bahnl $\ddot{u}$ nie	133 (100 %)
<code>ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	Referenz-ID	126 (95 %)
<code>name</code>	<i>Text</i>	Name	75 (56 %)
<code>operator</code>	<i>Text</i>	betreibendes Verkehrsunternehmen	70 (53 %)
<code>network</code>	<i>Text</i>	Verkehrsverbund	3 (2 %)

Tab. 3-15 Tags f $\ddot{u}$ r Bahnl $\ddot{u}$ nen (`route=railway`) in OpenStreetMap

Key	Value	Erl $\ddot{a}$ uterung	H $\ddot{a}$ ufigkeit (relativ)
<code>route</code>	<code>railway</code>	kennzeichnet ein Map Feature als Bahnl $\ddot{u}$ nie	283 (100 %)
<code>ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	Referenz-ID	270 (95 %)
<code>operator</code>	<i>Text</i>	betreibendes Verkehrsunternehmen	51 (18 %)
<code>name</code>	<i>Text</i>	Name	36 (13 %)
<code>network</code>	<i>Text</i>	Verkehrsverbund	33 (12 %)

Tab. 3-16 Tags f $\ddot{u}$ r Bahnl $\ddot{u}$ nen (`route=train`) in OpenStreetMap

Key	Value	Erl $\ddot{a}$ uterung	H $\ddot{a}$ ufigkeit (relativ)
<code>route</code>	<code>train</code>	kennzeichnet ein Map Feature als (Regional-)Bahnl $\ddot{u}$ nie	365 (100 %)
<code>ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	Referenz-ID	342 (94 %)
<code>operator</code>	<i>Text</i>	betreibendes Verkehrsunternehmen	300 (82 %)
<code>name</code>	<i>Text</i>	Name	243 (67 %)
<code>network</code>	<i>Text</i>	Verkehrsverbund	175 (48 %)
<code>color</code>	<i>Text</i>	Linienfarbe	51 (14 %)

Da auch Ways als (Regional-)Bahnl $\ddot{u}$ nen ausgezeichnet werden, liegt in diesem Bereich keine saubere Trennung zwischen Linieninfrastrukturen und Netzinformationen vor. Die so gekennzeichneten Ways haben bisweilen sogar eine vollst $\ddot{a}$ ndig andere Bedeutung. Vielfach sollen hierdurch n $\ddot{a}$ mlich alle Ways einer Eisenbahnstrecke zusammengefasst werden –  $\ddot{a}$ hnlich einer zusammenfassenden Relation f $\ddot{u}$ r einen europ $\ddot{a}$ ischen Fahrradweg. Dies ist zwar  $\ddot{a}$ u $\ddot{e}$ erst sinnvoll, da Linien mehrere Strecken oder Teile davon bedienen k $\ddot{o}$ nnen, wohingegen Strecken lediglich bestimmte Verkehrswegabschnitte zu einer Einheit zusammenfassen; allerdings sollten dann auch zum einen Relationen statt Ways verwendet werden und zum anderen mittels unterschiedlicher Tags Strecken und Linien verschieden ausgezeichnet werden.

Ferner m $\ddot{u}$ ssen in Zukunft Verbindungen des SPNV und SPFV eindeutig voneinander getrennt vorliegen. Dies ist gegenw $\ddot{a}$ rtig durch die unterschiedlichen Empfehlungen und die uneinheitliche Wertbelegung des Keys `route` n $\ddot{a}$ mlich nicht gegeben.

## G Stadtbahn

Die reservierten Schienenwege (Bahnkörper) für das Verkehrsmittel *Stadtbahn* sind in OpenStreetMap als eigene Objektklassen erfasst und bedienen sich als Ways des Tags `railway=light_rail`. Da sich oftmals Übergänge zwischen den Linieninfrastrukturen der Stadt- und Eisenbahnen finden, empfiehlt das Wiki eine weitestgehende Unterscheidung zwischen Verkehrswegen, die auch von Eisenbahnen befahren werden können – und mit `railway=rail` zu taggen sind – und jenen, die ausschließlich von Stadtbahnen befahren werden können oder dürfen – und mit `railway=light_rail` zu taggen sind. Nach diesen Empfehlungen soll `railway=light_rail` auch für Wege gewählt werden, auf denen zwar überwiegend Stadt-, aber auch gelegentlich Straßenbahnen verkehren (OSM, 2008b). Im Zusatz zu den üblichen Attributen für Referenz-ID und Namen werden den Map Features für Stadtbahnkörper sehr oft Tags zugewiesen wie `layer=*`, welches die betroffenen Streckenabschnitte als anderen Objekten übergeordnet ausweist (z. B. in Hochlage oder über Straßen), `electrified=*` oder `oneway=yes`, das einen eingleisigen Verlauf des Bahnkörpers ausdrückt. Nachfolgende Tabelle (s. Tab. 3-17) und das Diagramm (s. Abb. 3-7) zeigen diejenigen relevanten Tags auf, mit denen Stadtbahnkörper von den OSM-Beteiligten thematisch attribuiert werden:

Tab. 3-17 Tags für Stadtbahnkörper in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
railway	light_rail	kennzeichnet einen Way als Stadtbahnkörper	3.539 (100 %)
name	Text	Verkehrswegname	1.696 (48 %)
layer	Zahl	Ebene (genutzt für Überlagerungen oder besseres Rendering)	1.516 (43 %)
bridge	[yes viaduct]	Brücke	1.069 (30 %)
electrified	[contact_line rail no]	Elektrifizierung	855 (24 %)
lines	Text/Zahl	listet alle Stadtbahnlinien, die auf dem Stadtbahnkörper verkehren	307 (9 %)
network	Text	Verkehrsverbund	282 (8 %)
tunnel	yes	Tunnel	232 (7 %)
oneway	yes	eingleisiger Verlauf	193 (6 %)
ref	Text/Zahl	Verkehrswegnummer	149 (4 %)
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen	91 (3 %)

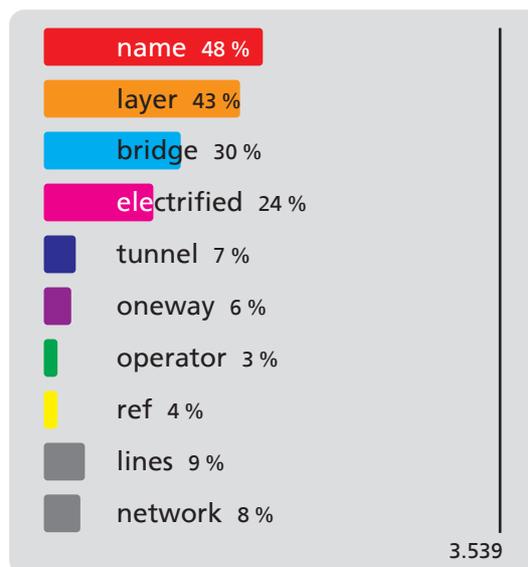


Abb. 3-7 Tags für Stadtbahnkörper in OpenStreetMap

Da die beschriebenen Schienenwege zuweilen als unabhängige Bahnkörper in Hochlage oder gar unterirdisch verlaufen (U-Strab), dies aber aus den aktuellen OSM-Daten nicht differenziert herausgelesen werden kann, fehlen hier vielfach jene Tags, die solche Verläufe identifizieren können, wie `tunnel=yes` und `bridge=yes`. Stattdessen wird vielerorts fälschlicherweise auf `railway=subway` zurückgegriffen.

In Karlsruhe, in dessen ÖPNV-System Verkehrsmittel zum Einsatz kommen, die sowohl mit Fahrstrom für Straßen- und Stadtbahnen als auch mit demjenigen der Eisenbahnen betrieben werden können, halten sich die OSM-Beteiligten an oben erwähnte Wiki-Empfehlungen und taggen Verkehrswege, die auch von Eisenbahnen befahren werden können, als `railway=rail` und die übrigen als `railway=light_rail` respektive `railway=tram`, falls der Straßenbahnverkehr dominiert.

Nach den Konventionen des »Railway«-Konzepts sind Schienenwege, auf denen Stadtbahnen häufig verkehren, durch das Hinzufügen des Tags `metro=yes` zu kennzeichnen, obwohl diese Begrifflichkeit wenig gelungen ist, da sie auf Stadtschnellbahnen hinweist. Überdies sind hier auch keine Kennzeichnungen für Hochlagen oder Untergrundverläufe vorgesehen (OSM, 2009i).

Die Erfassung von *Stadtbahnhaltestellen* in OpenStreetMap unterscheidet sich nicht von jener für Eisenbahnhaltepunkte und wird durch das Erstellen von Nodes mit dem Tag `railway=halt` durchgeführt (OSM, 2008b). Für *Stadtbahnhöfe* finden sich mehr als einhundert als reguläre Bahnhöfe aufgenommene Entitäten, die obendrein als `station=light_rail` identifiziert sind.

Auch nach dem Konzept zur »unified stoparea« soll zwischen Stadtbahnhaltestellen respektive -bahnhöfen und Eisenbahnhaltepunkten beziehungsweise Bahnhöfen kein Unterschied bestehen bis auf ein weiteres `services=light_rail`, das an Nodes für Haltestellenkennzeichnungen oder an Ways für Bahnsteige angehängt werden soll (OSM, 2009j).

*Stadtbahnlinien* finden sich in OpenStreetMap mit der Kennzeichnung `route=light_rail`. Ihre geringe Gesamtzahl ist darauf zurückzuführen, dass viele Linien als `route=rail` oder Ähnliches modelliert werden, obwohl zum Beispiel auch die ÖPNV-Karte Stadtbahnlinien nur auf Basis des empfohlenen Routentyps als solche rendert. Folgende Tabelle (s. Tab. 3-18) listet jene thematischen Attribute auf, mit denen Stadtbahnlinien in OSM färgewöhnlich ausgestattet werden:

Tab. 3-18 Tags für Stadtbahnlinien in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
route	light_rail	kennzeichnet eine Relation als Stadtbahnlinie	96 (100 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	92 (96 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	90 (94 %)
network	Text	Verkehrsverbund	74 (77 %)
name	Text	Name	73 (76 %)
from	Text	Ausgangshaltestelle	15 (16 %)
to	Text	Endhaltestelle	15 (16 %)

## H Schnellbahn

Verkehren *S-Bahnen* innerstädtisch, so nutzen sie die Linieninfrastrukturen der Stadtbahnen, und außerhalb von Städten gilt für ihre Fahrwege dasselbe wie für diejenigen der Regionalbahnen (s. Kap. II.2-D). Daher ist für S-Bahnen weder im Wiki noch in den Foren ein gesondertes Tagging-Schema vorgesehen, weshalb die entsprechenden Schienenwege hier nicht mehr näher beleuchtet werden. Zwar sind nach wie vor einige Gleisanlagen, auf denen vorwiegend S-Bahnen verkehren, durchgehend als `railway=light_rail` erfasst, allerdings ist dieser Zustand vor allem sprachlichen Missverständnissen zuzuschreiben, da der englische Begriff »light rail« oft fälschlicherweise als Übersetzung für S-Bahn angesehen wird (OSM, 2008b; OSM, 2009a).

Nach den Konventionen des »Railway«-Konzepts sind Schienenwege, auf denen S-Bahnen häufig verkehren, durch das Hinzufügen des Tags `commuting=yes` zu kennzeichnen (OSM, 2009j).

Da für *S-Bahn-Haltepunkte* und *-Bahnhöfe* Ähnliches gilt wie für deren Schienenwege und auch hier entsprechende Einrichtungen der Stadt- und Eisenbahnen genutzt werden, werden diese Elemente ebenfalls nicht weiters erläutert.

Für *S-Bahnlinien*, die als Routen im Schienennetz definiert sind und in OSM entweder als Ways oder Relationen des Typs *route* getaggt werden, gelten dieselben Missverständnisse wie bei den Fahrwegen, die zu einer mit den Eisenbahnlinien vergleichbaren Situation führen: Die Werte des Tags *route=\** können entweder *rail*, *railway*, *train* oder *light\_rail* sein, wobei letzterer von der Mehrzahl der ÖPNV-Unterprojekte zur Kennzeichnung von S-Bahnlinien empfohlen wird. Auch die ÖPNV-Karte interpretiert auf diese Weise getaggte Routen als S-Bahnlinien.

## I Stadtschnellbahn

In OpenStreetMap werden die Bahnkörper der vier *Stadtschnellbahn*-Arten mit nur zwei Kategorien abgedeckt und es kommt oftmals zu undifferenzierten Überschneidungen mit anderen Verkehrsmitteln: U-Bahnen, aber auch U-Strab, unterirdisch verlaufende S- und Straßenbahnen sowie Hochbahnen werden als Ways mit *railway=subway* erfasst und Hänge-, Einschiene- sowie Magnetschwebbahnen als Ways mit dem Tag *railway=monorail*. Zumindest letztere Kategorie ist durchaus angebracht, da sich die drei Stadtschnellbahn-Arten, welche diese abdeckt, in ihren Bahnkörpern, die ohnedies von anderen Verkehrsräumen unabhängig sind, nicht sonderlich unterscheiden: Alle nutzen jeweils eine Schiene. Bezüglich ersterer Kategorie herrscht zwar innerhalb der Community weitgehende Einigkeit darüber, dass U-Bahnen, da sie als geschlossene und vom Verkehrsraum öffentlicher Straßen völlig getrennte Verkehrssysteme definiert sind, auch nur in diesem Fall als U-Bahnen erfasst werden sollen (OSM, 2008b). Allerdings wird dies in der Praxis nicht so gehandhabt, sondern es werden viele U-Strab und unterirdische S- oder Straßenbahnen (z. B. in Frankfurt am Main oder Hannover) als *railway=subway* getaggt. Die Tabellen (s. Tab. 3-19, 3-20) sowie das Diagramm (s. Abb. 3-8) geben einen Überblick über die Erfassung von Stadtschnellbahnkörpern in OpenStreetMap:

Tab. 3-19 Tags für Stadtschnellbahnkörper (*railway=monorail*) in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
<i>railway</i>	<i>monorail</i>	kennzeichnet einen Way als Stadtschnellbahnkörper	63 (100 %)
<i>layer</i>	<i>Zahl</i>	Ebene (genutzt für Überlagerungen, besseres Rendering oder Hochlage)	34 (54 %)
<i>name</i>	<i>Text</i>	Verkehrswegname	32 (51 %)
<i>bridge</i>	<i>yes</i>	Brücke oder Kennzeichnung von Hochlage	9 (14 %)
<i>oneway</i>	<i>yes</i>	eingleisiger Verlauf	5 (8 %)

Tab. 3-20 Tags für Stadtschnellbahnkörper (*railway=subway*) in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
<i>railway</i>	<i>subway</i>	kennzeichnet einen Way als Stadtschnellbahnkörper	2.378 (100 %)
<i>name</i>	<i>Text</i>	Verkehrswegname	1.422 (60 %)
<i>layer</i>	<i>Zahl</i>	Ebene (genutzt für Überlagerungen, besseres Rendering oder Hochlage)	1.274 (54 %)
<i>tunnel</i>	[ <i>yes no</i> ]	Tunnel oder Kennzeichnung von unter- oder oberirdischem Verlauf	568 (24 %)
<i>bridge</i>	<i>yes</i>	Brücke oder Kennzeichnung von Hochlage	489 (21 %)
<i>network</i>	<i>Text</i>	Verkehrsverbund	459 (19 %)
<i>operator</i>	<i>Text</i>	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen	282 (12 %)
<i>electrified</i>	[ <i>contact_line rail</i> ]	Elektrifizierung	259 (11 %)

lines	Text/Zahl	listet alle Stadtbahnlinien, die auf dem Stadtbahnkörper verkehren	243 (10 %)
line	Text/Zahl	listet alle Stadtbahnlinien, die auf dem Stadtbahnkörper verkehren	217 (9 %)

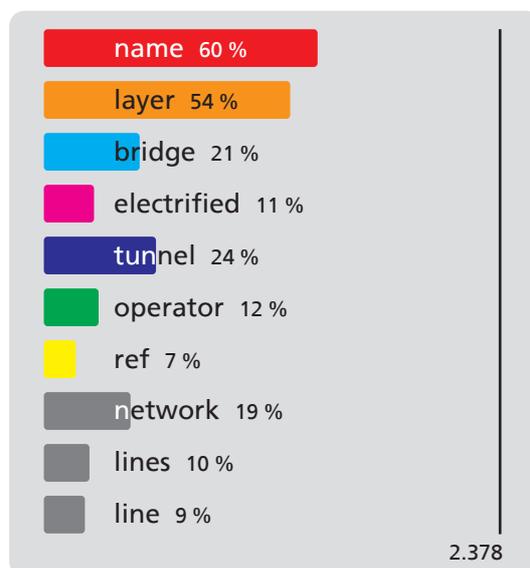


Abb. 3-8 Tags für Stadtschnellbahnkörper (railway=subway) in OpenStreetMap

Ein Beispiel für die korrekte Erfassung einer Hängebahn mit `railway=monorail` ist die Wuppertaler Schwebebahn, deren Geometrie obendrein mit dem Tag `monorail=hanging` ausgestattet ist, um ihre besondere Bauweise zu unterstreichen. Dies sollte als Vorbild dienen für alle Verkehrswege dieser Kategorie, die mit solchen Zusatzattributen leichter differenziert werden könnten. Als Exempel für die richtige Verwendung von `railway=subway` sind die reinen U-Bahnen in London und Nürnberg dienlich, die dort mit dem Tag `tunnel=yes` versehen wurden, wo sie tatsächlich unterirdisch verkehren, und in allen übrigen Situationen mit `tunnel=no`.

Nach dem Schema des »Railway«-Vorschlags sind Bahnkörper, auf denen Stadtschnellbahnen verkehren, mit `metro=yes` zu kennzeichnen, obwohl dies keine weitere Differenzierung zulässt. Überdies sind hierbei auch keine Kennzeichnungen für Hochlagen oder Untergrundverläufe vorgesehen (OSM, 2009i).

Die Erfassung von *Stadtschnellbahnhaltestellen* in OpenStreetMap unterscheidet sich nicht von jenen für Eisenbahnhaltepunkte oder Stadtbahnhaltestellen, die ebenfalls durch das Erstellen von Nodes mit dem Tag `railway=halt` durchgeführt werden (OSM, 2008b). Für *Stadtschnellbahnhöfe* (hier nur U-Bahnhöfe) finden sich mehr als einhundert als reguläre Bahnhöfe aufgenommene Entitäten, die überdies als `station=subway` identifiziert sind. Eine Besonderheit im Hinblick auf U-Bahnen stellen deren oberirdische Eingangsbereiche dar, die als Nodes mit `railway=subway_entrance` repräsentiert werden (OSM, 2009u). Deren Verwendung in OSM gestaltet sich wie folgt (s. Tab. 3-21):

Tab. 3-21 Tags für oberirdische U-Bahn-Eingänge in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
railway	subway_entrance	kennzeichnet einen Node als oberirdischen U-Bahn-Eingang	2.753 (100 %)
name	Text	Name	1.907 (69 %)
wheelchair	[yes no]	geeignet für RollstuhlfahrerInnen?	164 (6 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	155 (2 %)
bicycle	[yes no]	Fahrräder erlaubt?	115 (4 %)

Gemäß den Anregungen zur »unified stoparea« soll zwischen Stadtschnellbahnhaltestellen respektive -bahnhöfen und Eisenbahnhaltepunkten beziehungsweise Bahnhöfen kein Unterschied bestehen bis auf ein weiteres `services=monorail` oder `services=subway`, das an Nodes für Haltestellenkennzeichnungen oder an Ways für Bahnsteige angehängt werden soll (OSM, 2009j).

Das Tagging-Schema für den NaPTAN-Datenimport greift hingegen die Elemente mit `railway=subway_entrance` auf und setzt diese mit jenen Objekten gleich, die in NaPTAN als STOP POINTs erfasst sind: oberirdische Eingangsbereiche, Bahnsteige oder die tatsächlichen Haltepositionen der Schienenfahrzeuge. Als weitere Attribute sind vorgesehen: `ref=*` für die eindeutige öffentliche NaPTAN-ID und `name=*` für den Haltestellennamen (OSM, 2009e).

*Stadtschnellbahnlinien* finden sich in OpenStreetMap ausschließlich als U-Bahnlinien mit der Kennzeichnung `route=subway`. Ihre geringe Gesamtzahl ist darauf zurückzuführen, dass viele Linien trotz der undifferenzierten Situation bei den Bahnkörpern nur dann in dieser Weise getaggt werden, wenn sie sich auf klar abgegrenzte U-Bahnen beziehen. Folgende Tabelle (s. Tab. 3-22) listet jene thematischen Attribute auf, mit denen U-Bahnlinien in OSM färgewöhnlich ausgestattet sind:

Tab. 3-22 Tags für U-Bahnlinien in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
route	subway	kennzeichnet eine Relation als U-Bahnlinie	77 (100 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	65 (84 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	57 (74 %)
name	Text	Name	50 (65 %)
network	Text	Verkehrsverbund	36 (47 %)
color	Text	Linienfarbe	3 (4 %)
from	Text	Ausgangshaltestelle	2 (3 %)
to	Text	Endhaltestelle	2 (3 %)

## J Straßenbahn

Der straßenbündige Bahnkörper einer *Straßenbahn*, die bisweilen auch die Linieninfrastrukturen der Stadtbahnen nutzt, wird von der Community als Way mit `railway=tram` modelliert. Ist dieser mit einem Straßenverlauf identisch, so wird entweder der Key `layer` verwendet, um in der Darstellung die Überdeckung durch die Straßenfahrbahn zu vermeiden, oder aber häufiger die Straße zusätzlich als Straßenbahn getaggt (OSM, 2009v). Nachfolgend sind die Tags aufgeführt, mit denen Straßenbahnkörper von den OSM-Beteiligten thematisch attribuiert werden (s. Tab. 3-23; Abb. 3-9):

Tab. 3-23 Tags für Straßenbahnkörper in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
railway	tram	kennzeichnet einen Way als Straßenbahnkörper	14.652 (100 %)
name	Text	Verkehrswegname	6.586 (45 %)
highway	Text	kennzeichnet einen gemeinsamen Way für Straßenbahn und Straße	5.268 (36 %)
layer	Zahl	Ebene (genutzt für Überlagerungen oder besseres Rendering)	2.211 (15 %)
electrified	contact_line	Elektrifizierung	2.083 (14 %)
oneway	Text/Zahl	ingleisiger Verlauf	1.526 (10 %)
bridge	yes	Brücke	1.057 (7 %)
ref	Text/Zahl	Verkehrswegnummer	1.044 (7 %)

tunnel	yes	Tunnel	286 (2 %)
tracks	Zahl	Anzahl der Gleise	100 (1 %)

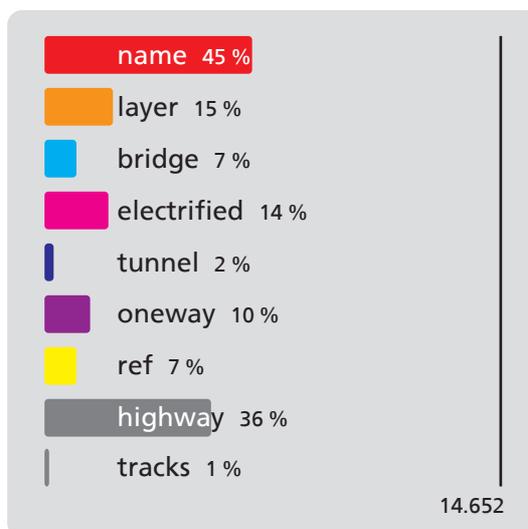


Abb. 3-9 Tags für Straßenbahnkörper in OpenStreetMap

Die Anregung »Railway« sieht vor, Straßenbahnkörper zusätzlich mit `tram=yes` zu erfassen und der Vorschlag »Multiple Tracks« regt an, mittels des zusätzlichen Attributs `tracks=*` die jeweilige Anzahl der Gleise zu taggen, wobei als Wert `left` oder `right` vergeben werden soll, falls ein Way mit einer Straße geteilt wird und die Gleise nur auf einer Straßenseite verlaufen (OSM, 2009h; OSM, 2009i).

*Straßenbahnhaltestellen* nimmt die OSM-Community als Nodes mit dem Tag `railway=tram_stop` auf, die direkt auf den Ways der Bahnkörper (seien es eigene Ways oder die von Straßen) platziert werden (OSM, 2009w). Die Tabelle (s. Tab. 3-24) und das Diagramm (s. Abb. 3-10) zeigen diejenigen für die Bestandsanalyse relevanten Tags auf, mit denen Straßenbahnhaltestellen von den OSM-Beteiligten thematisch attribuiert werden. Hierbei ist besonders das Attribut `side=[left|right|both]` auffällig, welches anzeigen soll, ob das Fahrzeug nur in einer oder in beiden Richtungen hält:

Tab. 3-24 Tags für Straßenbahnhaltestellen in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
railway	tram_stop	kennzeichnet einen Node als Straßenbahnhaltestelle	8.318 (100 %)
name	Text	Name	7.882 (95 %)
layer	Zahl	Ebene (genutzt für Überlagerungen oder besseres Rendering)	527 (6 %)
wheelchair	[yes no]	geeignet für RollstuhlfahrerInnen?	345 (4 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	320 (4 %)
highway	Text	kennzeichnet gemeinsamen Way für Straßenbahn und Straße	317 (4 %)
side	[left right both]	Halt in einer oder in beiden Richtungen?	177 (2 %)
shelter	[yes no]	Unterstellmöglichkeit vorhanden?	146 (2 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	143 (2 %)
uic_ref	Zahl	IBNR	64 (1 %)

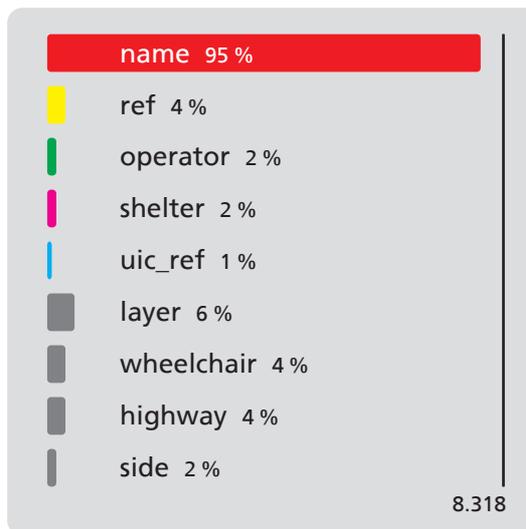


Abb. 3-10 Tags für Straßenbahnhaltestellen in OpenStreetMap

Der Vorschlag zur »unified stoparea« sieht als Unterscheidungsmerkmal zwischen Straßenbahnhaltestellen und anderen Halten lediglich das Tag `services=tram` vor bei Nodes für Haltestellenkennzeichnungen oder bei Ways für Bahnsteige (OSM, 2009j).

*Straßenbahnlinien* finden sich in OpenStreetMap sowohl als Relationen als auch zu knapp fünf Prozent als Ways mit der Kennzeichnung `route=tram`: Letztere sind wiederum ein Beleg für die insgesamt noch häufig anzutreffende Vermischung von ÖPNV-Netzinformationen und -Infrastrukturelementen. Folgende Tabelle (s. Tab. 3-25) und das Diagramm (s. Abb. 3-11) geben einen Überblick über die Erfassung von Straßenbahnlinien in OpenStreetMap, unabhängig von deren Geometrien:

Tab. 3-25 Tags für Straßenbahnlinien in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
route	tram	kennzeichnet ein Map Feature als Straßenbahnlinie	589 (100 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	571 (97 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	488 (83 %)
name	Text	Name	310 (53 %)
network	Text	Verkehrsverbund	296 (50 %)
color	Text	Linienfarbe	56 (10 %)

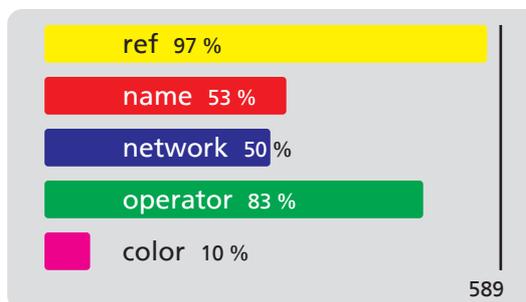


Abb. 3-11 Tags für Straßenbahnlinien in OpenStreetMap

Die Konventionen der ÖPNV-Unterprojekte innerhalb der Community, die sich unter anderem auch der homogenen und vollständigen Erfassung von Straßenbahnlinien widmen, umfassen von den oben gelisteten Tags meist alle – mit Ausnahme von `color=*`. Dies bedeutet, dass sich die Community weitestgehend an diese Vorgaben hält.

## K Personenfähre

*Personenfähren-Anlegestellen* werden von der Community als Nodes oder flächenhafte Ways mit dem Tag `amenity=ferry_terminal` erfasst. Als Zusatztags dokumentiert das Wiki vor allem `cargo=passengers`, um deutlich zu machen, dass Personenfähren anlegen, aber auch `name=*` für den Namen der Anlegestelle und `operator=*` für das betreibende Verkehrsunternehmen (OSM, 2009p). Folgende Tabellen (s. Tab. 3-26, 3-27) geben einen Überblick über die Erfassung von Personenfähren-Anlegestellen in OpenStreetMap:

Tab. 3-26 Tags für als Nodes erfasste Fähren-Anlegestellen in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
amenity	ferry_terminal	kennzeichnet einen Node als Fähren-Anlegestelle	245 (100 %)
name	Text	Name	141 (58 %)
cargo	passengers	kennzeichnet die Anlegestelle zusätzlich als Personenfähren-Anlegestelle	51 (21 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	51 (7 %)

Tab. 3-27 Tags für als Flächen erfasste Fähren-Anlegestellen in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
amenity	ferry_terminal	kennzeichnet eine Fläche als Fähren-Anlegestelle	27 (100 %)
area	yes	zusätzliche Kennzeichnung als Fläche	14 (52 %)
name	Text	Name	8 (30 %)
man_made	pier	zusätzliche Kennzeichnung als Pier	6 (22 %)
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen	5 (19 %)

Der Vorschlag zur »unified stoparea« empfiehlt hingegen für die Aufnahme von Anlegestellen Nodes mit dem Tag `man_made=pier`, welche dann auch als Mitglieder in Fährlinien-Relationen übernommen werden sollen. Der gesamte Bereich der Anlegestelle soll nach diesem Konzept eine Relation vom Typ `site` mit dem Tag `site=stop_area` sein, die alle zusammengehörenden Elemente umfasst und auch das Terminalgebäude oder sonstige Map Features beinhalten kann (OSM, 2009j).

Als Indikatoren für Personenfähren-Anlegestellen gelten nach dem Tagging-Schema für den NaPTAN-Datenimport deren Eingangsbereiche oder die tatsächlichen Landeplätze der Wasserfahrzeuge. Beide Gruppen sollen – gemäß ihrer NaPTAN-Zugehörigkeit zu den STOP POINTS – als Nodes erfasst und mit `amenity=ferry_terminal` getaggt werden. Als weitere Attribute sind unter anderem vorgesehen: `ref=*` (eindeutige öffentliche NaPTAN-ID) und `name=*`. Entitäten hingegen mit der NaPTAN-Zugehörigkeit zu den STOP AREAS werden als Relationen des Typs `site` mit `site=stop_area` erfasst – wie im Vorschlag zur »unified stoparea« (OSM, 2009e).

Fahrwege und Netzinformationen der Personenfähren werden in OpenStreetMap gleichsam als *Personenfährlinien* erfasst. Nur in circa einem Prozent der Fälle werden dabei Relationen verwendet und ansonsten Ways, die mit `route=ferry` generell als Fährlinien, und oft mit dem Tag `foot=yes` nochmals speziell als Personenfährlinien gekennzeichnet sind. Dies steht zwar der Maxime der Trennung von Netz und Infrastruktur entgegen, ist aber nicht problematisch, da sich die entsprechenden Ways äußerst selten mit anderen Map Features schneiden und eine Fährlinie überwiegend als ein durchgehender Way erfasst werden kann (OSM, 2009x). Die nachfolgende Tabelle (s. Tab. 3-28) listet die thematischen Attribute auf, mit denen Personenfährlinien in OpenStreetMap f

Tab. 3-28 Tags für Personenfährlinien in OpenStreetMap

Key	Value	Erläuterung	Häufigkeit (relativ)
route	ferry	kennzeichnet ein Map Feature als Personenfährlinie	1.540 (100 %)
name	Text	Name	810 (53 %)
foot	yes	für Personen erlaubt	406 (26 %)
motorcar	[yes no permissive]	Pkw erlaubt?	367 (24 %)
bicycle	[yes no permissive]	Fahrräder erlaubt?	283 (18 %)
hgv	[yes no]	Lkw erlaubt?	191 (12 %)
operator	Text	betreibendes Fährunternehmen	175 (11 %)
ref	Text/Zahl	Referenz-ID	112 (7 %)
toll	[yes no]	Gebühren?	33 (2 %)

Bestandteile der Erfassungskonventionen für Personenfährlinien innerhalb der ÖPNV-Unterprojekte sind – ähnlich wie für Buslinien – die Referenz-ID als `ref=*` und der spezielle oder zusammengesetzte Name als `name=*` sowie `operator=*` und `network=*`.

Nicht vorhanden und auch nicht debattiert ist bislang die Unterscheidung zwischen Personenfährlinien im ÖPNV und solchen, die sehr große Strecken (über die offene See) zurücklegen, beispielsweise von Rotterdam (Niederlande) nach Kingston upon Hull (Vereinigtes Königreich).

## L Sonstige Verkehrsmittel

Andere Verkehrsmittel, die neben den zuvor beschriebenen im ÖPNV eingesetzt werden, spielen in OpenStreetMap eher untergeordnete Rollen, da sie selten außerhalb von Gebäuden oder Zugangsstellen des ÖPNV anzutreffen sind: Öffentliche Fahrtreppen werden als Ways mit `highway=steps` und `escalator=yes` erfasst, öffentliche Fahrsteige und Personenaufzüge bislang noch nicht, obwohl über beide diskutiert wird. Bisher in keiner Weise in Erscheinung getreten sind Wasserbusse, -taxis und Rikschas: Erstere unterscheiden sich von Personenfähren nur durch das eingesetzte Fahrzeug, letztere beiden könnten wie Taxistände getaggt werden, eventuell mit `watertaxi=yes` respektive `ricksha=yes` oder ähnlichen Tags.

Für die Fahrwege von *Luftseilbahnen* ist der Key `aerialway` vorgesehen. Soll eine Gondelbahn erfasst werden, so ist er mit dem Wert `cable_car` zu versehen, für Sesselbahnen mit `chair_lift` und für Skilifte mit `drag_lift`. Stationen sollen in allen Fällen als `aerialway=station` getaggt werden (OSM, 2008a). An diese Vorschläge hält sich das Gros der OSM-Community.

Über die Einführung eines eigenen Tags für als Ways erfasste Fahrwege von *Standseilbahnen* wird bereits seit einiger Zeit innerhalb der OSM-Community diskutiert: `railway=funicular`. Bislang werden Standseilbahnen zumeist als normale Eisenbahnschienenwege erfasst und deren Stationen als `railway=station` (OSM, 2008e).

## M Liniennetze und Tarifzonen

Einige ÖPNV-Unterprojekte in OpenStreetMap, wie etwa jenes zum Verkehrsverbund Oberelbe, empfehlen die Erfassung spezieller Relationen für *Liniennetze*, die jenen für die einzelnen Linien übergeordnet sind. Dies können sowohl solche für alle Linien eines Verkehrsmittels in einem Verkehrsunternehmen sein (Teilnetze) als auch solche für die Verkehrsunternehmen selbst oder für die Verkehrsverbünde, in denen diese gegebenenfalls Mitglieder sind (Gesamtnetze). Eine beispielhafte Hierarchie solcher Relationen, wie sie nach den Konventionen der betreffenden Projektgruppen aufgebaut werden soll, ist nachfolgend veranschaulicht (s. Abb. 3-12):

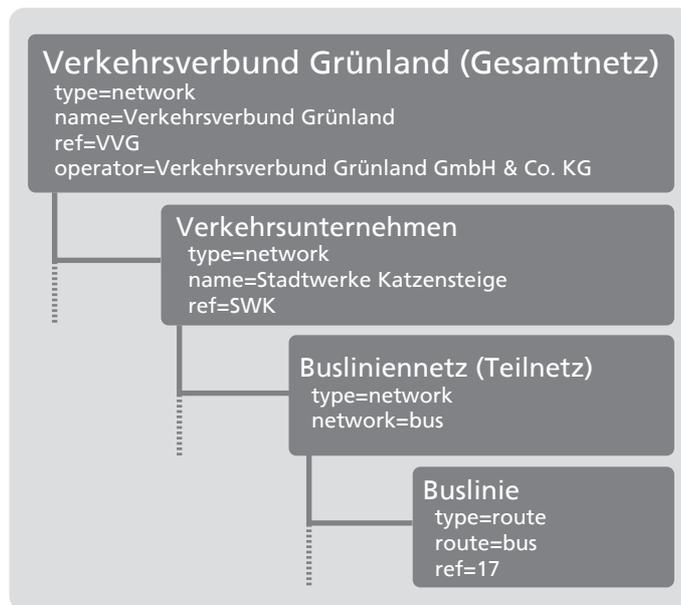


Abb. 3-12 Fiktive Hierarchie von ÖPNV-Relationen in OpenStreetMap

Das OSM-Wiki sowie manche ÖPNV-Unterprojekte sehen hingegen keine solchen übergeordneten Relationen vor, sondern vielmehr weitere Tags zu den einzelnen Linienrelationen oder Halten, die jeweils das betreibende Unternehmen via `operator=*` und den Verkehrsverbund mittels `network=*` beschreiben. Auch versucht die Community die Verwendung von Relationen im Sinne von Kategorien zu vermeiden (z. B. wäre eine Relation für alle Bushaltestellen in Luxemburg lediglich eine Kategorie), um ihren eigentlichen Zweck – das Modellieren von logischen und spezifischen Beziehungen zwischen Map Features – zu bewahren und um zu verhindern, dass Informationen zusätzlich erfasst werden, die sich ohnehin aus der Eigenschaft des Raumbezugs der OSM-Daten ergeben oder leicht ableiten lassen (OSM, 2008f). Da jedoch beispielsweise nicht nur eine Haltestelle in mehreren Linien vorkommen kann, sondern auch eine Linie in mehreren Verkehrsverbänden liegen kann, ist die Einführung von übergeordneten ÖPNV-Relationen für Verkehrsverbände durchaus sinnvoll, obgleich deren Erfassung bislang sehr uneinheitlich vorgenommen wird. Dies betrifft insbesondere den Relationentyp `network`, der seit geraumer Zeit lediglich den Status eines Vorschlags besitzt, sowie die zugehörigen Netzwerktypen – dennoch finden sich in OSM circa 3.000 Relationen, die als Netzwerke getaggt sind (exklusive der Radwegenetze). Das Erstellen einer Relation für ein Teilnetz hingegen kommt einer Kategorisierung gleich, weshalb dies aus den genannten Gründen wenig sinnvoll ist. Für die Verkehrsunternehmen besteht indes keine Notwendigkeit, diese als Relationen aufzunehmen, da Linien oder Halte praktisch nie von zwei Unternehmen gemeinsam betrieben werden – es reicht hier jeweils das Tag `operator=*` aus.

Informationen über *Tarifzonen* werden bislang nur in Form von zusätzlichen Tags wie `fee_zone=*` für Halte oder Linienrelationen erfasst. Da diese jedoch in mehreren Verkehrsverbänden liegen und entsprechend unterschiedlichen Tarifzonen zugeordnet sein können, böte es sich an, auch für diese eigene Relationen anzulegen, deren Mitglieder die Halte wären, und die wiederum als Mitglieder in Verkehrsverbundrelationen einfließen.

### Zusammenfassung: Analyse des Schemas für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr

Das Schema für die Modellierung von ÖPNV-Daten in OpenStreetMap variiert in seiner Ausprägung je nach betrachtetem Verkehrsmittel. Häufig anzutreffende und demnach auch in OSM stark vertretene Kategorien, wie Bus, Eisenbahn und Straßenbahn, weisen zur Zeit noch keine mehrheitlich klare Trennung von Infrastrukturelementen und Netzinformationen auf und zeichnen sich durch die Verwendung vieler verschiedener thematischer Attribute aus sowie mitunter dadurch, dass gleiche Entitätsklassen mit unterschiedlichen Geometrieformen erfasst werden. Verkehrsmittel hingegen, deren Modellierung im Wiki weniger ausführlich dokumentiert ist, wie die Stadtbahn und die Stadtschnellbahn, werden meist nur von kleinen Teilen der Community erfasst, die sich jedoch überwiegend an Konventionen halten – meist an jene der OSM-Schwerpunktgruppen zum ÖPNV – und Infrastrukturen und Netze häufiger sauber trennen.

### III.3 Schlussfolgerungen aus der Analyse des Datenschemas

Auf der Grundlage der aus der Betrachtung des Datenschemas für Infrastrukturen und Netze gewonnenen Erkenntnisse wird in diesem Unterkapitel zusammenfassend und ergänzend festgelegt, in welchen Bereichen durch eine Anpassung des Schemas welche konkreten Änderungen erreicht werden sollen. Hierfür werden relevante und weniger relevante Teile des aktuellen Datenbestandes benannt, dessen Problemfelder beschrieben und die Frage beantwortet, welche Bestandteile der Netzinformationen fortan auf welche Weise mit externen Schnittstellen verknüpft statt in OpenStreetMap eingebunden werden sollen. Ferner soll geklärt werden, welche der vorzunehmenden Änderungen von größerer Bedeutung sind und daher kurzfristig von der Community umgesetzt werden sollen und für welche Anpassungen eher ein längerer Zeitraum vorgesehen werden kann, da sie von geringerer Wichtigkeit sind.

#### A Infrastrukturelemente

Im Hinblick auf die erste Gruppe der im ÖPNV bedeutsamen linienhaften Verkehrsinfrastrukturen, nämlich die *Straßen* und die mit diesen vergleichbaren Fahrwege, besteht ein Bedarf an der Einführung eines Schemas für die Erfassung von Busfahrstreifen und Fahrstreifen im Allgemeinen hinsichtlich genauerer automatischer Routingberechnungen, der freilich nicht innerhalb des Themenbereichs dieser Arbeit liegt. Sehr wohl in diesen Themenbereich fällt hingegen der festgestellte Mangel an Kennzeichnungen jener Straßen, über denen Fahrleitungen für Oberleitungsbusse angebracht sind. Diese Lücke soll langfristig ausgefüllt werden.

Die *Schienenwege für Eisenbahnen* weisen vorallem in drei Bereichen noch erhebliche Informationslücken auf: Es fehlt a) eine einheitliche und flächendeckende Angabe der Zahl der Gleise je Trasse, Ausweich- oder Abstellgleise sind b) oft nicht von Durchgangsgleisen zu unterscheiden und Werks- oder Industriegleise können c) von normalen Transportwegen nur schwer bis nicht unterschieden werden. Um diese wichtigsten Lücken zu schließen, bedarf es eines geeigneten Konzepts, dessen Umsetzung die Community rasch ins Auge fassen soll. Für ein solches Konzept existieren zwar an einigen Stellen in der Community bereits Vorschläge, aber auch die vorliegende Arbeit wird sich dieser Thematik noch widmen. Dabei können die beiden erstgenannten lückenhaften Bereiche nicht durch diese Arbeit geschlossen werden (da sie u. a. die komplexe Linienbündel-Problematik betreffen), aber zumindest wird eine Möglichkeit zur Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenbahnen sowie Industrie- und touristisch genutzten Gleisen vorgeschlagen werden. Kleinere, weniger relevante Probleme bestehen zur Zeit noch bei der Benennung und Nummerierung von Eisenbahnschienenwegen, für die überwiegend Namen und ID von Linien statt der Verkehrswegnamen und -nummern erfasst werden. Nicht auf der Infrastrukturebene notwendig ist ferner die Ausweisung der Benutzung von Schienenwegen durch mehrere Verkehrsmittel. Diese soll ausschließlich durch die Arten der Linienrelationen erfolgen, welche die entsprechenden Schienenwege als Teile von Routen einbeziehen – ein Grundsatz, der auch auf die übrigen schienengebundenen Verkehrsmittel anwendbar ist. Selbiges gilt für die Eignung einer Trasse für verschiedene Verkehrsgegenstände, das heißt Güter oder Personen.

Die Problemfelder bei den *Stadtbahnkörpern* berühren ebenfalls die Gleiszahlen, darüberhinaus aber vorallem die korrekte Abgrenzung zu Eisenbahnschienenwegen, Schienenwegen mit technischer Eignung für den Mischverkehr und zu Straßen- sowie Stadtschnellbahnen. Letztere Abgrenzung soll durch die Verwendung von Kennzeichnungen für U-Strab sowie für Bahnkörper in Hochlage sauber vollzogen werden. Die häufige Beimischung von Netzinformationen stellt bei Stadtbahnen (und den anderen städtischen Schienenverkehrsmitteln) ein größeres Problem dar als bei Eisenbahnen, da vielfach Liniennamen und -nummern sowie Verkehrsverbünde für die Schienenwege erfasst sind.

Die größten Behebungsprioritäten bei den *Stadtschnellbahnkörpern* besitzen zum einen deren meist undifferenzierte Abgrenzung zu anderen Schienensystemen und zum anderen die uneinheitliche Kategorisierung in U-Bahnen einerseits und die Klasse der Einschienbahnen andererseits. Außerdem fehlt bislang eine Kategorie für Magnetschwebbahnen, für die aber zur Zeit noch kein Bedarf besteht. Zur Kennzeichnung des Verkehrswegeverlaufs von U-Bahnen und demgemäß zur Etablierung einer klaren Abgrenzung zu anderen Stadtschnellbahnen sollten konstant Tags benutzt werden, die vom unterirdischen Verlauf abweichende Trassenführungen ausweisen.

Die Problembereiche der *Straßenbahnkörper* schließlich überschneiden sich größtenteils mit denjenigen der zuvor beschriebenen, vorallem hinsichtlich der Geisanzahlen und fälschlicherweise erfassten Netzinfor-

tionen. Von herausragender Bedeutung bei den Straßenbahnen ist allerdings die Abkehr von gemeinsamen Ways für Straßen und auf ihnen verlaufenden Bahnkörpern, hin zu separaten Ways mit jeweils denselben Nodes als Stützpunkten. Beide können nämlich nicht immer korrekt als gemeinsame Ways modelliert werden, da oftmals nicht ersichtlich ist, ob sich zusätzliche thematische Attribute auf den Bahnkörper oder auf die Straße beziehen.

*Sonstige* linienhafte Infrastrukturen, die – wie etwa Fahrsteige und -treppen – keinem Verkehrsträger zuzuordnen sind, besitzen zwar durch ihr seltenes Auftreten außerhalb von Gebäuden keine wirkliche Relevanz, jedoch ist deren homogene Erfassung auf lange Sicht dem Ausbau des Detailreichtums und der Vervollständigung von OpenStreetMap dienlich.

Die Modellierung der ersten Gruppe der im ÖPNV bedeutsamen punkthaften Verkehrsinfrastrukturen, nämlich der *straßenbezogenen Punktinfrastrukturen* (Haltestellen und Bahnhöfe für Busse, Trolley- und Spurbusse), bedarf fortan eines gemeinsamen, einheitlichen, aber zugleich einfachen und mit den Beständen kompatiblen Konzepts, welches die größten Probleme der bisherigen Modellierung löst, nämlich die uneinheitliche Positionierungs- sowie die detail- und zusammenhangsarme Gestaltungsweise der Halte. Darüber hinaus soll die Community durch die vermehrte Benutzung von Linienrelationen die Zahl der überzähligen Tags vermeiden, welche jeweils die Linien aufzählen, die die Halte bedienen. Ein weiteres Problem, das bei Halten stärker in Erscheinung tritt als bei den Verkehrswegen, aber ebenfalls leicht durch die konsequentere Nutzung von Relationen gelöst werden kann, ist die Verwendung mehrerer Werte für einige Keys. Ferner sollen die Referenzbezeichnungen der Halte stets einen klaren Bezugsrahmen aufweisen und langfristig kann ein hierarchisches System lokal, national und gegebenenfalls international (global) eindeutiger ID etabliert werden. Von geringerer Relevanz zwar als das bisher Erwähnte, jedoch nicht zu vernachlässigen, sind die Zusatzausstattungen von Halten (Mülleimer, Sitzbänke etc.), deren Erfassung noch äußerst uneinheitlich ist. Die augenblickliche Modellierung anderer straßenbezogener Punktinfrastrukturen, wie etwa der Taxistände, kann vornehmlich übernommen werden.

Die Schwächen der bisherigen Erfassung der *schienenbezogenen Punktinfrastrukturen* (Haltestellen, -punkte und Bahnhöfe für Eisen-, S-, Stadt-, Stadtschnell- und Straßenbahnen sowie Stationen für Standseilbahnen) liegen weniger in der Platzierung der Map Features als vielmehr in deren wenig detailreichen Erfassung sowie der bislang nur durch deren örtliche Nähe zueinander feststellbaren Zusammenhänge einzelner Elemente der Halte, wie beispielsweise Bahnsteige oder Bahnhofsgebäude. Alle übrigen, weniger vordergründigen oder relevanten Unzulänglichkeiten sind nahezu deckungsgleich mit jenen der straßenbezogenen Haltestellen und Bahnhöfe. Bei der Zuordnung von Bahnsteigen zu Gleisen etwa werden sehr oft mehrere Werte für ein Key verwendet – eine Vorgehensweise, die es fortan zu vermeiden gilt.

Im Hinblick auf die Homogenität der Erfassung (*binnen-*)*wasserstraßenbezogener Punktinfrastrukturen* (Anlegestellen für Personenfähren) stellt deren Gestaltung mit unterschiedlichen Geometrieformen bisweilen ein Problem dar, welches durch die Herstellung von eindeutigen Zusammenhängen zwischen Anlegestellen, Piers und Empfangsgebäuden zu lösen ist.

Um nicht nur die beschriebene Heterogenität der Modellierung innerhalb der einzelnen Entitätsklassen und Verkehrsmittelgruppen zu überwinden, sondern auch eine weitgehende Transmodalität des zukünftigen ÖPNV-Datenschemas in OSM zu gewährleisten, sind für die Punktinfrastrukturen die externen Datenmodelle und Standards des öffentlichen Verkehrs zu berücksichtigen (s. Kap. II.4). Die umfassendste Definition von Punktinfrastrukturen bietet in diesem Zusammenhang das Zugangsstellen-Modell des auf Transmodel basierenden IFOPT. Physische Haltepositionen von Fahrzeugen auf Verkehrswegen (VEHICLE STOPPING POSITIONS) bilden hierbei zusammen mit anderen Komponenten (STOP PLACE COMPONENTS) – Ein- und Ausstiegsplattformen (QUAYS), Eingangsbereiche (ACCESS SPACES) und Eingänge (STOP PLACE ENTRANCES) – Gesamthalte (STOP PLACES). Solche Gesamthalte wiederum können auch verschachtelt sein, um beispielsweise die Zusammengehörigkeit mehrerer Gesamthalte zu modellieren. Somit kann das IFOPT-Zugangsstellen-Modell als Orientierung dienen für die Konzeptionierung eines erweiterten Schemas für ÖPNV-Punktinfrastrukturen in OSM, das nicht nur transmodal ist, sondern auch die Abbildung von möglichst vielen Details und Zusammenhängen gestattet. Da manches hiervon bereits durch den erwähnten Vorschlag zur »unified stoparea« abgedeckt ist, wird sich die vorliegende Arbeit zum Teil auch an diesem orientieren.

Zur Überwindung der Modellierungsheterogenität bei den schienenbezogenen, linienhaften Verkehrsinfrastrukturen besteht der Bedarf an klaren Entscheidungskriterien, welche die MapperInnen vor Ort dabei unterstützen, die Art eines Schienenwegs/Bahnkörpers möglichst eindeutig zu identifizieren, damit dieser mit den adäquaten Attributen versehen werden kann. Die Entscheidungskriterien sollen sich dabei in möglichst geringem Maße an Netzinformationen orientieren, die mit den Verkehrswegen verbunden sind, und eher an der Bauweise der Verkehrswege und deren Eignung für Schienenfahrzeuge.

## B Netzinformationen

Die größte Unzulänglichkeit im Bezug auf *Linien* in OpenStreetMap sind diejenigen Map Features, die nach wie vor als Ways und nicht als Relationen modelliert sind. Allerdings ist deren Anteil rückläufig, nicht zuletzt dank der Unterstützung geordneter Mitgliederlisten für Relationen seit Version 0.6 des OSM-Protokolls. Jene Linien, die korrekt als Relationen erfasst sind, verfügen jedoch vielfach über einen falschen oder wenig angemessenen Wert des Keys, der den Typ der Linie auszeichnet. Dies stellt vor allem bei den (Regional-)Bahnlinien ein beträchtliches Problem dar. Lücken weisen die Datenbestände auf hinsichtlich der Abbildung von abweichenden Linienverläufen, der Unterscheidung von verschiedenen Linienarten sowie der klaren Abgrenzung von Strecken (die mehrere, schienenbezogene Verkehrswege verknüpfen) zu Linien schienenbezogener Verkehrsmittel. Kleinere, weniger relevante Probleme bestehen zur Zeit in der überzähligen Aufnahme von Informationen über Start- und Endhalten von Linien als zusätzliche Tags, in der uneinheitlichen Gestaltung der Liniennamen sowie in der noch nicht flächendeckenden Erfassung der (farblichen) Kennzeichnungen von Linien.

*Personenfährlinien* sollen fortan nicht mehr als Ways modelliert werden, sondern in Form von Relationen. Obwohl die bisherige Vorgehensweise mangels Überschneidungen mit anderen Map Features und einer weitestgehenden Eindeutigkeit der Zuordnungen in aller Regel keine Probleme aufwirft, sollen aus Gründen der Einheitlichkeit und der Vergleichbarkeit mit anderen Verkehrsmitteln in Zukunft die Fahrwege als Infrastrukturen und die Linien als Netzinformationen erfasst werden.

Die Zugehörigkeit von Linien und Halten zu einem oder mehreren *Verkehrsverbänden* soll entgegen der bisher verbreiteten Vorgehensweise stets durch spezielle übergeordnete Relationen ausgedrückt werden, da somit die Zuweisung mehrerer Werte zu einem Key verhindert werden kann und Zuordnungen nicht an falsch geschriebenen Namen oder Abkürzungen von Verkehrsverbänden scheitern.

Nachdem die bisherigen Ausführungen der vorliegenden Arbeit ihr Augenmerk auf jene Elemente legten, die in OSM aufgenommen werden sollen, müssen nun noch jene Netzinformationen berücksichtigt werden, die entweder nicht weiter beachtet oder auf die lediglich verwiesen werden soll. Zu den Elementen, die nicht weiter berücksichtigt werden sollen, zählen temporäre Phänomene wie Einsatz- und Sonderlinien oder Linienvariationen sowie Kenngrößen im Bezug auf Halte oder Linien, die auf statistischen Erhebungen beruhen oder von temporären Faktoren abhängig sind: Haltestellen- und Linienbelastungen, Haltestellenaufenthalts- und Umsteigezeiten.

Die Bestandteile der Netzinformationen hingegen, die mit externen Schnittstellen *verknüpft* statt in OpenStreetMap eingebunden werden sollen, sind jene, die Fahrpläne und deren implizite Informationen betreffen, wie etwa Taktzeiten und Fahrzeiten der Verkehrsmittel, sowie jene, welche Beförderungstarife und die Aufteilung von Tarifzonen betreffen. Diese Informationen sollten keinen Teil der OSM-Daten ausmachen, weil ihre Zuordnung zu Map Features sehr aufwendig wäre, sie sich zu oft ändern und sie einen zu abstrakten beziehungsweise keinen Raumbezug mehr aufweisen. Auch sind die Informationen zu komplex in ihrer Erfassung und vor allem in ihrer Modellierung, als dass einfach und schnell ein großer Nutzen aus ihrem Vorhandensein in OSM gezogen werden könnte. Die externen Verknüpfungen mit solchen Informationen könnten recht einfach über die Aufnahme eines zusätzlichen URL-Attributs für Linien und Halte realisiert werden, dessen Wert auf eine elektronische Fahrplanauskunft mit entsprechend voreingestellten Parametern verwiese. Dies wäre jedoch nicht sinnvoll, da URL häufig zu Werbezwecken missbraucht werden und Betreiber die Gestaltung der Verweise auf ihre elektronischen Fahrplanauskünfte zu häufig ändern – zudem wäre dies eher eine Vernetzung als eine Verknüpfung. Vorteilhafter ist dagegen eine Herangehensweise, die auf der eindeutigen Identifizierbarkeit der Map Features (und damit der Geobjekte) basiert und folglich die automatische Weiterverarbeitung der in OSM hinterlegten Eigenschaften dieser Objekte ermöglicht. Eine

solche Weiterverarbeitung kann beispielsweise in einem freien Datenbanksystem für Fahrplandaten geschehen, welches auch Beförderungstarife umfasst und Takt- sowie Fahrzeiten impliziert. Um die eindeutige Identifizierbarkeit der Map Features zu gewährleisten, muss jeder Halt und jede Linie über eine global eindeutige Referenz-ID (oder eine Kombination aus mehreren ID oder aus Namen und ID) verfügen.

### **Zusammenfassung: Schlussfolgerungen aus der Analyse des Datenschemas**

Bei den Infrastrukturelementen werden einige wichtige Änderungen möglichst kurzfristig zu realisieren sein. Hierzu zählen insbesondere die klare Abgrenzung der unterschiedlichen Schienenwege voneinander sowie die vereinheitlichende Gestaltungsweise von trans- und unimodalen Halten. Ebenso bedeutsam ist die Bereitstellung eines Hilfsmittels für die klare Differenzierung der Linien unterschiedlicher Verkehrsmittel, für die gleichermaßen klar strukturierte Modellierung sowohl einfacher als auch komplexer Linienverläufe und für die Unterscheidung zwischen Strecken, die mehrere schienenbezogene Verkehrswege verknüpfen, und Linien schienenbezogener Verkehrsmittel. Insgesamt sollen häufige Missstände, wie etwa die Zuweisung von mehreren Werten zu einem Key sowie unpassende oder nicht eindeutige Auszeichnungen mit ID und Namen, mittelfristig beseitigt werden. Daneben solle die Modellierung zahlreicher, allerdings weniger relevanter Daten auf längere Sicht einer Veränderung unterzogen werden.

## IV. Anpassung des Schemas für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap

### IV.1 Entwurf und Implementierung des angepassten Datenschemas

In diesem Unterkapitel stehen sowohl der Entwurf des angepassten Datenschemas für Infrastrukturelemente und Netzinformationen als auch dessen Implementierung im Vordergrund, das heißt dessen konkrete Formulierung für die zukünftige Anwendung in OpenStreetMap. Hierzu wird für alle OSM-Entitätsklassen, für die Änderungen vorgesehen sind, das jeweilige Teilkonzept dargelegt und gegebenenfalls anhand von Beispielen erläutert. Den Rahmen für alle Überlegungen und Ausführungen zum Gesamtkonzept bildet dabei eine Reihe von Grundsätzen: Das Datenschema muss zuvörderst für alle Community-MitgliederInnen leicht verständlich, aber dennoch logisch und problemlos erweiterbar sein (so wenig zwingende Elemente wie nötig sollen vorgegeben und so viele optionale Details wie möglich sollen zugelassen werden). Außerdem müssen die häufigsten Fälle der Realität auch am einfachsten in OpenStreetMap umzusetzen sein und Spezialfälle sollen möglichst leicht modellierbar sein. Auf die Standardkonformität des Schemas soll zwar vorzugsweise geachtet werden; gleichwohl sind nötigenfalls aber auch eigene Standards zu setzen, falls die gegebenen nicht angemessen erscheinen (nur jene Elemente sollen aus den Standards übernommen werden, die zu OpenStreetMap passen, und Vorhandenes soll nicht vorschnell geändert oder gar »umgestürzt« werden). Darüberhinaus ist die Abwärtskompatibilität des Schemas weitestgehend zu berücksichtigen und seiner Vielseitigkeit muss stets ein sehr großer Stellenwert eingeräumt werden (auf die Eignung des Schemas für eine unkomplizierte Darstellung und für erweiternde Applikationen, wie etwa Routingberechnungen, soll bevorzugt geachtet werden).

#### A Linienhafte Infrastrukturelemente

Wie aus den Schlussfolgerungen des vorherigen Kapitels hervorgeht, sind für *Straßen* und *Spurbus-Fahrwege* im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine Änderungen auszuarbeiten (s. Kap. III.3-A), anders jedoch für die Linieninfrastrukturen der *Oberleitungsbusse*: Straßen, die über entsprechende Fahrleitungen verfügen, sind fortan durch das Hinzufügen des Tags `trolley_wire=yes` kenntlich zu machen.

Bei den *schienenbezogenen Linieninfrastrukturen* ist zunächst die klare Abgrenzung der unterschiedlichen Schienenwege und Bahnkörper zueinander von eminenter Wichtigkeit (s. Kap. III.3-A). Diese soll bereits vor Ort beim Erfassen der Daten eine Rolle spielen, und zwar dergestalt, dass sich MapperInnen bei der Datenaufnahme diverser Entscheidungskriterien bedienen können, um die Art eines Schienenwegs/Bahnkörpers möglichst eindeutig identifizieren und folglich korrekt modellieren und attribuieren zu können. Diese Entscheidungskriterien sind im Folgenden als *Entscheidungsgraph* dargestellt (s. Abb. 4-1), um ihre aufeinanderfolgende und hierarchische Struktur und demzufolge den Entscheidungsfluss zu veranschaulichen. Die Tags (bzw. Tag-Kombinationen), die jeweils am Ende einer Entscheidungskette stehen, sind anschließend erläutert, wenn die verschiedenen Schienenwege und Bahnkörper einzeln behandelt werden.

Zu Beginn spielen ausschließlich die jeweiligen örtlichen Umgebungen eine Rolle, da somit entweder gleich eine Entscheidung oder zumindest eine partielle, filternde Vorauswahl getroffen werden kann – so verkehren beispielsweise in ländlichen Gebieten weder Straßen- noch Stadtschnellbahnen. Die weiteren Kriterien beziehen sich dann größtenteils auf die Bauweise der Verkehrswege und deren Eignung für Schienenfahrzeuge. Da jedoch aus einem begrenzten Gleisabschnitt oft keine zufriedenstellenden Schlüsse auf den ganzen Verkehrsweg zu ziehen sind oder sich die Bauweisen zu stark ähneln, müssen die jeweiligen Verkehrswege in größeren Zusammenhängen untersucht werden oder es ist eine entsprechende Ortskenntnis nötig. Denn andernfalls müssten genaue Spurweiten, Gleisabstände, Gleisradien oder der Bahnstrom als Merkmale herangezogen werden, deren Vermessung vor Ort allerdings lebensgefährlich sein kann oder oftmals nicht möglich ist und deren Werte überdies in nahezu jedem Staat andere sind und die eindeutige Zuordnung somit eines Spezialwissens oder spezieller Hilfsmittel bedürfte. Ferner spiegeln die mit Schlüsselwörtern wie »meist« oder »selten« gekennzeichneten Unterscheidungsmerkmale im Entscheidungsgraphen Unklarheiten wieder, die so auch in der Realität häufig anzutreffen sind, denn selbst in der Fachwelt lassen sich einzelne Schienenweg- und

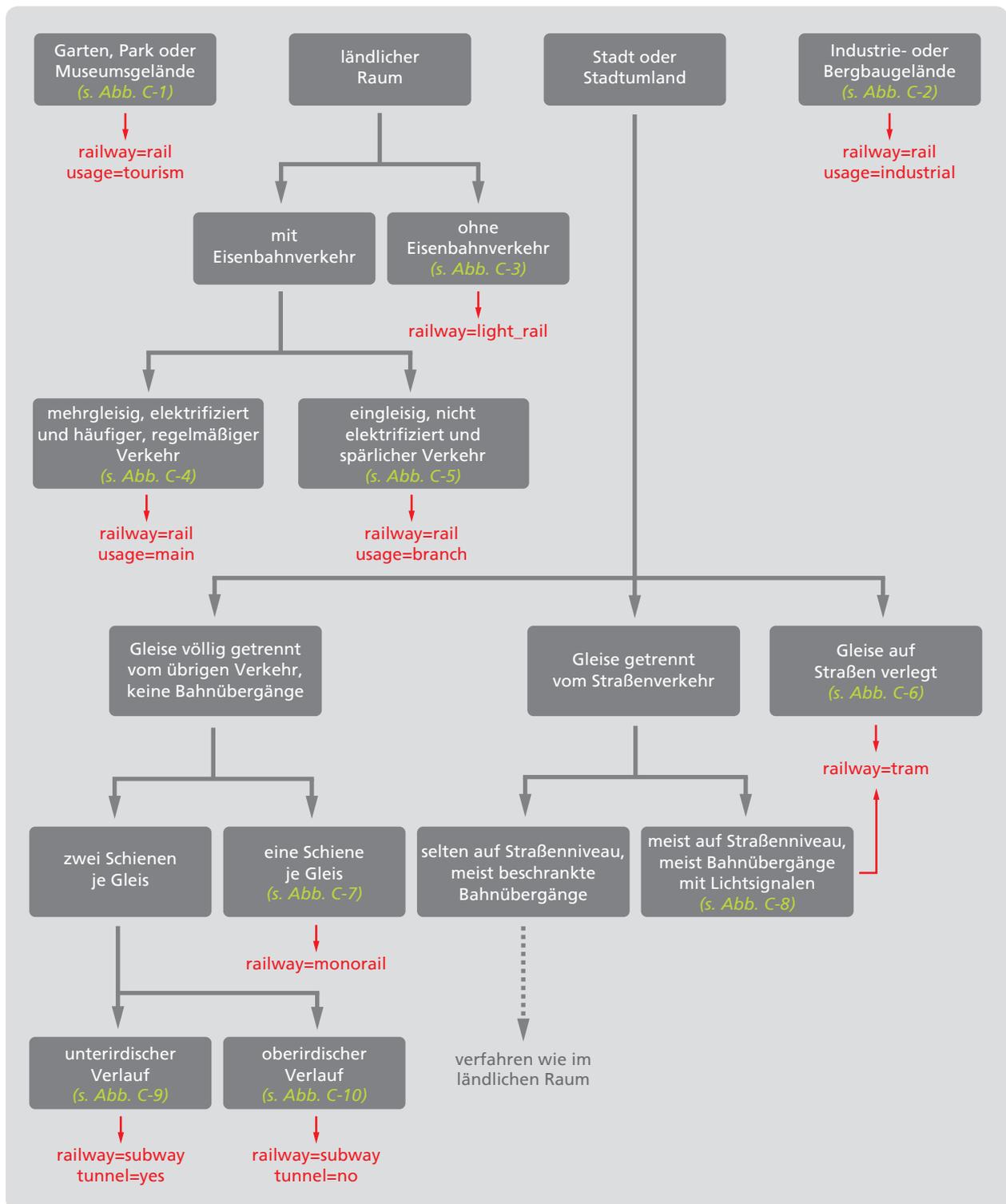


Abb. 4-1 Entscheidungsgraph für die Erfassung von Schienenwegen/Bahnkörpern

Bahnkörper-Kategorien nicht immer exakt voneinander trennen und vor allem nicht pauschal klassifizieren, sondern weisen Überschneidungen und Ausnahmen auf. Darüberhinaus sind bei der Unterscheidung zwischen Eisenbahnschienenwegen und Stadtbahnkörpern im Entscheidungsgraphen die Verkehrsmittel berücksichtigt, deren Linien über die betrachteten Verkehrswege führen und welche die/der Mapperin/Mapper in Erfahrung bringen sollte. Diese Informationen betreffen zwar das Netz, aber ohne diese kann die/der Mapperin/Mapper die Schienenwege/Bahnkörper nicht eindeutig voneinander abgrenzen, da auch hierfür wiederum Spurweiten, Gleisradien oder ähnliche Merkmale herangezogen werden müssten. Auch bei der Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenbahnen spielt das Netz eine Rolle, und zwar dergestalt, dass

hier Verkehrshäufigkeiten und die Bedienung durch unterschiedliche Linien beachtet werden müssen. Denn nur dann, wenn auf einem mehrgleisigen, elektrifizierten Schienenweg auch häufiger, regelmäßiger Verkehr stattfindet, kann dieser als Hauptbahn gelten. Treffen hingegen nur ein oder zwei dieser Merkmale zu, dann handelt es sich entweder um eine Nebenbahn oder es muss im Einzelfall abgewogen und – durchaus auch mit Hilfe anderer Community-Mitglieder – eine Entscheidung getroffen werden.

Bezüglich der Unterschiede zwischen Trassen und Gleisen und der damit zusammenhängenden Problematik der Angabe der Gleisanzahl je Trasse, soll bis auf Weiteres so verfahren werden, wie dies auch bislang in OSM fñrgewñhnlich der Fall ist: Wenn einzelne Gleise statt Trassen aufgenommen werden, so sind alle zu einer Trasse gehñrenden Gleise ohne Unterschied gleich zu taggen, und zwar so, wie die gesamte Trasse attribuiert wñrde, wenn nur diese erfasst wñrde. Unabhñngig davon soll stets mittels eines zusñtzlichen Attributs die jeweilige Anzahl der Gleise notiert werden. Dessen Wert nimmt eins an, wenn einzelne Gleise statt Trassen erfasst werden, und einen Wert grñßer eins, falls nur Trassen erfasst werden.

*Eisenbahnschienenwege* sind nach wie vor als Ways aufzunehmen und kñnnen auch weiterhin mit einem schlichten railway=rail attribuiert werden, um sowohl die Kompatibilität zu den vorhandenen und nach den bisherigen Konventionen erfassten Elementen zu gewährrleisten als auch sicherzustellen, dass unerfahrene OSM-Beteiligte sehr einfach neue Elemente erstellen kñnnen, über die sie möglicherweise keine weiteren Informationen besitzen, als die, dass es sich um Eisenbahnschienenwege handelt. Neben railway=rail kñnnen und sollen je nach Situation und Informationslage freilich noch weitere Tags verwendet werden, von denen die unten stehende Tabelle (s. Tab. 4-1) freilich nur eine Auswahl zeigt, das heißt die wichtigsten und am häufigsten benötigten Attribute:

Tab. 4-1 Tags für Eisenbahnschienenwege nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
railway	rail	kennzeichnet einen Way als Eisenbahnschienenweg
usage	[main branch industrial military tourism]	Nutzung
ref	Text/Zahl	Verkehrswegnummer
name	Text	Verkehrswegname
service	[siding spur yard]	Gleiskategorien für Nebengleise
maxspeed	Zahl	zulässige Höchstgeschwindigkeit in Kilometern pro Stunde
tracks	Zahl	Anzahl der Gleise
traction	[cable rack]	kennzeichnet Zusatzantrieb durch Kabel oder Zahnrad
disused	[yes no]	nicht mehr in Benutzung?
construction	[yes no]	im Bau befindlich?
planned	[yes no]	in Planung befindlich?
tunnel	[yes no]	Tunnel?
bridge	[yes no]	Brücke?
gauge	Zahl	Spurweite in Millimetern
electrified	[yes no contact_line rail]	Elektrifizierung
voltage	Zahl	Spannung in Volt
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen

Die fünf für den Key usage vordefinierten Werte drücken die Nutzung des auf diese Weise gekennzeichneten Verkehrsweges aus: main (Hauptbahn) branch (Nebenbahn), industrial (Industrie-, Minen- oder Werksbahn), military (Militärbahn) und tourism (Ausflugs-, Modell- oder touristische Bahnen). Hierdurch wird zwar die Trennung von Infrastrukturelementen und Netzinformationen nicht sauber eingehalten, für die MapperInnen jedoch vereinfacht sich die Datenerfassung erheblich, da sie zum Beispiel keine Netzinforma-

tionen als separate Datenstrukturen modellieren müssen, um »ihre« Museumsbahn später als solche auf der interaktiven Web-Kartendarstellung zu erleben. Ferner fallen hierdurch weder beim Rendern noch bei anderen Anwendungen komplexe Vorausberechnungen an, die zusätzliche Datenstrukturen berücksichtigen müssten, wie beispielsweise Streckenrelationen für wichtige Städteverbindungen, die einen Verkehrsweg als Mitglied enthalten und ihn somit als Hauptbahn ausweisen. Zudem ermöglicht das Vorhandensein des Keys `usage` ein differenzierteres Rendering, um die unterschiedliche Nutzung von Eisenbahnschienenwegen auch visuell zu verdeutlichen und hervorzuheben. Zwar könnten auch sehr gut ausgebaute Hochgeschwindigkeitsverbindungen durch einen weiteren Wert (z. B. `high_speed`) für den Key `usage` auf die erläuterte Weise modelliert werden, jedoch ist die Identifizierung solcher Wege – insbesondere für die MapperInnen – schwierig, da die Abgrenzung zu anderen Verkehrswegen meist nicht eindeutig vorgenommen werden kann und sich international stark unterscheidet. Daher ist das Tag `maxspeed=*` zur Erfassung der jeweiligen zulässigen Höchstgeschwindigkeit für diese Zwecke sinnvoller, obwohl solche Informationen selten leicht zu beschaffen sind. Somit ist es nämlich möglich, Hochgeschwindigkeitsverbindungen bei der Datenverarbeitung exakter zu separieren, indem beispielsweise jeweils die nationalen Geschwindigkeitsuntergrenzen als Abgrenzungsmerkmale zu normalen Hauptbahnen herangezogen werden können.

Falls der Key `ref` verwendet wird, soll sein Wert eine Verkehrswegnummer sein, die innerhalb des als `operator` angegebenen und für den Eisenbahnschienenweg zuständigen Infrastrukturunternehmens eindeutig ist – in Deutschland ist dies vorzugsweise die VzG-Streckenummer für alle linienhaften Infrastrukturen der Eisenbahnen, die von der DB unterhalten werden. Als `name` sollte der Verkehrswegname gesetzt werden, den das Infrastrukturunternehmen vergeben hat oder – falls nicht vorhanden – derjenige, der im allgemeinen Sprachgebrauch üblich ist. Hier (wie auch überall sonst im Rahmen von OpenStreetMap) kann alternativ repräsentative optional auch mit Keys wie `nat_name`, `alt_name` oder ähnlichen gearbeitet werden, falls es verschiedene Verkehrswegnamen gibt. Ferner kann – falls Einzelgleise statt Trassen erfasst sind – mit dem bereits etablierten Tag `service=*` darauf hingewiesen werden, dass es sich beim betroffenen Way um ein Nebengleis handelt (Abstell-, Anschluss-, Ausweich-, Rangier- oder Verschiebegleis).

Für *Stadtbahnkörper* ist es von herausragender Bedeutung, dass die OSM-Beteiligten diese korrekt und flächendeckend abgrenzen von Eisenbahnschienenwegen, Schienenwegen mit technischer Eignung für den Mischverkehr und Bahnkörpern der Straßenbahnen oder Stadtschnellbahnen. Diese Abgrenzung geht aus dem erläuterten Entscheidungsgraphen hervor und soll untermauert werden durch die konsequente Kennzeichnung von unterirdischen Verläufen beziehungsweise Bahnkörpern in Hochlage mit den vorhandenen und hierfür bereits zur Anwendung kommenden Tags `tunnel=*` respektive `bridge=*`. Dennoch bleibt die grundlegende Erfassung von Stadtbahnkörpern für die MapperInnen dieselbe wie bisher, da sowohl die Geometrie als auch das kennzeichnende Attribut `railway=light_rail` unverändert bleiben. Dies sichert die Kompatibilität zu den bereits vorhandenen Elementen. Darüberhinaus empfiehlt sich die Verwendung weiterer Tags, abhängig von der Informationsdichte und der jeweiligen Situation (s. Tab. 4-2):

Tab. 4-2 Tags für Stadtbahnkörper nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
<code>railway</code>	<code>light_rail</code>	kennzeichnet einen Way als Stadtbahnkörper
<code>ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	Verkehrswegnummer
<code>name</code>	<i>Text</i>	Verkehrswegname
<code>tracks</code>	<i>Zahl</i>	Anzahl der Gleise
<code>traction</code>	<code>[cable rack]</code>	kennzeichnet Zusatzantrieb durch Kabel oder Zahnrad
<code>disused</code>	<code>[yes no]</code>	nicht mehr in Benutzung?
<code>construction</code>	<code>[yes no]</code>	im Bau befindlich?
<code>planned</code>	<code>[yes no]</code>	in Planung befindlich?
<code>tunnel</code>	<code>[yes no]</code>	Tunnel?
<code>bridge</code>	<code>[yes no]</code>	Brücke?
<code>gauge</code>	<i>Zahl</i>	Spurweite in Millimetern

electrified	[yes no contact_line rail]	Elektrifizierung
voltage	Zahl	Spannung in Volt
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen

Die vordringlichste Aufgabe für die MapperInnen im Bezug auf *Stadtschnellbahnkörper* besteht in deren differenzierter Abgrenzung zu anderen Schienensystemen und in der einheitlichen Kategorisierung in U-Bahnen (railway=subway) einerseits und die Klasse der Einschienenbahnen (railway=monorail) andererseits. Dies sollen die OSM-Beteiligten mit Hilfe des Entscheidungsgraphen realisieren sowie durch die Kennzeichnung von unterirdischen U-Bahn-Trassenführungen mit dem Tag tunnel=yes, oberirdischen U-Bahnen mit tunnel=no und die Unterscheidung zwischen Hänge- und Magnetschwebbahnen mittels monorail=[hanging|magnetic]. Solche Zusatzkennzeichnungen ermöglichen darüberhinaus auch eine visuelle Hervorhebung und Differenzierung beim Rendering. Weitere thematische Attribute für Stadtschnellbahnkörper sind (s. Tab. 4-3):

Tab. 4-3 Tags für Stadtschnellbahnkörper nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
railway	subway	kennzeichnet einen Way als U-Bahnkörper
railway	monorail	kennzeichnet einen Way als Einschienenbahnkörper
monorail	[hanging magnetic]	kennzeichnet eine Einschienenbahnkörper als Hänge- oder Magnetschwebbahnkörper
ref	Text/Zahl	Verkehrswegnummer
name	Text	Verkehrswegname
tracks	Zahl	Anzahl der Gleise
disused	[yes no]	nicht mehr in Benutzung?
construction	[yes no]	im Bau befindlich?
planned	[yes no]	in Planung befindlich?
tunnel	[yes no]	Tunnel?
bridge	[yes no]	Brücke?
gauge	Zahl	Spurweite in Millimetern
electrified	[yes no contact_line rail]	Elektrifizierung
voltage	Zahl	Spannung in Volt
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen

*Straßenbahnkörper* sind fortan ausschließlich als eigene Geometrien zu erfassen, vorallem dann, wenn die Bahnkörper bündig auf Straßen verlaufen, wofür bislang häufig ein gemeinsamer Way verwendet wurde. Die Map Features für Straßenbahnkörper können nach wie vor mit einem schlichten railway=tram aufgenommen werden, um die Kompatibilität zu den vorhandenen und nach den bisherigen Konventionen erfassten Elementen zu gewährleisten und sicherzustellen, dass unerfahrene OSM-Beteiligte sehr einfach neue Elemente erstellen können, ohne über nähere Informationen zu verfügen. Neben railway=tram können je nach Situation und Informationslage freilich noch weitere Tags verwendet werden (s. Tab. 4-4):

Tab. 4-4 Tags für Straßenbahnkörper nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
railway	tram	kennzeichnet einen Way als Straßenbahnkörper
ref	Text/Zahl	Verkehrswegnummer
name	Text	Verkehrswegname
tracks	Zahl	Anzahl der Gleise

traction	[cable rack]	kennzeichnet Zusatzantrieb durch Kabel oder Zahnrad
disused	[yes no]	nicht mehr in Benutzung?
construction	[yes no]	im Bau befindlich?
planned	[yes no]	in Planung befindlich?
tunnel	[yes no]	Tunnel?
bridge	[yes no]	Brücke?
gauge	Zahl	Spurweite in Millimetern
electrified	[yes no contact_line rail]	Elektrifizierung
voltage	Zahl	Spannung in Volt
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen

Die Fahrwege von *Standseilbahnen* sollen in Zukunft mit dem Tag `railway=funicular` erfasst werden, um deren Eigenständigkeit als Verkehrsmittel zu kennzeichnen und um ein Rendering zu ermöglichen, das sie von anderen schienenbezogenen Verkehrsmitteln abhebt. Zusätzliche Attribute sind (s. Tab. 4-5):

Tab. 4-5 Tags für Standseilbahnen nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
railway	funicular	kennzeichnet einen Way als Standseilbahn
ref	Text / Zahl	Verkehrswegnummer
name	Text	Verkehrswegname
tracks	Zahl	Anzahl der Gleise
disused	[yes no]	nicht mehr in Benutzung?
construction	[yes no]	im Bau befindlich?
planned	[yes no]	in Planung befindlich?
tunnel	[yes no]	Tunnel?
bridge	[yes no]	Brücke?
gauge	Zahl	Spurweite in Millimetern
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen

Um auch in diesem Bereich eine eindeutige Trennung von Infrastrukturelementen und Netzinformationen zu etablieren, sollen die Fahrwege (Fahrwasser) von *Personenfähren* in Zukunft mit dem Tag `waterway=ferry_way` erfasst werden.

Aus der Gruppe der sonstigen Linieninfrastrukturen sind hier einzig jene der *öffentlichen Fahrsteige* berücksichtigt, da diese erst noch Eingang in OpenStreetMap finden müssen und deren Modellierung somit vergleichsweise frei gestaltet werden kann. Die betroffenen Ways sollen mit `highway=conveyor` erfasst werden, da die Fahrsteige – wenn sie sich außerhalb von Gebäuden befinden – im Verkehrsraum öffentlicher Straßen anzutreffen sind; zusätzliche Attribute (s. Tab. 4-6):

Tab. 4-6 Tags für öffentliche Fahrsteige nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
highway	conveyor	kennzeichnet einen Way als öffentlichen Fahrsteig
oneway	[yes 1 no]	Benutzung nur in einer Richtung möglich?
wheelchair	[yes no limited only]	geeignet für RollstuhlfahrerInnen?

## B Punkthafte Infrastrukturelemente

Die Erfassung nahezu aller für den ÖPNV bedeutsamen *Punktinfrastrukturen* in OpenStreetMap soll fortan mit Hilfe eines homogenisierenden, transmodalen und somit angepassten Schemas realisiert werden, dessen Grundstruktur – unabhängig vom jeweiligen Verkehrsmittel oder Verkehrsträgerbezug – von MapperInnen stets auf einfache Weise angewendet, aber auch leicht erweitert werden kann, sodass optional eine detaillierte Gestaltung der Punktinfrastrukturen möglich ist. Das Schema (s. Abb. 4-2) besteht zu diesen Zwecken aus vier Komponenten, nämlich der Halteposition des Verkehrsmittels auf dem Verkehrsweg, der Zugangsstelle für Fahrgäste zum Verkehrsmittel, dem Gesamthalt sowie der Gesamthalt-Gruppe:

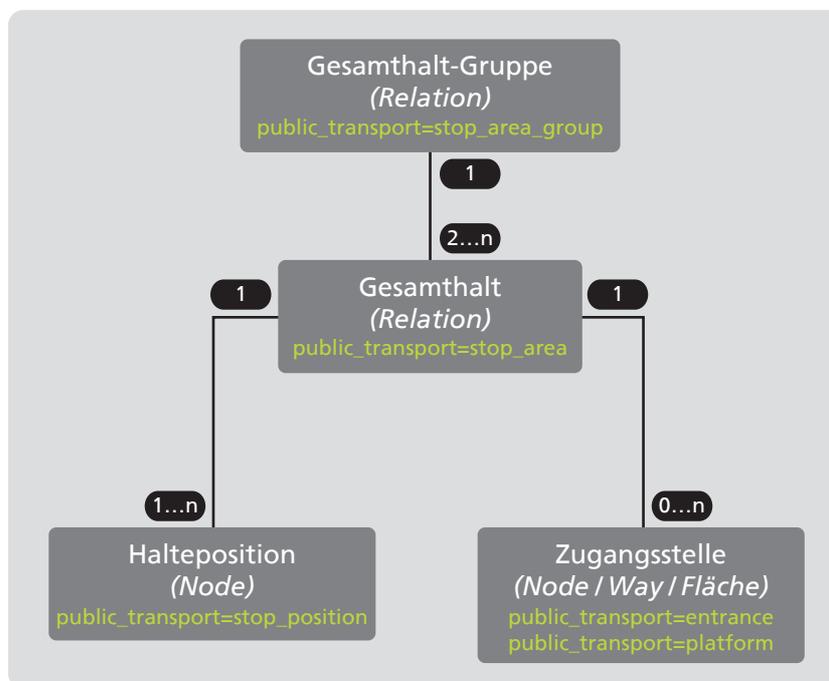


Abb. 4-2 Schema für die Erfassung von punkthafte Infrastrukturelementen

Aus der Graphik geht hervor, dass das Modell aus maximal drei Stufen besteht: Ein Gesamthalt umfasst dabei als Relation mindestens eine Halteposition sowie keine oder beliebig viele Zugangsstellen und stellt somit den Zusammenhang zwischen diesen Komponenten her, die wiederum nur Mitglieder einer und nicht mehrerer Gesamthalt-Relationen sein können. Eine Gesamthalt-Gruppe wird als weitere, übergeordnete Relation genau dann verwendet, wenn mehrere Gesamthalte zusammengefasst werden sollen, weil sie nur durch Namenszusätze voneinander unterschiedene Teile *eines* Haltes repräsentieren.

Die grundlegende und wichtigste Komponente des in obiger Graphik dargestellten Modells bilden die *Haltepositionen* (engl. stop positions), da sie bei der Erfassung eines Haltes als einzige Elemente *obligat* sind. Überdies können Haltepositionen gemeinsam mit Zugangsstellen in die Mitgliederliste einer oder mehrerer Linienrelationen aufgenommen werden. Um ein Map Feature als Halteposition zu qualifizieren, muss dieses als Node erfasst und mit dem Tag `public_transport=stop_position` gekennzeichnet werden. Da solche Nodes grundsätzlich auf dem Way des jeweiligen Verkehrsweges zu platzieren sind, löst sich durch die Etablierung von Haltepositionen die bereits mehrfach angesprochene Problematik der Positionierung, die bislang insbesondere bei Bushaltestellen zu Uneinheitlichkeiten geführt hat (s. Kap. III.3-A). Um beim späteren Rendering trotz der Unabhängigkeit des hier vorgestellten Modells von den jeweiligen, die Halte bedienenden Verkehrsmitteln korrekte Signaturen verwenden zu können (z. B. graphisch vereinfachte Bus-Symbole für Bus-Haltepositionen), sind für Haltepositionen weitere Tags notwendig, die die bedienenden Verkehrsmittel ausweisen (s. Tab. 4-7):

Tab. 4-7 Tags für Haltepositionen nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
bus	[yes no]	halten Busse?
rail	[yes no]	halten Eisenbahnen/S-Bahnen?
light_rail	[yes no]	halten Stadtbahnen?
subway	[yes no]	halten U-Bahnen?
monorail	[yes no]	halten Einschienenbahnen?
tram	[yes no]	halten Straßenbahnen?
funicular	[yes no]	halten Standseilbahnen?
aerialway	[yes no]	halten Luftseilbahnen?
ferry	[yes no]	halten Personenfähren?

Fehlen diese zusätzlichen Tags, so können die entsprechenden Informationen aus den Linienrelationen herausgelesen werden, welche die Halteposition als Mitglieder beinhalten; dies ist allerdings ungleich aufwendiger.

Darüberhinaus ist die Antwort auf die Frage, wann eine und wann mehrere Haltepositionen zu erfassen sind, für die MapperInnen von großer Bedeutung. *Eine* Halteposition soll nur dann aufgenommen werden, wenn sich zwei (Oberleitungs-)Bushaltestellen direkt gegenüberliegen oder bei Halten auf eingleisigen Schienenwegen/Bahnkörpern sowie freilich immer dann, wenn ohnehin nur eine Halteposition vorhanden ist. Andernfalls sollen *mehrere* Haltepositionen modelliert werden, und zwar so viele, wie in der Realität vorhanden sind. In solchen Fällen nämlich werden diese fñrgewöhnlich auch als getrennt wahrgenommen, beispielsweise dann, wenn es durch einen Fahrbahnteiler zur Trennung kommt, zwei Halte um eine Straßenecke verteilt liegen oder zwei Halte sich zwar gegenüberliegen, dies jedoch auf unterschiedlichen Gleisen. Irgendwann in der Zukunft werden wohl in jeder straßenbezogenen Situation mehrere Haltepositionen aufgenommen werden, da in OpenStreetMap langfristig auch die unterschiedlichen Fahrstreifen von Fahrbahnen einzeln modelliert werden können.

Eine Gesamthalt-Relation kann *Zugangsstellen* (engl. *accesses*) in beliebiger Anzahl als Mitglieder enthalten, wobei diese aber nicht unbedingt erforderlich sind, sondern zur Erhöhung des Detaillierungsgrades der Gestaltung eines Haltes einbezogen werden können. Somit löst sich die erwähnte Problematik der Detailarmut (s. Kap. III.3-A), die bislang insbesondere bei Bahnhöfen vorzufinden ist. Die Geometrie und das kennzeichnende Attribut, mit denen Zugangsstellen zu modellieren sind, hängen ab von deren Art:

- Zugangsplattformen (z. B. Bahn- und Bussteige) oder Haltestellenbeschilderungen: linien- oder flächenhafte Ways oder Nodes mit `public_transport=platform`, und
- Eingänge (z. B. oberirdische U-Bahn-Eingänge): Nodes mit `public_transport=entrance`.

Zu den Zugangsstellen zählen freilich auch Stations- oder Bahnhofsgeläude, Empfangsgebäude bei Anlegestellen für Personenfähren, Piers, Kais, Anleger oder andere Einrichtungen (z. B. Toiletten oder Fahrkartenautomaten), die ebenfalls in eine Gesamthalt-Relation aufgenommen werden können. Die Modellierung solcher Map Features allerdings soll im Zuge der hier vorgestellten Schemaanpassung keiner Änderung unterzogen werden. Für Zugangsplattformen und Eingänge können über `public_transport=[platform|entrance]` hinaus noch zusätzliche Attribute verwendet werden (s. Tab. 4-8):

Tab. 4-8 Tags für Zugangsstellen nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
ref	<i>Text/Zahl</i>	Bezugsnummer (z. B. Bahn- oder Bussteigsnummer)
name	<i>Text</i>	Name der Zugangsstelle
operator	<i>Text</i>	betreibendes Verkehrsunternehmen
bus	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Bussen?
rail	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Eisenbahnen/S-Bahnen?

light_rail	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Stadtbahnen?
subway	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu U-Bahnen?
monorail	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Einschienenbahnen?
tram	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Straßenbahnen?
funicular	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Standseilbahnen?
aerialway	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Luftseilbahnen?
ferry	[yes no]	haben Fahrgäste hier Zugang zu Personenfähren?
wheelchair	[yes no limited only]	geeignet für RollstuhlfahrerInnen?
tactile_paving	[yes no]	Blindenleitsystem vorhanden?
bench	[yes no]	Sitzbank vorhanden?
bin	[yes no]	Abfalleimer vorhanden?
shelter	[yes no]	Unterstellmöglichkeit vorhanden?
ticket_machine	[yes no]	Fahrkartenautomat vorhanden?
toilets	[yes no]	Toilette vorhanden?

Die zusätzlichen Attribute bench=[yes | no], bin=[yes | no], shelter=[yes | no], ticket\_machine=[yes | no] sowie toilets=[yes | no] sollen hierbei die MapperInnen nicht davon abhalten, Elemente wie Fahrkartenautomaten oder Wartehäusschen auch als separate Map Features zu erfassen. Vielmehr sollen diese Attribute die Möglichkeit bieten, Informationen über das Vorhandensein solcher Elemente am jeweiligen Ort festzuhalten, und zwar auch dann, wenn deren Positionen nicht genau bekannt sind.

Insbesondere in Deutschland werden an Bahnhöfen keine Bahnsteigsnummern oder -bezeichnungen verwendet, sondern für jeden Bahnsteig die Nummern oder Bezeichnungen der Gleise angegeben, auf die sich der Bahnsteig bezieht – bei Mittelbahnsteigen sind dies in der Regel zwei Gleise. Folglich müssten Map Features, welche entsprechende Bahnsteige repräsentieren, mehrere Werte für das Tag ref=\* aufweisen, um beispielsweise ihren Bezug zu Gleis 6 und 7 auszudrücken. Da jedoch die Zuweisung mehrerer Werte zu einem Key in jedem Fall zu vermeiden ist, soll das Tag ref=\* in solchen Fällen vollständig fortgelassen werden. Denn die Gleisnummern und -bezeichnungen beziehen sich auf die Gleise und eben nicht oder nur mittelbar auf die Bahnsteige, weshalb die Anwendung des Tags ref=\* hier sogar falsch wäre. Benötigt werden die Gleisnummern und -bezeichnungen darüberhinaus ohnehin nicht, da die Verbindungen zwischen den Haltepositionen und den korrekten Zugangsstellen über die Linienrelationen hergestellt werden, in die jeweils beide Elemente einfließen und somit für eine Linie immer eindeutig einander zugeordnet sind.

Ein *Gesamthalt* (engl. stop area) umfasst als Relation mindestens eine Halteposition sowie keine oder beliebig viele Zugangsstellen und stellt damit wichtige Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen eines Haltes her. Dabei ermöglicht eine solche Relation auch die Abbildung von Transmodalität, die bislang nicht modelliert werden konnte. Darüberhinaus gruppiert ein Gesamthalt seine Mitglieder und weist einen zusammenhängenden Bereich mit einem gemeinsamen Namen aus, dessen Einzelelemente somit nicht länger isoliert wirken oder als nicht zusammengehörig interpretiert werden. Ein solcher gemeinschaftlicher Name bringt auch den Vorteil mit sich, dass eine textbasierte, automatische Suche nach dem Halt, der durch ihn beschrieben wird, *ein* Resultat erbringt – nämlich für die Gesamthalt-Relation – und nicht mehrere Resultate für die jeweiligen Einzelelemente, wie dies bislang der Fall ist. Zur näheren Beschreibung von Gesamthalt-Relationen soll das Tag public\_transport=stop\_area verwendet werden. Zwar sieht der Vorschlag zur »unified stoparea« ein site=stop\_area vor, das auch in gleicher Weise für den NaPTAN-Datenimport benutzt wird, allerdings trägt public\_transport=stop\_area eher zu einer homogenen Struktur bei, da auch die anderen Komponenten des neuen Punktinfrastruktur-Schemas mit dem Key public\_transport=\* als solche gekennzeichnet werden. Die Attribute, mit denen Gesamthalt-Relationen zusätzlich ausgestattet werden sollen, dienen vorwiegend deren eindeutiger Identifizierbarkeit und folglich der Möglichkeit einer Verknüpfung mit externen Schnittstellen, die bereits zuvor umrissen wurde (s. Kap. III.3-B; Tab. 4-9):

Tab. 4-9 Tags für Gesamthalte nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
ref	Text/Zahl	Referenz-ID
uic_ref	Zahl	IBNR
name	Text	Name
uic_name	Text	offizieller Name nach der UIC
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen

Bezüglich des Namens eines Gesamthaltes kann (wie auch überall sonst im Rahmen von OpenStreetMap) alternativ repsektive optional auch mit Keys wie `nat_name`, `alt_name` oder ähnlichen gearbeitet werden, falls kein offizieller Name nach der UIC vorhanden ist oder einfach noch mehr Informationen erfasst werden sollen (z. B. `name=Goetheplatz`, `reg_name=Rasseldorf,Goetheplatz` und `nat_name=Rasseldorf` unter der `Rassel,Goetheplatz`).

Optional kann ein Mitglied einer Gesamthalt-Relation mit der Rolle `label` versehen werden, um es im Hinblick auf das Rendering als Anzeigeort für ein Symbol oder einen Namen zu qualifizieren. Dies ist hauptsächlich für niedrige Zoomstufen von Bedeutung, wenn noch nicht jede Halteposition in Einzeldarstellung visualisiert wird.

Eine Gesamthalt-Relation ist nicht immer notwendig: Treten Haltepositionen isoliert auf, weil entweder noch keine weiteren Details erfasst worden sind oder weil es keine weiteren Elemente gibt, die zu erfassen wären, so ist eine zusätzliche Gesamthalt-Relation mit dann ohnehin nur einem Mitglied nicht notwendig. In solchen Fällen sollen die isoliert vorkommenden Haltepositionen allerdings zusätzlich mit den oben aufgelisteten Tags für Gesamthalte versehen werden, um sie wie diese eindeutig identifizierbar zu machen.

Die übergeordnete Relation für eine *Gesamthalt-Gruppe* wird mit `public_transport=stop_area_group` getaggt. Sie bietet die Möglichkeit, mehrere Gesamthalt-Relationen zusammenzufassen, die nur durch Namenszusätze voneinander unterschiedene Teile *eines* Haltes repräsentieren und damit im Netz zusammengehören (z. B. können mit einer Gesamthalt-Gruppe des Namens `name=Hauptstraße` eine Gesamthalt-Relation mit `name=Hauptstraße (Ostgasse)` sowie eine Gesamthalt-Relation mit `name=Hauptstraße (Nord)` gruppiert werden). An folgendem Beispiel wird der Nutzen einer Gesamthalt-Gruppe besonders deutlich: Möchte ein(e) TouristIn in einer ihr/ihm unbekanntem Stadt unter Benutzung von Angeboten des örtlichen ÖPNV an den Hauptbahnhof gelangen, so wird sie/er in der Suchmaske einer elektronischen Fahrplanauskunft, in einem Aushangfahrplan oder auf einem Liniennetzplan nach einem Halt des Namens Hauptbahnhof suchen. Nun kann es sein, dass das Suchresultat nicht nur aus dem Halt Hauptbahnhof besteht, sondern zusätzlich noch aus den Halten Hauptbahnhof (Hintere Eisenbahnstraße) und Hauptbahnhof (Seiteneingang Nordwestflügel). Die/der TouristIn wird nun in aller Regel den Halt Hauptbahnhof als Fahrtziel wählen (und sich somit »überraschen« lassen, ob die Fahrt an der Hintereisenbahnstraße oder am Seiteneingang Nordwestflügel endet), da die anderen beiden Halte für Ortsunkundige nicht sehr aufschlussreich und daher für eine Entscheidung ungeeignet sind. Damit nun auch ÖPNV-Routinganwendungen oder Liniennetzpläne, die auf OSM-Daten basieren, in solchen Fällen sowohl die detaillierten als auch das »generalisierte« Suchergebnis (Hauptbahnhof) zurückliefern, ist in Fällen wie dem hier angeführten Beispiel die Erstellung einer Gesamthalt-Gruppe unerlässlich.

Die zusätzlichen Attribute für Gesamthalt-Gruppen sollen sich an jenen für Gesamthalt-Relationen orientieren, die oben erläutert sind. Eine Gesamthalt-Gruppe kann neben Gesamthalt-Relationen als Mitglieder auch zusätzlich noch beliebig viele isolierte Nodes enthalten, die andere punkthafte Verkehrsinfrastrukturen repräsentieren:

- Taxistände,
- Taxirufsäulen,
- Rikschastände,
- Wassertaxistände,

- Mietfahrzeug-Einrichtungen, und
- Carsharing-Einrichtungen.

Die *Abwärtskompatibilität* des beschriebenen Schemas für punkthafte Infrastrukturen ist dadurch sichergestellt, dass die bisher in OpenStreetMap vorhandenen ÖPNV-Punktinfrastrukturen erhalten bleiben können und lediglich deren Bedeutung fortan anders interpretiert wird. So werden die bisherigen Map Features für Halte (die mit `highway=bus_stop`, `railway=halt` usw. getaggt sind) zukünftig als Haltepositionen interpretiert, falls sie direkt auf einem Verkehrsweg positioniert sind. Falls sie dagegen nicht auf diese Weise platziert sind, so werden sie als Zugangsstellen aufgefasst, wie freilich auch die bisherigen Map Features für Zugangsstellen (die mit `highway=subway_entrance`, `railway=platform` usw. getaggt sind). Durch zusätzliches Tagging können neue Informationen (`public_transport=stop_position`, `public_transport=platform` usw.) problemlos an die bestehenden Map Features angehängt werden. Die Gesamthalt-Relationen und -Gruppen können ungeachtet der bisherigen Daten neu erstellt werden.

Zukünftige Routingberechnungen profitieren vom dargelegten Schema durch die konsequente Platzierung der Haltepositionen auf den Verkehrswegen. Zudem ermöglicht das erweiterte und geänderte Schema ein wesentlich höheres Maß an Standardkonformität als das bisherige OSM-Datenschema, da es konzeptionell an die Gegebenheiten des IFOPT-Standards angelehnt ist. Somit lassen sich die nach dem angepassten Schema erfassten Daten leichter um nunmehr präziser zuordbare Informationen erweitern, welche für IFOPT, NaPTAN und andere von Bedeutung sind, beispielsweise mit Hilfe von Präfixen wie `naptan:`, die auf andere Namensräume der Keys hinweisen.

Exemplarisch sind im Folgenden drei typische Halte graphisch dargestellt, jeweils in der Karten- und der Datenansicht: der einfachste Fall, nämlich ein Bahnhofpunkt »auf der grünen Wiese« mit lediglich einer Halteposition (s. Abb. 4-3, Abb. 4-4), eine Bushaltestelle mit zwei Zugangsstellen als Gesamthalt-Relation (s. Abb. 4-5, Abb. 4-6) sowie zwei Bushaltestellen und ein Taxistand, die netztechnisch zusammengehören und eine Gesamthalt-Gruppe bilden (s. Abb. 4-7, Abb. 4-8).

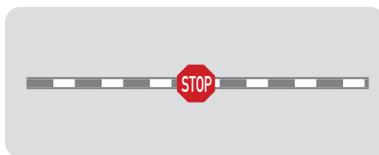


Abb. 4-3 Exemplarischer Bahnhofpunkt mit einer Halteposition (Kartenansicht)

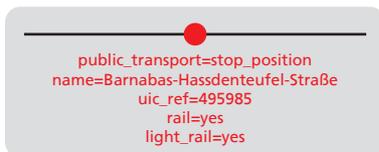


Abb. 4-4 Exemplarischer Bahnhofpunkt mit einer Halteposition (Datenansicht)

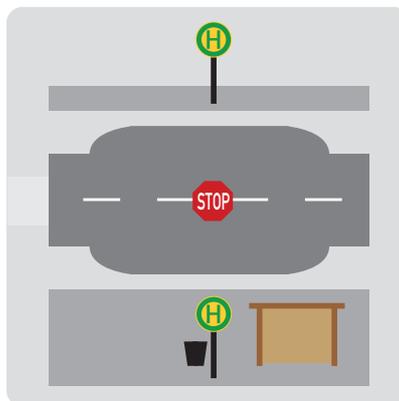


Abb. 4-5 Exemplarische Bushaltestelle als Gesamthalt-Relation (Kartenansicht)

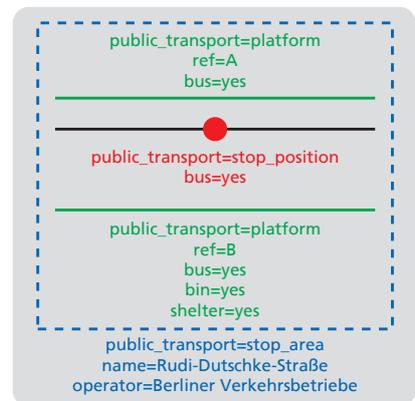


Abb. 4-6 Exemplarische Bushaltestelle als Gesamthalt-Relation (Datenansicht)

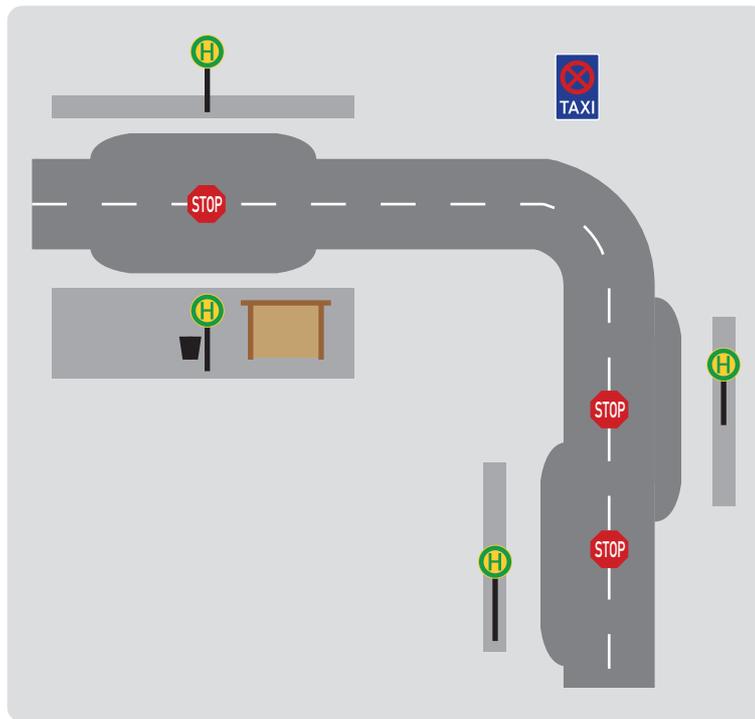


Abb. 4-7 Exemplarische Bushaltestellen als Gesamthalt-Gruppe (Kartenansicht)

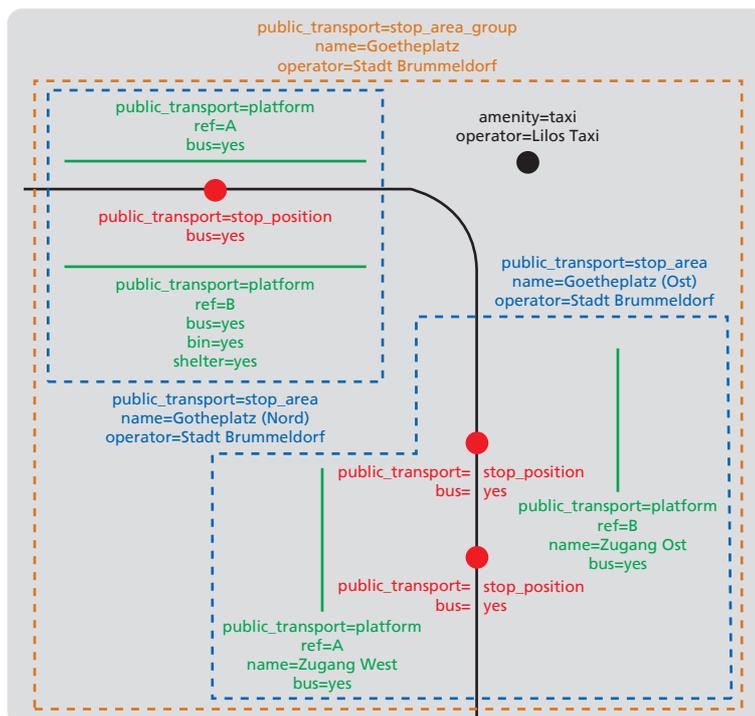


Abb. 4-8 Exemplarische Bushaltestellen als Gesamthalt-Gruppe (Datenansicht)

Das geschilderte Schema eignet sich für die Modellierung von Bushaltestellen, Busbahnhöfen, Oberleitungsbushaltestellen, Oberleitungsbusbahnhöfen, Eisenbahnhaltepunkten, Bahnhöfen, Stadtbahnhaltestellen, Stadtbahnhöfen, S-Bahn-Haltepunkten, S-Bahnhöfen, Stadtschnellbahnhaltestellen, Stadtschnellbahnhöfen, Straßenbahnhaltestellen, Straßenbahnhöfen, Standseilbahnstationen, Personenfähren-Anlegestellen und Luftseilbahnstationen. Anders hingegen sollen die bislang in OpenStreetMap fehlenden *Taxirufsäulen* erfasst werden, und zwar als Nodes mit den Attributen `amenity=callbox`, `taxi=yes` und `operator=*` (für das verantwortliche Taxiunternehmen). Falls sich von einer Rufsäule auch (bzw. ausschließlich) Ruf-Busse anfordern

lassen, so ist dies zusätzlich (resp. statt `taxi=yes`) mit `bus=yes` zu verdeutlichen; selbiges gilt für Wassertaxis, allerdings mit `water_taxi=yes`. *Öffentliche Personenaufzüge* sind als Nodes mit `highway=elevator` zu erfassen, da diese – wenn sie sich außerhalb von Gebäuden befinden – im Verkehrsraum öffentlicher Straßen anzutreffen sind; zusätzliche Attribute (s. Tab. 4-10):

Tab. 4-10 Tags für öffentliche Personenaufzüge nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
highway	elevator	kennzeichnet einen Node als öffentlichen Personenaufzug
foot	yes	für Personen erlaubt
bicycle	[yes no]	Fahrräder erlaubt?
oneway	[yes 1 no]	Benutzung nur in einer Richtung möglich?
wheelchair	[yes no limited only]	geeignet für RollstuhlfahrerInnen?
capacity	Zahl	maximal beförderbare Anzahl von Personen
maxweight	Zahl	beförderbares Maximalgewicht in Kilogramm
toll	Zahl	Gebühren?
operator	Text	unterhaltendes Infrastrukturunternehmen

### C Linien

Ähnlich wie bei den Punktinfrastrukturen machen auch die Komplexität und uneinheitliche Modellierung des ersten Teils der Netzinformationen, der *Linien*, die Konzeption eines homogenisierenden Schemas unumgänglich. Dieses soll den MapperInnen die einfache Erfassung sowohl der am häufigsten anzutreffenden Linienformen und -arten als auch unterschiedlicher Hin- und Rückwege bei Hauptlinienverläufen mittels einer leicht verständlichen Grundstruktur ermöglichen. Diese Grundstruktur soll problemlos und logisch erweiterbar sein, sodass beispielsweise auch abweichende Linienverläufe auf klar nachvollziehbare Weise integriert werden können. Der Zweck dieses Schemas ist es freilich auch, eine flächendeckende Modellierung von Linien als Relationen – und *nicht* als Ways – zu erreichen und eine eindeutige Abgrenzung der Linien unterschiedlicher Verkehrsmittel voneinander zu etablieren. Das Schema (s. Abb. 4-9) besteht zu diesen Zwecken aus fünf Komponenten, nämlich der Linie, der Linienvariante (für Hin- und Rückwege sowie abweichende Linienverläufe) sowie der Halteposition, der Zugangsstelle und dem Verkehrsweg als Relationsmitglieder:

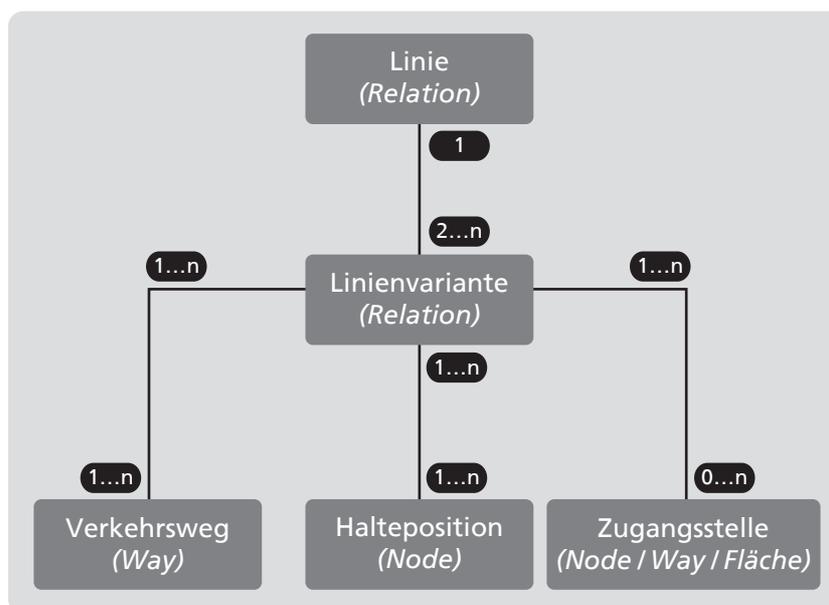


Abb. 4-9 Schema für die Erfassung von Linien

Aus der Graphik geht hervor, dass das Modell aus maximal drei Stufen besteht: Eine Linienvariante umfasst dabei als Relation mindestens eine Halteposition oder einen Verkehrsweg sowie keine oder beliebig viele Zugangsstellen. Eine Linie wird als weitere, übergeordnete Relation verwendet, um alle möglichen Varianten einer Linie zusammenzufassen.

*Linienvarianten* sind Relationen, die benötigt werden, um den Hin- und den Rückweg einer einfachen Linie jeweils *separat* zu modellieren. Dabei werden sämtliche Haltepositionen, die jeweils dazugehörigen Zugangsstellen und alle Verkehrswege respektive Verkehrswegabschnitte, die eine Linie bedient und befährt, als Mitglieder in die Relationen aufgenommen. Deren Reihenfolge in der geordneten Mitgliederliste spiegelt dabei immer exakt die reale Verbindung zwischen dem Quell- und dem Zielort wieder. Diese Grundsätze sollen auch dann gelten, wenn Hin- und Rückweg exakt symmetrisch sind (also jeweils exakt dieselben Haltepositionen und Verkehrswegabschnitte an- bzw. befahren werden; s. Abb. 4-10 oben) und nicht asymmetrisch (s. Abb. 4-10 unten):

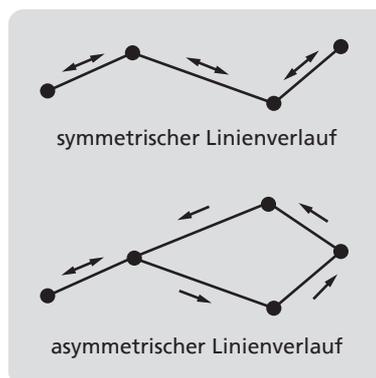


Abb. 4-10 Symmetrischer und asymmetrischer Linienverlauf

Da symmetrische Linienverläufe äußerst selten auftreten und auch in Zukunft gewiss nicht häufiger in Erscheinung treten werden (da langfristig Fahrstreifen statt nur Fahrbahnen erfasst werden und damit exakte Symmetrien ohnehin unmöglich machen), machte es wenig Sinn, für deren Kennzeichnung ein neues Tag einzuführen (z. B. `symmetrical=yes`), auch wenn dadurch eine der beiden Linienvariantenrelation eingespart werden könnte. Zur Kennzeichnung der Richtung einer Linienvariante und demzufolge hinsichtlich deren Unterscheidung sind zwei Attribute notwendig (s. Tab. 4-11):

Tab. 4-11 Tags für Linienvarianten nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
from	Text	Ausgangshalt bzw. Fahrtausgang
to	Text	Endhalt bzw. Fahrtziel

Diese Attribute sollten zur schnellen Unterscheidbarkeit *immer* verwendet werden, unabhängig von der Tatsache, dass Ausgangs- und Endhalte stets als erste respektive letzte Haltepositionen in der geordneten Mitgliederliste der Linienvariantenrelation identifiziert werden können. Meist sind die Namen des Fahrtausgangs und des Fahrtziels einer Linie nämlich nicht identisch mit den jeweiligen Halten (z. B. kann das Fahrtziel einer Buslinie Schöntal lauten, obwohl der Endhalt Growianstraße heißt).

Eine andere Möglichkeit für die Erfassung von Hin- und Rückwegen wäre deren gemeinsame Integration in *eine* Relation. Dabei würden alle Haltepositionen und Verkehrswege doppelt aufgenommen, die sowohl auf dem Hin- als auch auf dem Rückweg bedient werden – also auch die Start- und Endhalte. Haltepositionen und Verkehrswege, die entweder nur auf dem Hin- oder nur auf dem Rückweg bedient werden, wären freilich nur einmal aufzunehmen. Dasselbe gälte für die Verkehrswegabschnitte, die entweder zwischen dem Endhalt des Hin- und dem Ausgangshalt des Rückweges oder zwischen dem Endhalt des Rück- und dem Ausgangshalt des Hinweges liegen (z. B. Wendeschleifen). Die Start- und Endhalte könnten bei den so modellierten Linienvariantenrelationen zusätzlich gekennzeichnet werden durch die Vergabe der Rolle `end` an diese Mitglieder. Dadurch wäre deren Identifikation stets gewährleistet, auch dann, wenn beispielsweise der Endhalt des Hin- nicht mit

dem Ausgangshalt des Rückweges identisch wäre. Bei der Erfassung von Ringlinien schließlich käme es nach diesem Konzept jedoch zu Problemen: Wenn Hin- und Rückweg einer Ringlinie nämlich keine Halteposition und keinen Streckenabschnitt gemeinsam nutzen (s. Abb. 4-11), so müssten zwei Relationen erfasst werden, um das Entstehen von Lücken in der Relation zu verhindern. Diese kämen dadurch zustande, dass keinerlei Verbindung zwischen Hin- und Rückweg bestünde.

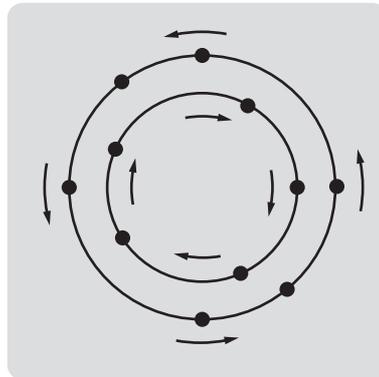


Abb. 4-11 Ringlinie mit völlig getrennten Hin- und Rückwegen

Zugangsstellen werden aus den folgenden beiden Gründen als Mitglieder in die Relationen für Linienvarianten mitaufgenommen: Zum einen ermöglicht dies zukünftigen Routinganwendungen, FußgängerInnen direkt auf die richtigen Zugangsstellen zu verweisen; zum anderen sichert diese Vorgehensweise die Abwärtskompatibilität des Modells, da somit auch all jene Map Features nach wie vor gültige Relationsmitglieder sind, die als Halte getaggt sind, aber neben den Ways für Verkehrswege positioniert sind und nicht auf solchen.

Für die Modellierung von *abweichenden Linienverläufen* existieren drei Möglichkeiten: eine gemeinsame Linienvariantenrelation für den Hauptverlauf und alle alternativen Verläufe (s. Abb. 4-12 links), eine Überrelation mit Unterrelationen sowohl für den Haupt- als auch für alle alternierenden Verläufe (s. Abb. 4-12 Mitte) oder die Erstellung einer eigenen Linienvariantenrelation für jeden auftretenden Verlauf (s. Abb. 4-12 rechts), wobei jede Linienvariantenrelation zusätzlich zu den obligaten Tags `from=*` und `to=*` mit dem Attribut `alternate=[yes | no]` ausgestattet wird, um sie als Hauptverlauf oder Abweichung zu kennzeichnen. Bei der erstgenannten Vorgehensweise wären alternative Verkehrswegabschnitte (z. B. der Weg zum Schwimmbad, der von der Linie nur in den Ferien befahren wird) und temporäre Haltepositionen (z. B. obiges Schwimmbad) mit der Rolle `alternate` zu versehen. Dies hätte zwar den Vorteil, dass Rendering-Systeme hiermit vergleichsweise einfach und schnell umgehen könnten, allerdings überwiegen bei Weitem die Nachteile. Da nämlich die Reihenfolge der Verkehrswegabschnitte in der Mitgliederliste nicht mehr dem Hauptverlauf der Linie entspräche, sobald abweichende Verläufe aufträten, müsste die Liste bei der Datenverarbeitung stets auseinandergenommen und ohne die `alternate`-Elemente wieder neu zusammengesetzt werden – dies führte zu sehr komplexen Routingalgorithmen. Außerdem wären einzelne alternierende Verläufe nicht mehr zuordbar (z. B.: Gibt es einen abweichenden Verlauf im Sommer und einen im Winter oder bilden beide zusammen eine einzige gemeinsame Abweichung im Herbst?). Die zweitgenannte Möglichkeit hingegen sähe eine Überrelation vor mit einer Referenz-ID für die durch sie abgedeckte Linie und mit einer oder mehreren Unterrelationen als Mitglieder. Diese müssten dann entsprechend ihres Wesens mit Rollen wie `main` (für den Hauptverlauf) oder `alternate` (für abweichende Verläufe) versehen werden. Da hierbei indes auch die Nachteile überwiegen – die durch eine weitere, vierte Ebene verkomplizierte Datenstruktur des oben beschriebenen Linienmodells sei hier stellvertretend genannt – sollen sich die OSM-Beteiligten grundsätzlich nach der letztgenannten Vorgehensweise richten, die zwar etwas aufwendiger zu handhaben ist beim Rendern, jedoch weder die Datenstruktur aufbläht noch zu sehr komplexen Routingalgorithmen führt. Darüberhinaus wird durch diese Vorgehensweise sichergestellt, dass die MapperInnen die einfachsten Fälle der Realität auch am einfachsten modellieren können – nämlich Linien ohne alternierende Verläufe, für welche die beiden Linienvariantenrelationen für Hin- und Rückweg ausreichen. Zudem müssen bei allen drei erläuterten Möglichkeiten Ergänzungslinien (z. B. Linie 4E statt Linie 4) ohnehin als separate Relationen erfasst werden, weshalb der scheinbare Mehraufwand durch das Erstellen mehrerer Relationen bei der letztgenannten Vorgehensweise kein Nachteil gegenüber den anderen Vorgehensweisen ist.

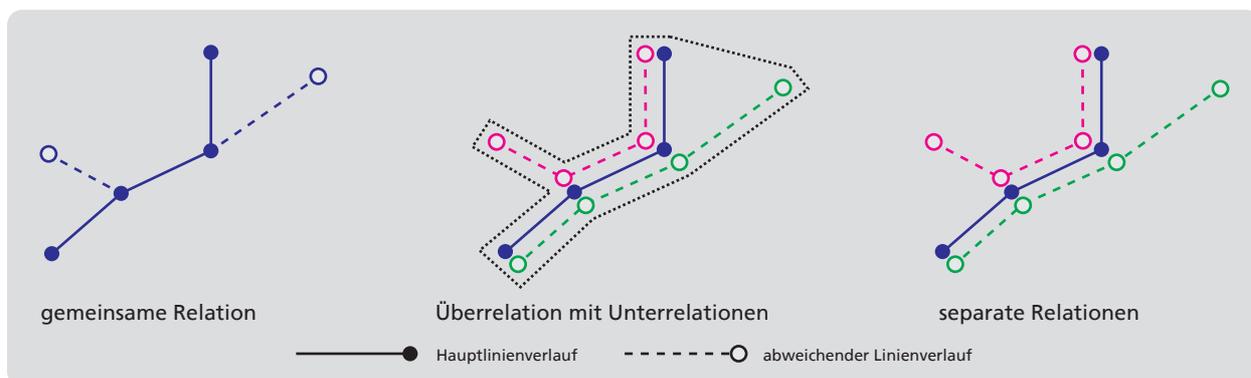


Abb. 4-12 Modellierungsmöglichkeiten von Haupt- und abweichenden Linienverläufen

Nicht benötigt werden zusätzliche Linienvariantenrelationen dann, wenn die abweichenden Verläufe lediglich in der Gestalt von Teleskoplinien auftreten. Für deren Modellierung reicht es aus, die entsprechenden Mitglieder in der Relation mit der Rolle `additional` zu versehen.

Beim Erstellen einer Linienvariantenrelation sind außer den genannten Punkten noch weitere Aspekte zu beachten. So sollen die Ways der Verkehrswegabschnitte, die in die Relation mitaufgenommen werden, nicht an jeder Halteposition aufgeteilt werden. Eine solche Aufteilung ersparte zwar einige Vorausberechnungen vor dem eigentlichen Rendern, da keine über Halte »überstehende« Liniengraphiken zu verhindern wären, jedoch wirkt es sich nicht sehr nachteilig aus, wenn dies dennoch geschieht, denn Routingalgorithmen müssen vorhandene Daten ohnehin vorverarbeiten; und dies gestaltet sich umso einfacher, je weniger Aufteilungen an Haltepositionen vorgenommen werden. Ferner sollen Bedarfshalte respektive deren Haltepositionen als Mitglieder der Linienvariantenrelation mit der Rolle `on_demand` versehen werden. Die Linien schienenbezogener Verkehrsmittel schließlich sollen entweder über das korrekte Gleis (falls alle einzeln erfasst sind), über das tendenziell richtige (z. B. bei drei erfassten von fünf) oder über das einzige (falls nur ein Gleis oder eine Trasse erfasst ist) verlaufen.

*Linienrelationen* werden als weitere, übergeordnete Relation verwendet, um alle auftretenden Varianten einer Linie zusammenzufassen und deren Zusammengehörigkeit sicherzustellen. Zu diesem Zweck sind für Linienrelationen mehrere, vom jeweiligen Verkehrsmittel und Konzept abhängige (und unten jeweils näher erläuterte) Attribute vorgesehen, die in jedem Fall die Referenz-ID (`ref=*`) umfassen sollen. Im Hinblick auf das zukünftige Rendering von Linien sind deren Relationen mit zusätzlichen Attributen zu versehen, die beispielsweise auch in der GTFS auftreten, bisweilen bereits Anwendung in OSM finden und Informationen über die Linienkennzeichnung enthalten: die Linienfarbe (`color`) und die Farbe der Linienbezeichnung (`text_color`; s. Abb. 4-13). Diese Informationen sollen der Datenebene hinzugefügt werden, weil sie – neben ihrem potenziellen Einfluss auf ein späteres Rendering – einen wichtigen, öffentlich sichtbaren Teilaspekt der Linie ausmachen. Auf einer anderen Ebene, möglicherweise auf den entsprechenden Wiki-Seiten zu Verkehrsverbänden oder dem ÖPNV in einer bestimmten Stadt, können mittels Einbindungsanweisungen noch weitere Informationen für das Rendering hinterlegt werden, die nicht auf die Datenebene gehören: lokale Symbole und Logos. Diese sind jedoch meist urheberrechtlich geschützt und unterliegen selten Open-Content-Lizenzen, weshalb sich ihre Einbindung in das Rendering als problematisch erweisen dürfte. Auch detaillierte, lokale Stilanweisungen könnten auf diese Weise hinterlegt werden, etwa spezielle graphische Variationsanweisungen.

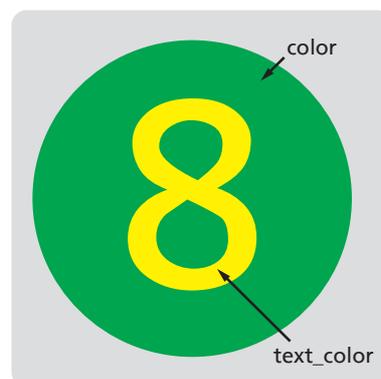


Abb. 4-13 Linienkennzeichnung: Linienfarbe und Farbe der Linienbezeichnung

Die *Abwärtskompatibilität* des beschriebenen Konzepts für die Modellierung von Linien ist zwar nicht ganz so problemlos sichergestellt wie jene des Konzepts für Halte (s. Abschn. B), da bislang für nahezu alle Linien jeweils nur eine Relation erstellt wird. Falls jedoch die vorhandenen Linienrelationen, die bislang fast ausschließlich ungeordnet vorliegen, dereinst geordnete Mitgliederlisten aufweisen (möglicherweise nach der

Umwandlung mittels eines automatischen Skripts, dessen Erstellung freilich nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein kann), können diese auch weiterhin als Linienrelationen interpretiert werden, und zwar als solche die (noch) nicht über Varianten verfügen.

Eine (*Oberleitungs-*)*Buslinie* ist nun – ausgehend von den oben dargelegten Eigenschaften des modifizierten Schemas – als Relation mit dem Attribut `line=bus` zu erstellen. Trolley- und normale Busse werden hier bezüglich ihrer Netzinformationen deshalb zusammengefasst, weil deren technische Ausprägung in diesem Zusammenhang vernachlässigbar ist; zusätzliche Tags (s. Tab. 4-12):

Tab. 4-12 Tags für (Oberleitungs-)Buslinien nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
<code>line</code>	<code>bus</code>	kennzeichnet eine Relation als (Oberleitungs-)Buslinie
<code>ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	Referenz-ID
<code>nat_ref</code>	<i>Text/Zahl</i>	nationale Referenz-ID
<code>name</code>	<i>Text</i>	Sondername (z. B. »Rasender Rolf-Dietrich«)
<code>color</code>	<i>Text</i>	Linienfarbe
<code>text_color</code>	<i>Text</i>	Farbe der Linienbezeichnung
<code>service</code>	[ <code>busway express long_distance school shuttle</code> ]	Verkehr in besonderem Konzept?
<code>by_night</code>	[ <code>yes no only</code> ]	Verkehr auch nachts?
<code>on_demand</code>	[ <code>yes no only</code> ]	Verkehr als Ruf-Bus?
<code>operator</code>	<i>Text</i>	betreibendes Verkehrsunternehmen

Der Grund für die Verwendung des Keys `line` an Stelle des bislang üblichen `route` (diese Änderung gilt für die Linien aller hier vorgestellten Verkehrsmittel) ist im Abschnitt E näher erläutert. Als Wert für `ref=*` soll stets die öffentlich sichtbare und folglich nächstliegende Referenz-ID gewählt werden, die fast immer mit der Linienbezeichnung übereinstimmt. Optional kann mittels `nat_ref=*` auch noch eine Referenz-ID vergeben werden, die allein auf nationaler Ebene von Bedeutung ist – für Buslinien in Deutschland kann dies beispielsweise deren KBS-Nummer sein. Ein `name` sollte nur dann angegeben werden, wenn es sich um einen Sondernamen (z. B. »Finsterer Totenkopf-Express«) handelt. Die Werte für `color` und `text_color` können wahlweise als benannte Farben (festgelegte englische Bezeichnungen für Webfarben) oder als Webfarben im Hexadezimalformat angegeben werden. Die fünf für den Key `service` vordefinierten Werte drücken einerseits das Konzept der auf diese Weise gekennzeichneten (Oberleitungs-)Buslinie aus, falls dieses vom gewöhnlichen Linienverkehr abweicht: `busway` (Metrobus), `express` (Schnellbus), `school` (Schulbus) und `shuttle` (Shuttlebus). Andererseits ermöglicht das Tag auch die Hervorhebung von Bussen im ÖPFV, die mittels `service=long_distance` zu kennzeichnen sind. Verkehren Busse auch oder ausschließlich im Bedarfsbetrieb, so kann dieser Eigenschaft als *Ruf-Buslinie* mit `on_demand=[yes | only]` Ausdruck verliehen werden.

*Trampbuslinien* stellen (neben den bereits behandelten Ruf-Buslinien) aus genannten Gründen (s. Kap. III.2-E) die einzigen Netzinformationen aus dem Bereich der *ÖPNV-Sonderformen* dar, deren Abbildung in OpenStreetMap sinnvoll ist. Da sie sich von Buslinien jedoch nur durch ihr Konzept unterscheiden, sollen Trampbuslinien wie Buslinien modelliert, aber mit `service=hail_ride` ausgestattet werden.

Von Buslinien unterscheiden sich (*Regional-*)*Bahnl*inien lediglich dergestalt, dass weniger Attribute für ihre detailreiche Modellierung notwendig sind und dass `service` mit anderen Werten zu versehen ist, die hier Regional-, Fern- und Hochgeschwindigkeitsverbindungen voneinander abgrenzen (s. Tab. 4-13):

Tab. 4-13 Tags für (Regional-)Bahnlinien nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
line	rail	kennzeichnet eine Relation als (Regional-)Bahnlinie
ref	Text/Zahl	Referenz-ID
nat_ref	Text/Zahl	nationale Referenz-ID
name	Text	Sondername (z. B. »Finsterer Totenkopf-Express«)
color	Text	Linienfarbe
text_color	Text	Farbe der Linienbezeichnung
service	[high_speed long_distance regional]	Hochgeschwindigkeits-, Fern- oder Nahverkehr?
by_night	[yes no only]	Verkehr auch nachts?
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen

*S-Bahnlinien* werden wie (Regional-)Bahnlinien behandelt, allerdings ist für den Key `service` der Wert `commuter` zu verwenden.

Die unten stehende Tabelle zeigt auf, wie *Stadtbahnlinien* fortan zu modellieren sind (s. Tab. 4-14). Davon unterscheiden sich *Stadtschnellbahn-* und *Straßenbahnlinien* nicht, bis auf den Wert für `line`: `monorail` respektive `subway` für erstere, `tram` für letztere. Die Verwendung dieser Begrifflichkeiten unterstreicht auch die nach dem angepassten Schema vereinfachte Zuordbarkeit der im Abschnitt A vorgestellten Linieninfrastrukturen zu den hier geschilderten Netzinformationen der einzelnen Verkehrsmittel.

Tab. 4-14 Tags für Stadtbahnlinien nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
line	light_rail	kennzeichnet eine Relation als Stadtbahnlinie
ref	Text/Zahl	Referenz-ID
nat_ref	Text/Zahl	nationale Referenz-ID
name	Text	Sondername (z. B. »CityFlitzer«)
color	Text	Linienfarbe
text_color	Text	Farbe der Linienbezeichnung
by_night	[yes no only]	Verkehr auch nachts?
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen

*Personenfährlinien* sollen aus Gründen der Einheitlichkeit sowie im Sinne der Trennung von Infrastrukturelementen und Netzinformationen als Relationen erfasst werden, welche die vorhandenen Ways für die Fahrwasser und die zugehörigen Anlegestellen als Mitglieder umfassen. Als Tags für Personenfährlinien können verwendet werden (s. Tab. 4-15):

Tab. 4-15 Tags für Personenfährlinien nach dem angepassten Datenschema

Key	Value	Erläuterung
line	ferry	kennzeichnet eine Relation als Personenfährlinie
ref	Text/Zahl	Referenz-ID
nat_ref	Text/Zahl	nationale Referenz-ID
name	Text	Sondername (z. B. »Channel Star«)
color	Text	Linienfarbe
text_color	Text	Farbe der Linienbezeichnung
foot	yes	für Personen erlaubt

by_night	[yes no only]	Verkehr auch nachts?
operator	Text	betreibendes Verkehrsunternehmen

## D Strecken

Um *Strecken*, die mehrere, schienenbezogene Verkehrswege miteinander verbinden (z.B. Kursbuchstrecken der DB), und *Linien* schienenbezogener Verkehrsmittel künftig deutlich voneinander unterscheiden zu können, soll fortan der Key `line` statt `route` für die Kennzeichnung einer Relation als Linie verwendet werden. Obwohl Linien als Routen im Verkehrsnetz definiert sind (s. Kap. II.2-E), ist der englische Begriff »line« hier als geeigneter anzusehen, da im Englischen ÖPNV-Linien häufiger mit diesem Sammelbegriff bezeichnet werden als mit »route«. Der somit frei werdende Key `route` soll fortan zur Kennzeichnung von Strecken herangezogen werden und bei schienenbezogenen Strecken den Wert `railway` annehmen. Für das Tagging der Linien soll nur noch das Tag `line=*` Gültigkeit besitzen, Tags wie etwa `route=tram` werden daher in Zukunft ignoriert und damit obsolet. Zur Herstellung der Abwärtskompatibilität auch dieses Teils des angepassten ÖPNV-Schemas können automatisch alle Relationen, die derzeit mit relevanten Werten für das Tag `route=*` attribuiert sind, um `line=*` mit jeweils denselben Werten ergänzt werden, ohne dabei bestehende Informationen zu überschreiben oder gar zu löschen.

## E Liniennetze

Die Modellierung des zweiten Teils der in OpenStreetMap aufzunehmenden Netzinformationen, der *Verkehrsverbände*, soll entgegen der bisher verbreiteten Vorgehensweise in Zukunft mittels spezieller übergeordneter Relationen realisiert werden, die sämtliche Linien und Haltepositionen eines Verbundes als Mitglieder umfassen. Die Aufnahme der Haltepositionen ist dabei allerdings von größerer Bedeutung, da diese einen Verkehrsverbund begrenzen, wohingegen Linien bisweilen nur teilweise in einem Verbund liegen. Solche Linienteile können aber nur durch die Haltepositionen, die sie abgrenzen, identifiziert werden. Für die Ausweisung einer Relation als Verkehrsverbund soll `public_transport=network` benutzt werden, wobei als Zusatz `optional type=network` verwendet werden kann, um die gängige Kennzeichnung von Relationentypen mittels `type` auch hierbei einzuhalten; zusätzliche Tags sind `name=*` für den Namen (z.B. Verkehrsverbund Nörderes Oberland) und `abbreviation=*` für dessen Abkürzung (z. B. VNO).

### Zusammenfassung: Entwurf und Implementierung des angepassten Datenschemas

Das Teilschema für linienhafte Infrastrukturen bedarf in vergleichsweise geringem Maße einer Anpassung. Oftmals muss lediglich die empfohlene Verwendung von Attributen präzisiert und nur teilweise müssen neue, zu größerer Einheitlichkeit und Differenzierbarkeit beitragende Tags eingeführt werden. Von herausragender Bedeutung in diesem Zusammenhang ist indes der Entscheidungsgraph (s. Abb. 4-1), der die MapperInnen fortan bei der Abgrenzung und Identifizierung unterschiedlicher Schienenwege und Bahnkörper unterstützen wird. Umfassender stellt sich hingegen die Anpassung des Teilschemas für punkthafte Infrastrukturen dar, welches in Zukunft die vereinheitlichende Gestaltungsweise von trans- und unimodalen Halten ermöglichen wird, indem es für die Erfassung nahezu aller Arten von Halten im ÖPNV ein Modell aus vier Komponenten (Halteposition, Zugangsstelle, Gesamthalt und Gesamthalt-Gruppe) bereitstellt (s. Abb. 4-2). Das erweiterte Teilschema für Linien schließlich (s. Abb. 4-9) sorgt für eine klare Differenzierbarkeit von Linien unterschiedlicher Verkehrsmittel sowie von verschiedenen Linienkonzepten und -arten. Darüberhinaus ermöglicht das modifizierte Linienmodell eine klar strukturierte Erfassung sowohl einfacher als auch komplexer Linienvläufe. Ferner kann fortan zwischen Strecken einerseits und Linien andererseits deutlich unterschieden werden.

## IV.2 Einbeziehung der OpenStreetMap-Community

In diesem Unterkapitel wird die Teilhabe und Integration der Community beschrieben, deren es bedarf, um dem überarbeiteten Schema für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap ein angemessenes Maß an Akzeptanz zu verschaffen. Diese Akzeptanz ist notwendig, um das Ziel der vorliegenden Arbeit zu erreichen, das in der Motivation der Community zum einheitlicheren und vollständigeren Modellieren der relevanten Daten liegt.

Zunächst ist hier die Kontaktaufnahme mit der Community erläutert sowie die Vorbereitung und Durchführung eines Community-Workshops, in dessen Rahmen unter anderem die bis dato aktuelle Version des geschilderten Datenschemas zur Diskussion stand. Hernach liegt der Fokus des Unterkapitels auf den Ergebnissen dieser Diskussion, auf deren Grundlage noch einige Änderungen und Verbesserungen am angepassten Datenschema vorgenommen wurden (um dieses auf jenen Stand zu bringen, der in Kap. IV.1 beschrieben ist), sowie auf dem allgemeinen Community-Feedback zum angepassten Schema, welches im Anschluss an dessen »öffentliche« Bekanntmachung in der gesamten Community einsetzte.

### A Kontaktaufnahme mit der Community

Um die erste *Kontaktaufnahme* mit der Community zu realisieren, wurde der zu diesem Zeitpunkt aktuelle Stand des Konzepts für die Anpassung des Datenschemas zunächst auf einer eigens für diesen Zweck gestalteten Webseite im OSM-Wiki präsentiert, und zwar in zusammengefasster, leicht verständlicher und für das Web aufbereiteter Form unter dem URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/User:0xomoa/ÖPNV-Schema> (Stand: 12. Mai 2009). Diese Seite wurde anschließend im Zusammenhang mit der terminlichen und inhaltlichen Ankündigung des Community-Workshops zum ÖPNV in OpenStreetMap, der im folgenden Abschnitt näher erläutert ist, zugänglich gemacht. Somit konnten sich die potenziellen Workshop-TeilnehmerInnen vorab über die Themenschwerpunkte des Workshops informieren und sich kritisch mit dem zur Diskussion stehenden Datenschema auseinandersetzen. Diese Möglichkeit zur Kritik wurde sowohl durch direkte Kommentare auf der Wiki-Seite als auch durch persönliche E-Mails wahrgenommen.

### B Durchführung eines Community-Workshops

Als nächster Schritt in der Einbeziehung der OpenStreetMap-Community wurde ein *Workshop* vorbereitet und am 16. und 17. Mai 2009 in den Tagungsräumlichkeiten der Geofabrik GmbH in Karlsruhe durchgeführt. Im Rahmen dieser Veranstaltung sollte primär über den zu diesem Zeitpunkt aktuellen Stand des Konzepts für die Anpassung des Datenschemas diskutiert werden. Das Ziel war es, zusätzliche Ideen sowohl für das Konzept als auch für die Erweiterung des Software-Tools OSM Inspector (s. Kap. V) zu sammeln, zu besprechen, gegeneinander abzuwägen und schließlich in Resultate umzusetzen. Der Beweggrund für die Durchführung eines solchen Workshops für Community-MitgliederInnen lag in den Vorzügen, die eine persönliche, verbale Diskussion gegenüber einer schriftlichen Diskussion (z. B. über Mailinglisten) aufweist: a) Möglichkeiten zur anschaulichen Darlegung der jeweiligen Argumente, b) Sicherstellung eines geordneten Diskussionsverlaufs durch eine(n) ModeratorIn, c) schnellerer Diskussionsablauf. Der Workshop wurde sowohl auf der Wiki-Seite des OSM-Unterprojektes zu Karlsruhe (erreichbar unter dem URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Karlsruhe>; Stand: 12. Mai 2009) als auch durch eine entsprechende Bekanntmachung über die deutschsprachige Mailingliste angekündigt. Somit konnten sowohl Community-Mitglieder aus Karlsruhe und Umgebung für eine Teilnahme gewonnen werden als auch solche, die generell an der verbesserten Integration des öffentlichen Personennahverkehrs in OpenStreetMap interessiert sind und aus diesem Grund auch längere Anfahrtswege in Kauf nahmen – unter anderem waren dies der Autor der bereits erläuterten ÖPNV-Karte (s. Kap. III.1-C) und ein Mitarbeiter des Aachener Verkehrsverbundes.

Zur Vorbereitung des Workshops wurde die im Abschnitt A erläuterte Wiki-Seite erstellt und auf der Grundlage des zu diesem Zeitpunkt aktuellen Stands des modifizierten Datenschemas eine vorläufige Erweiterung des OSM Inspectors vorgenommen, um dessen neue Funktionalitäten vorab zu präsentieren. Der endgültige Stand dieser Erweiterung, der freilich erst nach der Diskussion und der Umsetzung der daraus resultierenden Verbesserungsvorschläge (s. Abschn. C) realisiert werden konnte, ist im nachfolgenden Kapitel ausführlich beschrieben. Der Ablauf des Community-Workshops gestaltete sich wie folgt:

- 1) Präsentation des Konzepts für die Anpassung des Datenschemas,
- 2) Diskussion des Teilkonzepts für linienhafte Verkehrsinfrastrukturen,
- 3) Diskussion des Teilkonzepts für punkthafte Verkehrsinfrastrukturen,
- 4) Diskussion des Teilkonzepts für Netzinformationen (Linien),
- 5) Diskussion des Teilkonzepts für Netzinformationen (Verkehrsverbünde),
- 6) Diskussion über die Trennung von Infrastrukturen und Netzinformationen,
- 7) Diskussion über ÖPNV-Routing und Fahrplaninformationen,
- 8) Diskussion über verschiedene Möglichkeiten des Taggings,
- 9) Diskussion über Rendering und Visualisierung,
- 10) Sammlung, Strukturierung und Dokumentation der Ergebnisse, und
- 11) testweise, exemplarische Anwendung vereinzelter Ergebnisse.

Die Diskussionen im Verlauf des Community-Workshops, den alle Teilnehmer als wichtig und wertvoll bezeichneten im Hinblick auf die weitere Entwicklung der Modellierung der für den ÖPNV relevanten Daten in OSM, waren äußerst *konstruktiv* und führten zu wichtigen Erkenntnissen und Resultaten (s. Abschn. C). Da sich alle Teilnehmer bereits im Vorfeld des Workshops der bestehenden Probleme bewusst waren und somit ohnehin – unabhängig von der vorliegenden Arbeit – mittel- oder langfristige eine Modifikation des bestehenden ÖPNV-Datenschemas anstrebten, erfolgte ihre Beteiligung am Workshop umso engagierter.

Die Dokumentation der Ergebnisse wurde im OSM-Wiki vorgenommen, und zwar abermals auf der unter dem URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/User:0xomoa/ÖPNV-Schema> (Stand: 29. Mai 2009) erreichbaren Webseite, deren Inhalte somit überarbeitet wurden. Dabei konnten ihre bisherige Struktur wie auch große Teile ihres bisherigen Inhalts übernommen und auf die Resultate der Diskussionen angepasst werden. Nach Fertigstellung der Webseite wurden alle Workshop-Teilnehmer gebeten, noch fehlende Aspekte zu ergänzen oder fehlerhafte Passagen zu korrigieren.

### **C Änderung und Verbesserung des angepassten Datenschemas**

Die Änderungen und Verbesserungen des angepassten und erweiterten Datenschemas, die sich aus den Diskussionen im Rahmen des Workshops ergaben, beschränkten sich auf *zwei Bereiche*, nämlich auf das Modell für die Erfassung von Punktinfrastrukturen sowie auf das Modell für die Erfassung von Linien.

Für die Modellierung von Halten waren zunächst lediglich drei Komponenten (Haltepositionen, Zugangsstellen und Gesamthalt-Relationen) und folglich nur zwei Stufen vorgesehen (also keine weiteren, übergeordneten Relationen). Dieses Konzept erwies sich jedoch als nicht ausreichend für die zusammenhängende Abbildung von unterschiedlichen Teilen eines (aus netztechnischer Sicht) gemeinsamen Haltes, die die Einführung von übergeordneten Relationen für Gesamthalt-Gruppen unumgänglich machte (s. Kap. IV.1-B). Weitere, wichtige Änderungen wurden im Bezug auf die Gestaltung von Haltepositionen und Zugangsstellen vorgenommen: Anfangs waren für diese Elemente keine Tags vorgesehen zur Auflistung aller haltenden Verkehrsmittelarten – diese sind aber für ein ansprechendes und dennoch einfach zu handhabendes Rendering eminent wichtig, weshalb sie nunmehr berücksichtigt sind (s. Kap. IV.1-B).

Hinsichtlich der Modellierung von Linien war zunächst lediglich eine Stufe vorgesehen, nämlich die Verwendung von separaten Relationen für alle Linienvarianten, deren jeweilige Zusammengehörigkeit über die Verwendung identischer Tags ausgedrückt werden sollte. Dieses Konzept erwies sich jedoch als nicht ausreichend für die Abbildung der Zusammengehörigkeit einzelner Linienvarianten und wurde demzufolge um eine zweite Stufe erweitert, und zwar um übergeordnete Linienrelationen, die jeweils alle Relationen ihrer Varianten umfassen (s. Kap. IV.1-C). Eine weitere, umfassende Änderung des Schemas im Bezug auf Linien ergab sich durch die Einführung einer ausdrücklichen Unterscheidung zwischen Linien und Strecken schienenbezogener Verkehrsmittel (s. Kap. IV.1-D), die zunächst nicht vorgesehen war.

### **D Resonanz der Community**

Nachdem die im Abschnitt B erwähnten, notwendigen Änderungen an der die Workshop-Resultate dokumentierenden Wiki-Seite durch die Workshop-Teilnehmer vorgenommen worden waren, die Erweiterung des OSM Inspectors abgeschlossen war (s. Kap. V) und die Dokumentation ins Englische übersetzt war ([http://wiki.openstreetmap.org/wiki/User:0xomoa/Public\\_transport\\_schema](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/User:0xomoa/Public_transport_schema); Stand: 29. Mai 2009), wurde das

Konzept für die Anpassung des Datenschemas in der internationalen Community mittels der OSM-Mailinglisten bekanntgegeben, indem in einer erläuternden E-Mail auf die Dokumentation und den neu gestalteten OSM Inspector hingewiesen wurde. Der Grund für diese verzögerte Bekanntmachung in einem größeren Umfeld liegt in dem Vorteil, den es mit sich bringt, wenn der Community mit einem abgeschlossenen und detailliert ausgearbeiteten Konzept begegnet werden kann. Ein solches bietet nämlich weniger »Angriffsfläche« und führt somit zu einem konstruktiveren Feedback als ein unfertiges und selbst unter den Workshop-Teilnehmern noch teilweise umstrittenes Konzept. Überdies verhindern die ebenfalls in die Dokumentation übernommenen Begründungen für oder wider einzelne Teilaspekte des Konzepts ein Wiederaufgreifen bereits während des Workshops geführter und abgeschlossener Diskussionen, die ein unvollständiges beziehungsweise noch nicht in allen Details ausgearbeitetes Konzept innerhalb der Community hervorriefe und die sich auf Grund der schriftlich geführten Kommunikation über große Zeiträume erstreckten.

Die Resonanz der Community auf das Konzept für ein angepasstes und erweitertes ÖPNV-Schema, die nach der dargelegten Bekanntmachung einsetzte, war sehr *positiv*: Nahezu alle OSM-Beteiligten, die sich zu einer individuellen Reaktion auf das Konzept entschlossen respektive in die Diskussion über dieses einstiegen, äußerten in ihrem ersten Beitrag zunächst ein großes Lob und erst im Anschluss an dieses führten sie ihre jeweiligen Verbesserungsvorschläge, Kritikpunkte oder Änderungswünsche an, mit denen sie sich an der Diskussion beteiligten. Auch wurde das angepasste Schema von einigen Community-Mitgliedern bereits kurz nach dessen Bekanntgabe angewendet. Die Diskussionsbeiträge widmeten sich sowohl kurz nach der Bekanntmachung des Konzepts als auch im gesamten Zeitraum danach, der für die vorliegende Beschreibung herangezogen wurde (und sich bis kurz vor den Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit erstreckte), nur sehr selten der grundlegenden Gesamtstruktur des Konzepts. Vielmehr standen großenteils ausgesuchte Einzelaspekte zur Debatte – ein Faktum, das zum einen die oben erläuterte verzögerte Bekanntmachung nochmals rechtfertigt und zum anderen für das in der vorliegenden Arbeit präsentierte Konzept spricht, da dessen Gesamtstruktur somit auf breite Zustimmung traf und trifft. Für fast alle wichtigen, nach der Bekanntgabe erfolgten Änderungen am Konzept sowie Änderungsvorschläge für das Konzept zeichneten jene MitgliederInnen der OSM-Community verantwortlich, die sich ohnehin intensiv mit dem Thema ÖPNV in OSM auseinandersetzen und deren Aktivitäten bereits beschrieben worden sind (s. Kap. III.1). Ein herausragendes Beispiel für diese Vorschläge ist die kurz nach der Bekanntmachung des Konzepts vorgeschlagene Änderung der Tags für Haltepositionen, Gesamthalte und Gesamthalt-Gruppen: `public_transport=stop_position`, `public_transport=stop_area` und `public_transport=stop_area_group` sollten zu `public_transport=stopping_place`, `public_transport=stop_place` und `public_transport=stop_place_group` werden, um fortan (zumindest hinsichtlich der ersteren beiden) dieselben Bezeichnungen zu nutzen, welche das auf Transmodel basierende Referenzmodell IFOPT für solche Elemente vorsieht.

Die Verbesserungsvorschläge, Kritikpunkte und Änderungswünsche, die sich aus dem Community-Feedback auf das angepasste Datenschema bis zur Abgabe der vorliegenden Arbeit ergaben, sowie die tatsächlichen Änderungen, die vorgenommen wurden, sind hinsichtlich ihrer Einarbeitung in das im vorherigen Unterkapitel geschilderte Konzept für das modifizierte Datenschema allerdings *nicht* mehr berücksichtigt, da dies eine zu große Verfälschung des ursprünglichen Konzepts bedeutete. Die Urheberschaften der einzelnen Teilaspekte des Konzepts sowie die zu Grunde liegenden Ideen könnten so nämlich nicht mehr eindeutig dem Autor der vorliegenden Arbeit respektive dem begrenzten Kreis der Workshop-Teilnehmer zugeordnet werden, sondern müssten fortan als aus den Diskussionen innerhalb der Community heraus entstanden angesehen werden. Das zuvor erläuterte Bekanntmachen des Konzepts innerhalb der Community kann also durchaus als dessen »Übergabe« an die Community interpretiert werden.

### **Zusammenfassung: Einbeziehung der OpenStreetMap-Community**

Um die OpenStreetMap-Community in die Bemühungen um ein angepasstes und erweitertes Schema für ÖPNV-bezogene Daten in OSM einzubeziehen, wurde ein Workshop mit einigen interessierten Community-Mitgliedern durchgeführt, in dessen Verlauf über das bis dato vorhandene Konzept für die Schema-Anpassung diskutiert wurde. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Diskussion wurde das Konzept anschließend überarbeitet und im OSM-Wiki zusammenfassend dokumentiert sowie die Erweiterung des Software-Tools OSM Inspector abgeschlossen (s. Kap. V). Daraufhin wurde das Konzept mittels entsprechender Beiträge auf OSM-Mailinglisten in nahezu der gesamten Community bekannt gemacht. Dieser Bekanntmachung schloss

sich ein positives Community-Feedback an, vorallem im Hinblick auf die Grundstruktur des Konzepts, weshalb diese in der Folgezeit im Wesentlichen unverändert blieb. Einzelaspekte dagegen wurden zahlreichen Diskussionen und konstruktiver Kritik unterzogen, woraus in der Folge einige Änderungen am Konzept resultierten. Diese Änderungen sind allerdings hinsichtlich ihrer Einarbeitung in das in vorliegender Arbeit präsentierte, angepasste Datenschema nicht mehr berücksichtigt, da sie dieses zu sehr von seiner ursprünglichen Form entfernt und die zu Grunde liegenden Ideen somit verfälscht hätten.

### IV.3 Erprobung des angepassten Datenschemas

Der Inhalt dieses Unterkapitels verschafft einen Überblick darüber, inwieweit sich das zuvor beschriebene, angepasste und erweiterte Schema für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap auch in der Praxis als geeignet erweist und ob dabei die angestrebte BenutzerInnenfreundlichkeit, ein hohes Maß an Abwärtskompatibilität sowie eine generelle, einfache Umsetzbarkeit erreicht werden können. Hierfür werden zunächst die Voraussetzungen beschrieben, die für eine exemplarische Anwendung des Schemas notwendig waren: Welche Schritte mussten vor dem Beginn der Anwendung durchgeführt werden? Welches Kartierungsgebiet wurde ausgewählt? Danach wird die Erprobung selbst erläutert, die nicht an Testdaten, sondern direkt am Datenbestand des zentralen OSM-Servers (»am offenen Herzen«) durchgeführt wurde. Dabei werden für die drei Gruppen von Entitätsklassen (Linieninfrastrukturen, Punktinfrastrukturen und Netzinformationen) die Vorgehensweisen bei der Erprobung dargelegt und einige Beispiele aufgezeigt, welche die Anwendung des Schemas für repräsentative, wichtige Entitätsklassen aus den Gruppen exemplarisch veranschaulichen. Abschließend werden die Schlussfolgerungen und Erkenntnisse geschildert, die aus der erfolgten Erprobung gezogen respektive gewonnen werden konnten.

#### A Voraussetzungen für die Erprobung

Im Vorfeld der exemplarischen Anwendung des angepassten und erweiterten ÖPNV-Datenschemas standen sowohl der Community-Workshop (s. Kap. IV.2-B) als auch die Bekanntmachung des Schemas innerhalb der Community (s. Kap. IV.2-D). Ersterer war dabei von besonderer Bedeutung, da durch den Workshop innerhalb einer Gruppe sehr interessierter Community-Mitglieder eine Legitimationsbasis als erste Voraussetzung für die spätere exemplarische Anwendung geschaffen werden konnte. Ohne die im Rahmen des Workshops erfolgte Präsentation des Schemas, die Diskussion über dieses und die anschließende Umsetzung der daraus resultierenden Verbesserungsvorschläge (s. Kap. IV.2-C) wäre eine Erprobung nämlich ungleich schwieriger zu vermitteln und demzufolge eventuell nur unter Protest durchzuführen gewesen. Darüberhinaus diente der abschließende Teil des Workshops der testweisen, exemplarischen Anwendung einzelner Teile des Schemas auf eine kleine Zahl von Stadt- und Straßenbahnhaltestellen der Verkehrsbetriebe Karlsruhe. Die breite Bekanntmachung des Schemas schließlich war die zweite Voraussetzung für dessen Erprobung, da nun alle Community-MitgliederInnen das Datenschema nicht nur vollständig einsehen, sondern auch über dieses diskutieren und somit Einfluss auf dieses nehmen konnten, wodurch ebenfalls eine Legitimationsgrundlage geschaffen wurde.

Als *Kartierungsgebiet* und damit als Beispielbereich für die Erprobung des Schemas wurde die Stadt Karlsruhe ausgewählt, da sich die Hochschule des Verfassers der vorliegenden Arbeit in Karlsruhe befindet und folglich von vorhandenen Ortskenntnissen profitiert werden konnte. Zudem wurden bereits im Rahmen des Workshops, der ebenfalls in Karlsruhe stattfand, einige wenige Infrastruktureinrichtungen der Verkehrsbetriebe Karlsruhe probeweise nach dem überarbeiteten Schema modelliert, weshalb sich ein Anknüpfen an diese ersten Tests hier besonders anbot. Ferner weist das schienengebundene Nahverkehrssystem in Karlsruhe laut VDV (2000) einige Besonderheiten auf, die als Karlsruher Modell bekannt sind und die Stadt als Beispielbereich besonders interessant erscheinen lassen: Zahlreiche Schienenfahrzeuge mit Normalspurweite können hier sowohl mit dem Bahnstrom für Straßen- und Stadtbahnen als auch mit jenem für Eisenbahnen betrieben werden. Diese Zweisystem-Stadtbahnen (intl. Tram-train) ermöglichen direkte, umsteigefreie Verbindungen zwischen der Stadt und ihrem Umland.

Da einige ÖPNV-Entitätsklassen, deren Gestaltung nach dem überarbeiteten Schema ebenfalls getestet werden sollte, in Karlsruhe nicht vorkommen, mussten hierfür einige Objekte modelliert werden, die nicht im beschriebenen Kartierungsgebiet liegen.

#### B Durchführung der Erprobung

Die Erprobung des Teilschemas für *linienhafte Verkehrsinfrastrukturen* konzentrierte sich auf Schienenwege und Bahnkörper, weil sich alle wesentlichen und umfänglichen Neuerungen des Schemas auf diese beziehen und weniger auf andere Linieninfrastrukturen wie etwa öffentliche Fahrsteige. Hierbei war der Einsatz des zuvor präsentierten Entscheidungsgraphen (s. Kap. IV.1-A; Abb. 4-1) von herausragender Bedeutung, da

dessen Nutzen sich nun auch in der Praxis erweisen musste. Da im OSM-Datenbestand für Karlsruhe, der zum Zeitpunkt der Erprobung vorhanden war, die unterschiedlichen Schienenwege/Bahnkörper bereits größtenteils richtig differenziert waren und deren Modellierung somit auch nach dem überarbeiteten Schema korrekt war, verblieb in diesem Bereich einzig die Überprüfung einiger Streckenabschnitte, die hinsichtlich ihrer Differenzierung noch nicht korrekt erschienen. Diese Überprüfung wurde mit Hilfe des Entscheidungsgraphen ausgeführt, um die jeweils passende Modellierung ermitteln zu können. Das Hinzufügen detaillierter Attribute (für Spurweiten, Verkehrswegummern, zulässige Höchstgeschwindigkeiten etc.) zu den übrigen vorhandenen Schienenwegen/Bahnkörpern hätte hingegen eines zu großen Zeit- und Arbeitsaufwandes bedurft und wurde daher nicht durchgeführt. Um den Entscheidungsgraphen auch für die Identifizierung von Schienenwegen/Bahnkörpern testen zu können, wurden zusätzlich einige Eisenbahnschienenwege und Stadtschnellbahnkörper nach dem angepassten Schema modelliert – diese allerdings außerhalb Karlsruhes.

Ein Beispiel für den Einsatz des Entscheidungsgraphen bei der Überprüfung von noch nicht korrekt modellierten Schienenwegen/Bahnkörpern zeigt die Abbildung, die dem View Public Transport – Railway infrastructure des Software-Tools OSM Inspector entnommen ist (s. Abb. 4-14): Die graphisch hervorgehobenen Linien stellen die Gleise dar, die als Stichbahn von der Hardtbahn (im Norden der Stadt Karlsruhe) abzweigen und in das Forschungszentrum Karlsruhe führen. Da die Linien aber nicht ausnahmslos als Stadtbahnkörper (Grün) gekennzeichnet sind, sondern ein im Forschungszentrum abzweigendes Nebengleis als Eisenbahnschienenweg (Schwarz) ausgezeichnet ist, musste hier eine Unstimmigkeit vorliegen, die allerdings mit Hilfe des Entscheidungsgraphen als solche erkannt und beseitigt werden konnte. Denn obwohl sich alle gezeigten Streckenabschnitte im Stadtumland befinden, vom Straßenverkehr getrennt sind und nicht auf Straßenniveau verlaufen, gibt es gleichwohl einen entscheidenden Unterschied zwischen ihnen: Auf der Hardtbahn (bis zum Abzweig der Stichbahn) und der kompletten Stichbahn gibt es regelmäßigen Eisenbahnverkehr – wenn auch nur Güterverkehr. Deshalb wurden bei den entsprechenden Ways die Werte des Keys `railway` in `rail` geändert und zusätzlich unter anderem das Attribut `usage=branch` hinzugefügt, weil häufig nur ein Gleis vorhanden ist und es sich somit um eine Nebenbahn handelt – diese ist in der Abbildung der neuen Situation grau dargestellt (s. Abb. 4-15).



**Abb. 4-14** Stadtbahnkörper und Eisenbahnschienenweg im OSM Inspector



**Abb. 4-15** Stadtbahnkörper und Nebenbahn im OSM Inspector

Als Beispiel für die Erfassung eines Eisenbahnschienenweges und dessen Identifizierung als Nebenbahn mit Hilfe des Entscheidungsgraphen dient die Wieslauterbahn, welche im Bahnhof Hinterweidenthal Ost (in der Nähe der Stadt Dahn im Pfälzerwald) als Stichbahn von der Queichtalbahn abzweigt. Die Wieslauterbahn liegt im ländlichen Raum, weist ausschließlich Eisenbahnverkehr auf, ist eingleisig und nicht elektrifiziert und wird ausschließlich an Sonn- und Feiertagen von Regionalbahnen im Linienverkehr bedient. Als Konsequenz wurden die entsprechenden Ways mit `railway=rail` und `usage=branch` getaggt.

Auch U-Bahnkörper wurden mit Hilfe des Entscheidungsgraphen modelliert, zum Beispiel jene auf der Abbildung, welche die Innenstadt von Kopenhagen zeigt (s. Abb. 4-16): Die hellbraun dargestellten Linien zeigen U-Bahnkörper auf, denen bislang das Tag `tunnel=*` fehlt, die hellblauen Linien zeigen hingegen oberirdisch und die dunkelblauen Linien unterirdisch verlaufende U-Bahnkörper. Nachdem festgestellt werden konnte, dass das hellbraune Teilstück oberirdisch verläuft, konnte ein `tunnel=no` an den Way angefügt werden, da laut Entscheidungsgraph nunmehr dieselben Eigenschaften auf diesen Abschnitt zutrafen wie auf die bereits korrekt als oberirdisch verlaufende U-Bahnkörper gekennzeichneten Teilstücke (s. Abb. 4-17).

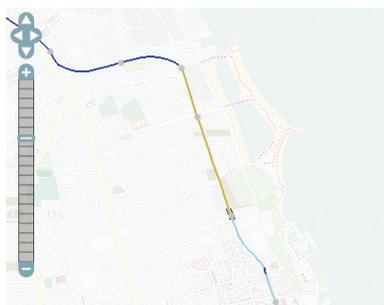


Abb. 4-16 Verschiedene U-Bahnkörper im OSM Inspector

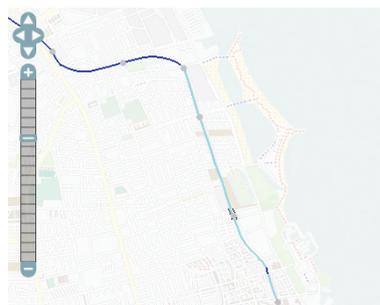


Abb. 4-17 Ober- und unterirdisch verlaufende U-Bahnkörper im OSM Inspector

Ausschließlich auf jene ÖPNV-Entitätsklassen, die fortan mit dem Modell für Punktinfrastrukturen (s. Kap. IV.1-B; Abb. 4-2) zu erfassen sind (also die Halte), konzentrierte sich die Erprobung des Teilschemas für *punkthafte Verkehrsinfrastrukturen*, da für andere Elemente (z. B. Taxistände) keine wesentlichen oder umfangreichen Neuerungen vorgesehen sind. Dabei blieben fast alle Aktivitäten auf das Kartierungsgebiet beschränkt, da sich in Karlsruhe eine ausreichende Menge an komplexen und weniger komplexen respektive detailreichen Halten fand, aus der zahlreiche Eisenbahnhaltepunkte, Stadt-, Straßenbahn- und Bushaltestellen sowie einige transmodale Halte mittels des überarbeiteten Datenschemas exemplarisch umgesetzt wurden.

Ein Beispiel für einen einfachen Eisenbahnhaltepunkt mit zwei Bushaltestellen zeigt die Abbildung, die dem View Public Transport – Stops des OSM Inspectors entnommen ist (s. Abb. 4-18): Der schwarze Punkt stellt den Haltepunkt Westbahnhof auf einem Eisenbahnschienenweg dar, die grüne Linie einen der beiden zugehörigen Bahnsteige (der zweite war zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfasst) und die beiden grauen Kreisscheiben repräsentieren zwei Bushaltestellen. Durch die Anwendung des angepassten Schemas auf diese Elemente konnte nun ein transmodaler Halt geschaffen werden, indem zunächst ein weiterer Bahnsteig erfasst wurde und an diesen sowie an den bereits vorhandenen die Tags `public_transport=platform` und `rail=yes` zusätzlich zu den bestehenden Attributen angefügt wurden. Außerdem wurde der Haltepunkt via `public_transport=stop_position` zur Halteposition gemacht (lila Punkt) und gemeinsam mit den Bahnsteigen in eine Gesamthalt-Relation (hellblaue Fläche) mit dem Namen Karlsruhe West aufgenommen. Die beiden Bushaltestellen wurden als Haltestellenbeschilderungen uminterpretiert, indem jeweils ein `public_transport=platform` angefügt wurde, und gemeinsam mit einer neu erfassten Halteposition auf der Straße in eine Gesamthalt-Relation mit dem Namen Westbahnhof aufgenommen. Beide Gesamthalt-Relationen wurden nun noch in einer Gesamthalt-Gruppe (pink umrandeter Bereich) mit dem Namen Karlsruhe West zusammengefasst, da der Eisenbahnhaltepunkt und die Bushaltestellen im Netz einen gemeinsamen Halt bilden (s. Abb. 4-19).



Abb. 4-18 Eisenbahnhaltepunkt und Bushaltestellen im OSM Inspector



Abb. 4-19 Transmodale Gesamthalt-Gruppe im OSM Inspector

Ein Beispiel für einen weniger komplexen Halt ist jene Situation auf der Abbildung, die abermals dem OSM Inspector entnommen ist und die Straßenbahnhaltestelle Konzerthaus in Karlsruhe zeigt (s. Abb. 4-20): Die grün dargestellten Linien stellen die Bahnsteige und der schwarze Punkt den Haltepunkt dar. Nachdem das überarbeitete Datenschema auf diese Situation angewendet wurde, ist der Haltepunkt nunmehr eine Halteposition (lila Punkt), der gemeinsam mit den Bahnsteigen eine hier als hellblaue Fläche dargestellte Gesamthalt-Relation mit dem Namen Konzerthaus bildet (s. Abb. 4-21).

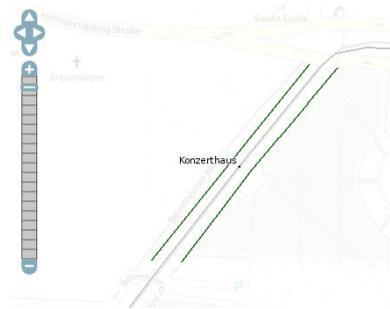


Abb. 4-20 Straßenbahnhaltestelle im OSM Inspector



Abb. 4-21 Gesamthalt im OSM Inspector

Im Rahmen der Erprobung des Teilschemas für *Netzinformationen* wurden einige Straßenbahn- und Buslinien in Karlsruhe nach diesem erfasst und modelliert, aber auch vereinzelte Stadtschnellbahnlinien sowie DB-Kursbuchstrecken – diese allerdings außerhalb des Kartierungsgebiets. Dabei wurde das Modell für die Erfassung von Linien (s. Abb. 4-9) auf dessen Umsetzbarkeit und Praxistauglichkeit geprüft, indem sowohl einfache Linien ohne abweichende Verläufe als auch komplexe Linien mit Teleskop- oder alternierenden Verläufen modelliert wurden.

Als erstes aus einer Reihe von anschaulichen Beispielen für den hier erläuterten Schritt der Erprobung des überarbeiteten Datenschemas dient wiederum die Wieslauterbahn. Diese stellt nämlich auf Grund ihres Charakters als Stichbahn nicht nur einen Eisenbahnschienenweg im Sinne einer linienhaften Verkehrsinfrastruktur dar, sondern ist darüberhinaus auch eine DB-Kursbuchstrecke. Folglich wurden die Ways, welche die Infrastruktur repräsentieren, als Mitglieder in eine neu erstellte Streckenrelation aufgenommen, die unter anderem mit `route=railway` und `nat_ref=675.1` (KBS-Nummer) attribuiert wurde.

Ebenfalls nicht dem Kartierungsgebiet entstammt das Beispiel für eine einfache U-Bahnlinie, deren Abbildung dem View Public Transport – Network des Software-Tools OSM Inspector entnommen ist und die Linie M1 der Metro Kopenhagen zeigt, die vom Stadtteil Vanløse nach Ørestad verläuft (s. Abb. 4-22): Die blaue Linie zeigt alle U-Bahnkörper, die als Mitglieder in die Linienrelation aufgenommen wurden, und die blauen Punkte stellen die punkthaften Mitglieder der Relation dar. Im Zuge der Modellierung der M1 mittels des angepassten Datenschemas wurden zunächst zwei Linienvariantenrelationen erstellt (eine für den Hin- und eine für den Rückweg), in die jeweils sämtliche Haltepositionen und alle Verkehrswegabschnitte in ihrer realen Reihenfolge aufgenommen wurden. Um die Richtung der beiden Linienvarianten zu kennzeichnen und sie somit unterscheidbar zu machen, wurden den Relationen jeweils die Attribute `from=*` (Fahrtausgang) und `to=*` (Fahrtsziel) hinzugefügt. Da es im Betrieb der M1 nie zu abweichenden Linienverläufen kommt, wurde beiden Linienvariantenrelationen noch das Tag `alternate=no` angefügt. Abschließend wurde eine übergeordnete Linienrelation erstellt, um die beiden Varianten zusammenzufassen. Diese wurde dann unter anderem mit den Tags `line=subway` und `ref=M1` versehen.

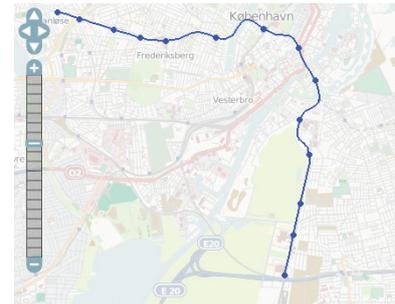


Abb. 4-22 U-Bahnlinie im OSM Inspector

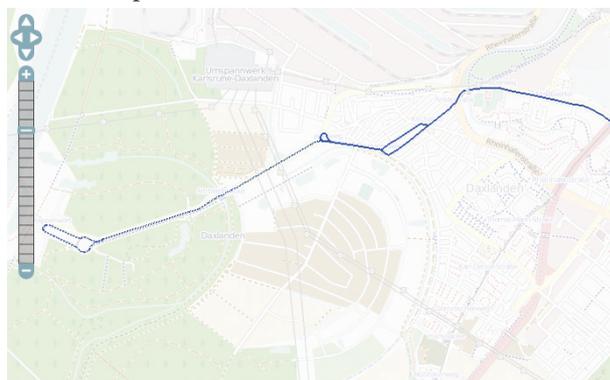


Abb. 4-23 Straßenbahnlinie als Teleskoplinie im OSM Inspector

Ein Beispiel für eine Straßenbahnlinie in Gestalt einer Teleskoplinie ist auf der Abbildung zu sehen, welche abermals dem OSM Inspector entnommen ist und einen Ausschnitt der Tramlinie 6 der Verkehrsbetriebe Karlsruhe zeigt (s. Abb. 4-23): Der Hauptverlauf ist mit einer durchgehenden, blauen Linie dargestellt, der abweichende Verlauf ist strichliert. Um dies zu realisieren, richteten zwei Linienvariantenrelationen für Hin- und Rückweg zwar aus; allerdings mussten jeweils diejenigen Relationsmitglieder, die den alternativen Verlauf (also die »Teleskoparme«) ausmachen, mit der Rolle `additional` versehen werden.

Als abschließendes Beispiel ist auf der Abbildung eine komplexe Stadtbahnlinie mit abweichendem Verlauf zu sehen, und zwar die Linie S1 der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft, die zuweilen eine Stichfahrt zum Forschungszentrum Karlsruhe unternimmt und dabei von der Hardtbahn abzweigt (s. Abb. 4-24): Mit durchgehenden, grünen Linien ist der Hauptverlauf gekennzeichnet und der abweichende Verlauf ist strichliert dargestellt. Für die Modellierung dieser Situation nach dem überarbeiteten Datenschema waren nicht nur zwei Linienvariantenrelationen für Hin- und Rückweg der Linie erforderlich, sondern auch zwei Relationen für den dargestellten, abweichenden Verlauf, die beide mit dem Attribut `alternate=yes` versehen wurden.



Abb. 4-24 Stadtbahnlinie mit Haupt- und abweichendem Verlauf im OSM Inspector

### C Erkenntnisse aus der Erprobung

Aus den zuvor geschilderten Vorgängen bei der exemplarischen Anwendung des modifizierten Datenschemas konnten einige wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. So erwies sich im Bezug auf die Modellierung von *Linieninfrastrukturen* der Entscheidungsgraph zwar sowohl bei der Erfassung neuer Elemente als auch bei der Überprüfung bestehender Daten als äußerst nützlich und hilfreich, aber es zeigte sich auch in der Praxis, was beim Entwurf des Graphen bereits berücksichtigt und herausgestellt wurde (s. Kap. IV.1-A): Die klare Abgrenzung der unterschiedlichen Schienenwege und Bahnkörper zueinander hängt von Kriterien ab, für deren Beurteilung die MapperInnen Verkehrswege stets in deren Zusammenhang betrachten müssen, weil aus einem begrenzten Gleisabschnitt keine adäquaten Schlüsse zu ziehen sind. Dann jedoch sind die Entscheidungskriterien in aller Regel ausreichend und zielführend.

Bei der Gestaltung *punkthafter Verkehrsinfrastrukturen* erwies sich das Modell für Halte als problemlos anwendbar und vollständig abwärtskompatibel, da keine Attribute geändert, sondern lediglich neue hinzugefügt werden mussten. Darüberhinaus erwies sich die Einheitlichkeit dieses Teilschemas als äußerst förderlich für dessen Umsetzung und vorallem für dessen BenutzerInnenfreundlichkeit, da durch diese Einheitlichkeit ein hohes Maß an Sicherheit bei der Modellierung erreicht werden konnte – auch in Situationen, die auf den ersten Blick als nicht durch das Teilmodell abdeckbar erschienen. Ferner zeigte sich, dass die Grundstruktur des Teilmodells gleichermaßen für einfache wie auch komplexe oder detailreiche Halte geeignet ist.

Hinsichtlich der Erfassung und Modellierung von *Netzinformationen* schließlich erwies sich das Modell für die Gestaltung von Linien als geeignet, und zwar sowohl bei einfachen Linienverläufen als auch bei Teleskoplinien und komplexen Verläufen mit Abweichungen. Einzig der vergleichsweise hohe Aufwand bei der Erstellung aller notwendigen Relationen und vorallem beim Zusammenstellen der geordneten Mitglierlisten musste als nachteilige Auswirkung auf die BenutzerInnenfreundlichkeit beobachtet werden. Dies wird jedoch dereinst kein großer Nachteil mehr sein, wenn erst die OSM-Bearbeitungswerkzeuge auf die Arbeit mit geordneten und verschachtelten Relationen besser angepasst sein werden als dies zur Zeit der Fall ist.

Ferner konnten bei der testweisen Gestaltung von Linien noch einige Fragen geklärt werden, die in diesem Zusammenhang bisher nicht berücksichtigt wurden. So war es zum Beispiel bislang unklar, ob ein Weg – bevor er in eine Linienvariantenrelation aufgenommen wird – am Endhalt aufgeteilt werden soll, falls dieser Endhalt in der Mitte des letzten Ways positioniert ist. Hier konnte festgestellt werden, dass dies nicht notwendig ist, da Rendering-Systeme problemlos die Linie nur bis zum Endhalt darstellen und den Rest fortlassen können. Und da der Endhalt ohnehin als Mitglied in der Linienrelation enthalten ist, werden künftige Routinganwendungen auf dem betroffenen Way auch nur bis zum Endhalt routen.

### **Zusammenfassung: Erprobung des angepassten Datenschemas**

Um das überarbeitete Schema für ÖPNV-bezogene Daten in OpenStreetMap auf seine praktische Umsetzbarkeit sowie seine BenutzerInnenfreundlichkeit und seine tatsächliche Abwärtskompatibilität zu prüfen, wurde dieses sowohl im Kartierungsgebiet Karlsruhe als auch (für dort nicht vorkommende ÖPNV-Entitätsklassen) außerhalb dieses Bereichs exemplarisch angewendet. Im Hinblick auf die Linieninfrastrukturen wurde vor allem der Entscheidungsgraph bei der Erfassung neuer sowie der Überprüfung bestehender Schienenwege und Bahnkörper erprobt, wobei sich der Graph in aller Regel als geeignet und zielführend erwies. Bei den Punktinfrastrukturen wurden zahlreiche Elemente gemäß dem Modell für die Gestaltung von Halten erfasst, wobei sich dieses als problemlos umsetzbar und freundlich in der Handhabung erwies, und zwar sowohl bei einfachen als auch bei komplexen (transmodalen) Halten. Im Bezug auf Netzinformationen schließlich konnte das Modell für die Gestaltung von Linien als geeignet anerkannt werden, und zwar sowohl für einfache als auch für komplexe Verläufe mit Abweichungen, wobei sich einzig der recht hohe Aufwand bei der Modellierung der Relationen als Nachteil erwies.

## V. Erweiterung eines Software-Tools für die Visualisierung und Qualitätssicherung von Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap

### V.1 Rahmenbedingungen für die Erweiterung

Nachdem zuvor das angepasste Datenschema sowie dessen exemplarische Anwendung ausführlich dargelegt worden sind, schließt sich nun die Beschreibung der bereits erwähnten Erweiterung des Tools OSM Inspector an. Diese Erweiterung ist notwendig, um der OSM-Community ein Werkzeug an die Hand zu geben, das die Visualisierung der nach dem umgearbeiteten Schema erfassten Daten sowie die Suche nach Unstimmigkeiten und Mängeln in diesen Daten ermöglicht. Als Einführung werden in diesem Unterkapitel das grundlegende Konzept der Erweiterung (Was soll das Tool leisten und warum wird der OSM Inspector genutzt?), die zu erreichenden Ziele (Welchen Nutzen soll die Community aus der Verwendung des Tools ziehen?) sowie die technischen Rahmenbedingungen vorgestellt (Wie ist der OSM Inspector konstruiert und auf welche Weise kann seine Erweiterung durchgeführt werden?).

#### A Grundkonzept der Erweiterung

Im Laufe ihres Bestehens hat die OpenStreetMap-Community eine Vielzahl von *Software-Tools* (dt. Werkzeuge) hervorgebracht, die der Identifizierung, Darstellung und indirekt auch der Behebung von Fehlern, Unstimmigkeiten, Mängeln oder Lücken in den OSM-Daten dienlich sind und somit die *Qualitätssicherung* der Daten unterstützen sollen. Als wichtigstes Qualitätssicherungstool gilt Maplint, das sich als zusätzliches Overlay (dt. Auflageschicht) auf der Kartendarstellung der OpenStreetMap-Website anzeigen lässt und potenzielle Probleme inhaltlich und graphisch einer der drei Kategorien Fehler, Warnung oder Anmerkung zuordnet und mit einer knappen textlichen Anmerkung versieht (OSM, 2008c). Für die Erstellung und Einbindung einer Qualitätssicherung der nach dem angepassten Schema modellierten ÖPNV-Daten eignet sich allerdings eher ein anderes Tool, nämlich der *OSM Inspector* (<http://tools.geofabrik.de/osmi>; Stand: 31. Mai 2009), welcher von der Geofabrik GmbH entwickelt wurde und betrieben wird. Dessen Vorteile gegenüber vielen anderen Tools sind a) seine intuitive Bedienung, b) seine vergleichsweise anspruchsvolle graphische Umsetzung, c) die Integrierbarkeit unterschiedlicher Thematiken mittels unterschiedlicher Ansichten sowie d) die gebotene Möglichkeit einer einfachen Anpassung der darzustellenden Inhalte. Der wichtigste Grund für diese Wahl indes ist ein anderer: Durch die Unterstützung der Geofabrik GmbH bei der vorliegenden Arbeit ist zugleich auch die Möglichkeit sichergestellt, das modifizierte Schema in den OSM Inspector integrieren zu können. Denn weil das modifizierte Schema zum Zeitpunkt der Auswahl des passenden Tools noch keine Bekanntheit innerhalb der Community erlangt hatte, wäre dessen Integration den BetreiberInnen anderer Tools nicht ohne größeren Aufwand zu vermitteln gewesen.

Nach der Erweiterung soll der OSM Inspector die Möglichkeit bieten, in verschiedenen, sinnvoll kategorisierenden Ansichten die nach dem geänderten Schema erfassten ÖPNV-Daten darstellen und nach Fehlern in diesen suchen zu können. Dies soll jeweils durch mehrere, teilweise gruppierte Overlays realisiert werden, die entweder eine Entitätsklasse, eine Kategorie von Fehlern oder Hinweise auf mögliche Fehler mit einer festgelegten Kartengraphik visualisieren.

#### B Ziel der Erweiterung

Das Ziel der Erweiterung des OSM Inspectors ist die Schaffung von *Anreizen* für die OpenStreetMap-Community das angepasste Datenschema zu benutzen. Durch die Ansicht der bereits nach diesem erfassten Daten können auch unerfahrene MapperInnen in Erfahrung bringen, welche Geoobjekte für eine Integration in OpenStreetMap relevant sind und wie diese zu modellieren sind. Außerdem können durch die Ansicht des vorhandenen Materials lückenhafte Gebiete identifiziert werden, für die noch keine respektive nur sehr wenige ÖPNV-relevante Daten erfasst sind. Durch die Anzeige von potenziellen Fehlern und Warnungen vor möglichen Fehlern wird die Community darauf hingewiesen, an welchen Stellen im Datenmaterial noch Unstimmigkeiten oder gar Mängel bestehen. Das Aufzeigen von klar ersichtlichen und weit verbreiteten

Fehlern schließlich soll unmittelbar zu deren Beseitigung und mittelbar zu deren zukünftiger Vermeidung beitragen. Ferner soll die Fokussierung des angepassten Datenschemas ein Zurückgreifen auf das bisher verwendete Schema verhindern und somit zur fortschreitenden Ablösung des letzteren beitragen.

### **C Technische Rahmenbedingungen für die Erweiterung**

Der OSM Inspector ist eine Web-basierte, großenteils clientseitige Anwendung, die unter Zuhilfenahme verschiedener Techniken realisiert ist. Die Gesamt-Webseite, die den Rahmen für die Funktionalitäten bereitstellt und die Bedienung des Tools ermöglicht, ist in Hypertext Markup Language (HTML, dt. Hypertext-Auszeichnungssprache) und der Skriptsprache JavaScript umgesetzt. Das interaktive Kartenbild im Zentrum der Webseite wird von der Software UMN MapServer generiert, einer Open-Source-Entwicklungsumgebung für die Erzeugung von Karten und deren Integration in Webbrowsern, die hier via Common Gateway Interface (CGI, dt. allgemeine Protokollumsetzer-Schnittstelle) auf speziell aufbereitete Daten in einer durch die Installation von PostGIS um Funktionalitäten eines Geographischen Informationssystems (GIS) erweiterten PostgreSQL-Datenbank zugreift, hieraus das Kartenbild dynamisch rendert und an den Browser zurückliefert. Dabei laufen das Anfordern und das Zurückliefern der Karten sowie das Abfragen von Informationen zu einzelnen Kartenelementen über die Schnittstelle Web Map Service (WMS). Diese Schnittstelle genügt den Spezifikationen des Open Geospatial Consortiums (OGC), einer internationalen Non-Profit-Organisation, die Standards für die Interoperabilität von Geodaten festlegt. Der Integration des Kartenbildes in die Webseite schließlich dient die JavaScript-Bibliothek OpenLayers, eine OGC-standardkonforme Open-Source-API, die unter anderem die Skala zum verändern des Darstellungsmaßstabs zur Verfügung stellt (Mitchell, 2008; OSM, 2008d).

Zu bedienen ist der OSM Inspector zunächst durch die Wahl eines Views (dt. Ansicht) zu einer bestimmten Thematik (z.B. Grenzen, Wasser). Daraufhin können die für die gewählte Thematik vorgesehenen Overlays für einfache Daten- oder Fehleransichten (z. B. Wasserwege ohne Namen, sich selbst schneidende Grenzlinien) in einer Übersicht ein- oder ausgeschaltet respektive separat betrachtet werden, worauf ein entsprechendes Kartenbild via WMS neu generiert wird. Durch Anwählen einzelner Kartenelemente können alle Informationen eingesehen werden, die für diese in der entsprechenden Datenbanktabelle hinterlegt sind (z. B. OSM-ID, Name). Im Hintergrund des Kartenbildes kann zudem die OSM-Standard-Kartendarstellung ein- oder ausgeblendet werden, die zusätzlich eingebunden ist. Deren Inhalte sind jedoch nicht über WMS abfragbar, da es sich dabei um eine einfache Rastergraphik handelt.

Die Erweiterung des OSM Inspectors kann vergleichsweise einfach realisiert werden, nämlich durch das Hinzufügen neuer Views für ÖPNV-Daten mit adäquaten Overlays, die auf speziell hierfür erstellten Datenbanktabellen basieren. Außerdem bedarf es der Erstellung zusätzlicher Konfigurationsdateien für UMN MapServer (sogenannter Map-Dateien), damit die neu zu integrierenden Ansichten und Daten dargestellt werden können.

### **Zusammenfassung: Rahmenbedingungen für die Erweiterung**

Durch eine entsprechende Erweiterung soll das Visualisierungs- und Qualitätssicherungstool OSM Inspector die Möglichkeit bieten, nach dem angepassten Schema erfasste ÖPNV-Daten darstellen und auf Fehler respektive Hinweise auf potenzielle Fehlerquellen untersuchen zu können. Ziel dieser Erweiterung ist es, die OpenStreetMap-Community zur Benutzung des angepassten Datenschemas anzuregen, um somit eine fortschreitende Ablösung des bisher verwendeten Schemas zu erreichen. Trotz der zahlreichen und unterschiedlichen Techniken, mit denen der OSM Inspector umgesetzt ist, kann dessen Erweiterung um ÖPNV-Funktionalitäten leicht realisiert werden. Hierfür sind die Erstellung geeigneter Datenbanktabellen sowie die Anpassung der Konfigurationsdateien der serverseitig eingesetzten Software UMN MapServer notwendig.

## V.2 Entwurf der Erweiterung

In vorliegendem Unterkapitel werden alle theoretischen Vorbereitungen zur tatsächlichen Implementierung der Erweiterung erläutert. Dabei steht die Beantwortung der folgenden Fragen im Vordergrund: Welche Daten sind für die Erweiterung zu berücksichtigen? Welche neuen Funktionalitäten ergeben sich aus diesen Daten für den OSM Inspector? Wie tragen diese Funktionalitäten zur Visualisierung und Qualitätssicherung der Daten bei? Wie können die Funktionalitäten mittels verschiedener Views und Overlays idealerweise organisiert werden?

### A Daten für die Erweiterung

Für die vorzunehmende Erweiterung des genannten und vorgestellten Tools ist die Abgrenzung der hierfür benötigten Daten von entscheidender Bedeutung, da diese sowohl das Arbeiten mit dem OSM Inspector als auch die Resultate beeinflusst, die daraus hervorgehen. Um das wichtigste Ziel der Tool-Erweiterung zu erreichen – nämlich die Verhinderung des Zurückgreifens auf das bisher verwendete Datenschema durch die Community – wird daher weitestgehend das *angepasste* Datenschema berücksichtigt. Konkret bedeutet dies: Viele Tags, die zwar bislang in Zusammenhang mit einzelnen Entitätsklassen Verwendung finden, nach dem angepassten Schema aber überzählig werden (z. B. `lines` bei Bushaltestellen) oder nicht mehr verwendet werden sollen (z. B. `oneway` bei eingleisigem Straßenbahnkörperverlauf), werden in den für den OSM Inspector zusammenzustellenden Datenbanktabellen und folglich auch im Tool selbst nicht berücksichtigt. Darüberhinaus bedeutet dies, dass bestimmte Elemente mit Warnungen gekennzeichnet (z. B. U-Bahnkörper ohne `tunnel=*`) oder gar als Fehler ausgewiesen werden (z. B. Ways, die mit `railway=*` und `highway=*` zugleich getaggt sind), obwohl diese nach dem bisherigen Schema »richtig« oder zumindest nicht »falsch« modelliert sein mögen. Dagegen werden an Stellen, an denen das angepasste Schema keine Veränderungen vorsieht (z. B. bei Luftseilbahnen), freilich auch Daten nach dem *bisherigen* Schema verwendet. Dasselbe gilt für Bereiche, in denen ein besonderer Wert auf die Abwärtskompatibilität gelegt wurde (z. B. bei Zugangsstellen und Haltepositionen). Daten schließlich, die – wie mit `route=railway_track` getaggte Bahnlinien respektive -strecken – weder den Anforderungen des angepassten Schemas noch den Konsensmeinungen im Bezug auf das bisherige Schema genügen, fallen zwar zunächst »durch den Rost« (fließen also nicht als Darstellungsgrundlagen in den OSM Inspector ein). Dies stellt aber kein Problem dar, denn sobald jene OSM-Beteiligte, die solche Daten erhoben haben, das Tool nutzen und »ihre« Daten in der Darstellung vermissen, werden sie sich alsdann wiederum diesen Daten widmen und deren Modellierung entsprechend korrigieren und anpassen.

### B Neue Funktionalitäten für das Software-Tool

Die neuen Funktionalitäten, die sich aus den Vorüberlegungen zur Erweiterung des OSM Inspectors sowie aus der Abgrenzung der notwendigen Daten ergeben, lassen sich den folgenden drei Kategorien zuordnen:

- Datenansicht,
- Warnung, und
- Fehlerbehebung.

Mittels der Funktionalitäten für die *Datenansicht* können die nach dem angepassten Schema erfassten ÖPNV-Daten dargestellt und deren Attribute abgefragt werden. Es überwiegt hierbei also der reine Visualisierungsaspekt, der den MapperInnen die aktuellen Datenbestände und deren räumliche Verteilung aufzeigt sowie lückenhafte Gebiete sichtbar macht. Die Funktionalitäten der Kategorie *Warnung* hingegen dienen der Qualitätssicherung: Sie geben Hinweise auf mögliche Fehler und zeigen Datenbestände auf, die unsauber getaggt sind oder einen Mangel an wichtigen Attributen aufweisen. In die Kategorie *Fehlerbehebung* fallen schließlich jene Funktionalitäten, die eindeutige und weit verbreitete Fehler aufdecken und sichtbar machen, wodurch sie ein wichtiges Instrument für die Beseitigung solcher Fehler darstellen.

Im Einzelnen ergeben sich für die drei Kategorien zahlreiche Funktionalitäten, die der Tabelle (s. Tab. 5-1) sowie den Graphiken am Ende des Abschnitts C entnommen werden können (s. Abb. 5-1, Abb. 5-2, Abb. 5-3, Abb. 5-4, Abb. 5-5). Dabei sind einige Aspekte von besonderer Bedeutung, die im Folgenden zunächst hinsichtlich der Funktionalitäten der einfachen Datenansicht näher erläutert sind. Die Funktionalität zur Darstellung der Eisenbahnschienenwege etwa soll auch die Unterschiede zwischen Haupt-, Neben- und den

zu sonstigen Bahnen zusammengefassten Militär-, Industrie- und touristischen Bahnen aufzeigen; ferner sollen jene Eisenbahnschienenwege sichtbar gemacht werden, die nicht mit dem Tag `usage=*` attribuiert sind. Bei den U-Bahnkörpern sollen ober- und unterirdisch verlaufenden Streckenabschnitte graphisch differenziert angezeigt werden. Taxirufsäulen, Rikschastände, Mietfahrzeug-Einrichtungen, Carsharing-Einrichtungen sowie Wassertaxistände sind fortgelassen: einerseits auf Grund ihrer geringen Relevanz sowohl im ÖPNV allgemein als auch in OpenStreetMap; andererseits, weil diese Entitätsklassen auf Grund ihrer Anzahl zu visueller Unübersichtlichkeit und einem Informationsüberfluss führen können. Bei Halten soll klar zwischen Haltepositionen und solchen Halten unterschieden werden können, die nicht auf Verkehrswegen platziert sind (wie es bei den meisten Bushaltestellen der Fall ist). Im Bezug auf die Linien sollen all jene Elemente zusammenfassend dargestellt werden, die (noch) mit `route=*` statt `line=*` attribuiert sind, um die Community zur Verwendung des letzteren Tags anzuregen.

Bezüglich jener Funktionalitäten, die sich der Kategorie Warnung zuordnen lassen, deuten unter anderem Streckenabschnitte auf einen möglichen Fehler hin, die als nicht elektrifizierte Hauptbahnen getaggt sind – ein Zustand, der in der Realität eher selten bis nicht auftritt. Auch U-Bahnkörper, die ohne das Attribut `tunnel=*` erfasst sind, sollen als Warnung angezeigt werden, da dies zu falschen Resultaten beim Rendering führen kann und einen Mangel an Information darstellt. Vor Gesamthalt-Relationen ohne Namen wird gewarnt, weil dies deren eindeutige Identifizierbarkeit erschweren, wenn nicht unmöglich machen kann. Ungeordnete Linienrelationen deuten darauf hin, dass diese nach dem bisherigen Schema und zugleich mit einer nicht geordneten Mitgliederliste erfasst worden sind.

Der Fehlerbehebung dienen vorallem im Hinblick auf schienenbezogene Linieninfrastrukturen mehrere Funktionalitäten. Hier werden Ways hervorgehoben, die mit `railway=*` und `highway=*` zugleich getaggt sind, Nodes, an denen Stadtschnellbahnkörper in andersartige Verkehrswege direkt übergehen und schließlich in (Regional-)Bahnlinienrelationen aufgenommene Verkehrswege, die nicht als Eisenbahnschienenwege erfasst sind. Erstere beiden Phänomene sind schlicht falsch, letzteres weist daraufhin, dass entweder der betroffene Way falsch attribuiert ist oder aber die entsprechende Relation. Als Fehler im Bezug auf Halte gelten Gesamthalt-Relationen, die keine Halteposition als Mitglied enthalten sowie als Haltepositionen getaggte Nodes, die nicht auf einem Verkehrsweg platziert sind. Hinsichtlich der Linien und Liniennetze schließlich weist die Funktionalität zur Fehlerbehebung auf Linienrelationen hin, deren Verlauf unterbrochen ist. Dies bedeutet, dass die Verkehrswegabschnitte, die sie als Mitglieder umfassen, nicht geschlossen aufgenommen sind und dass demzufolge im Linienverlauf optische Lücken entstehen.

## C Organisation der neuen Funktionalitäten für das Software-Tool

Die Organisation der vorgestellten neuen Funktionalitäten, die aus der Erweiterung des OSM Inspectors resultieren, soll mittels *verschiedener Views* durchgeführt werden und zwar so, dass es zu keiner unübersichtlichen Häufung kommt und die weniger wichtigen Elemente von den wichtigen separiert werden. Aus diesen Bedingungen ergeben sich die folgenden Views (die Bezeichnungen sind englisch, da der OSM Inspector der gesamten Community dient und demzufolge vollständig auf Englisch verfasst ist):

- Public Transport – Railway infrastructure (schienenbezogene Linieninfrastrukturen),
- Public Transport – Non-railway infrastructure (nicht-schienenbezogene Infrastrukturen, d. h. sonstige Linieninfrastrukturen und Punktinfrastrukturen, die nicht durch das Gesamthalt-Modell abgedeckt werden),
- Public Transport – Stops (Punktinfrastrukturen, die durch das Gesamthalt-Modell abgedeckt werden),
- Public Transport – Network (Linien und Verkehrsverbände), und
- Public Transport – Ferries (alle auf Personenfähren bezogene Entitätsklassen).

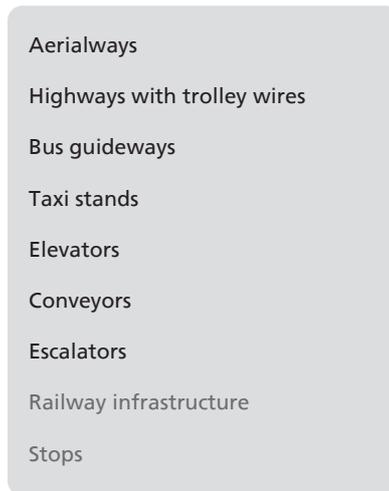
Die schienenbezogenen Linieninfrastrukturen sind einerseits auf Grund ihrer größeren Bedeutung gegenüber den sonstigen Linieninfrastrukturen in einem eigenen View zusammengefasst, andererseits, weil es sonst auf Grund ihrer Anzahl zu einer unübersichtlichen Häufung der Funktionalitäten käme sowie zu einer erschwerten graphischen Differenzierbarkeit der einzelnen Overlays. Hervorzuheben ist außerdem die einzige Ansicht, in der Infrastrukturelemente und Netzinformationen als Datenansichten gemeinsam auftreten: nämlich jene für Personenfähren, die alle auf diese bezogenen Entitätsklassen abdeckt. Diese Besonderheit liegt darin begründet, dass Personenfähren durch ihre Bezogenheit auf den Verkehrsträger Wasser eine Ausnahme im

ÖPNV darstellen und sich von den anderen Verkehrsmitteln damit wesentlich unterscheiden. Außerdem haben sich viele OSM-Beteiligte auf die Schifffahrt und deren Einrichtungen an Land und zu Wasser spezialisiert. Diese können dann mit der Personenfähren-Ansicht arbeiten ohne sich um die anderen ÖPNV-Elemente »kümmern zu müssen«.

Für jede der genannten Ansichten ergibt sich eine erkleckliche Zahl von Overlays (insgesamt sind es 69), die jeweils eine oder Teile einer der zuvor erläuterten Funktionalitäten abdecken und die auf eine für die NutzerInnen nachvollziehbare und vorallem nützliche Art und Weise gruppiert sind, sodass ihre Benutzung möglichst intuitiv abläuft. Diese Overlays sowie deren jeweilige Gruppierung (sofern vorhanden) sind in den folgenden Graphiken aufgeführt, wobei stets auch die Zuordnung zu den im Abschnitt B erläuterten drei Kategorien durch Farben kenntlich gemacht ist – Schwarz für Datenansicht, Orange für Warnung und Rot für Fehlerbehebung; Grau steht für Overlays, die lediglich als Orientierungshilfe im jeweiligen View anzusehen sind (s. Abb. 5-1, Abb. 5-2, Abb. 5-3, Abb. 5-4, Abb. 5-5):



**Abb. 5-1** Organisation des OSM-Inspector-Views *Railway infrastructure*



**Abb. 5-2** Organisation des OSM-Inspector-Views *Non-railway infrastructure*



**Abb. 5-3** Organisation des OSM-Inspector-Views *Stops*

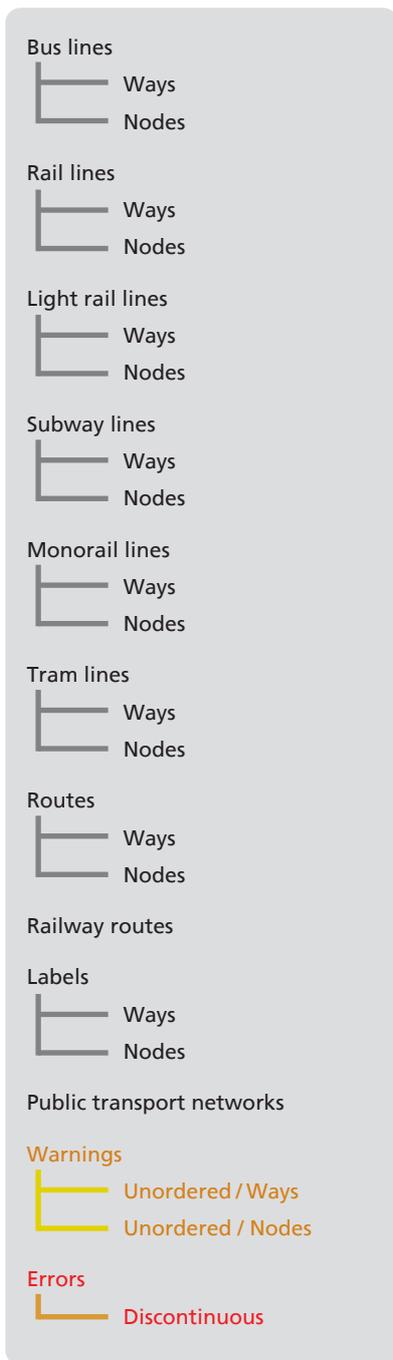


Abb. 5-4 Organisation des OSM-Inspector-Views *Network*

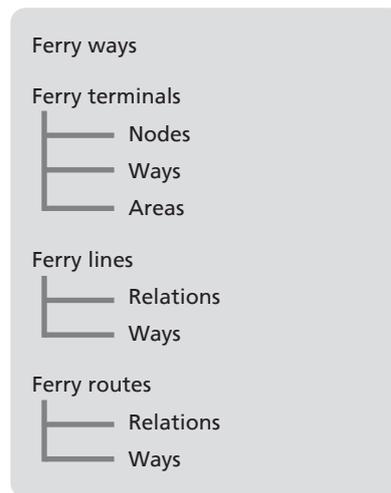


Abb. 5-5 Organisation des OSM-Inspector-Views *Ferries*

Die nachfolgende Tabelle (s. Tab. 5-1) führt alle Overlays für die neuen Funktionalitäten nochmals übersichtlich auf, erläutert sie, weist ihnen den jeweiligen View zu, in dem die späteren NutzerInnen sie wiederfinden sollen, und ordnet sie den drei Funktionalitätskategorien zu:

Tab. 5-1 Übersicht: Neue OSM-Inspector-Overlays

View	Kategorie	Overlay-Gruppe	Overlay	Erläuterung
Railway infrastructure	Datenansicht	Rails	Rails/Main lines	Hauptbahnen
Railway infrastructure	Datenansicht	Rails	Rails/Branch lines	Nebenbahnen

Railway infrastructure	Datenansicht	Rails	Rails/Other lines	andere Bahnen
Railway infrastructure	Datenansicht	Rails	Rails/Tagged without usage=*	Eisenbahnschienenwege ohne usage=*
Railway infrastructure	Datenansicht	/	Light rails	Stadtbahnkörper
Railway infrastructure	Datenansicht	Subways	Subways overground	oberirdisch verlaufende U-Bahnkörper
Railway infrastructure	Datenansicht	Subways	Subways underground	unterirdisch verlaufende U-Bahnkörper
Railway infrastructure	Datenansicht	/	Monorails	Einschienenbahnkörper
Railway infrastructure	Datenansicht	/	Trams	Straßenbahnkörper
Railway infrastructure	Datenansicht	/	Funiculars	Standseilbahnen
Railway infrastructure	Datenansicht	/	Other railways	sonstige Schienenwege/Bahnkörper
Railway infrastructure	Datenansicht	Bridges and tunnels	Railways on bridges	Schienenwege/Bahnkörper auf Brücken
Railway infrastructure	Datenansicht	Bridges and tunnels	Railways in tunnels	Schienenwege/Bahnkörper in Tunnel
Railway infrastructure	Warnung	Warnings	Main lines not electrified	nicht elektrifizierte Hauptbahnen
Railway infrastructure	Warnung	Warnings	Subways tagged without tunnel=*	U-Bahnkörper ohne tunnel=*
Railway infrastructure	Fehlerbehebung	Errors	Railways tagged as highway=*	auch mit highway=* getaggte Schienenwege/Bahnkörper
Railway infrastructure	Fehlerbehebung	Errors	Incorrect metro connections	Übergänge von Stadtschnellbahnkörpern in andere Verkehrswege
Railway infrastructure	Fehlerbehebung	Errors	Wrong rail line members	in Bahnlinienrelationen aufgenommene Verkehrswege, die keine Eisenbahnschienenwege sind
Railway infrastructure	Datenansicht	/	Stops on railways	Halte auf Schienenwegen/Bahnkörpern (als Orientierungshilfe)
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Aerialways	Luftseilbahnen
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Highways with trolley wires	Oberleitungsbusfahrwege
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Bus guideways	Spurbusfahrwege
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Taxi stands	Taxistände
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Elevators	öffentliche Personenaufzüge
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Conveyors	öffentliche Fahrsteige
Non-railway infrastructure	Datenansicht	/	Escalators	öffentliche Fahrtreppen

Non-railway infrastructure	Datenansicht /		Railway infrastructure	schienenbezogene Linieninfrastrukturen (als Orientierungshilfe)
Non-railway infrastructure	Datenansicht /		Stops	Halte (als Orientierungshilfe)
Stops	Datenansicht	Stops	Stop positions	Haltepositionen
Stops	Fehlerbehebung	Stops	Stop positions not on ways	Haltepositionen (nicht auf Verkehrswegen platziert)
Stops	Datenansicht	Stops	Stops	sonstige punkthafte Halte (auf Verkehrswegen platziert)
Stops	Datenansicht	Stops	Stops not on ways	sonstige punkthafte Halte (nicht auf Verkehrswegen platziert)
Stops	Datenansicht	Accesses	Accesses/Nodes	Zugangsstellen (punkthafte Elemente)
Stops	Datenansicht	Accesses	Accesses/Ways	Zugangsstellen (linienhafte Elemente)
Stops	Datenansicht	Accesses	Accesses/Areas	Zugangsstellen (flächenhafte Elemente)
Stops	Datenansicht	Stop areas	Stop areas	Gesamthalte
Stops	Warnung	Stop areas	Stop areas without a name	Gesamthalte ohne Namen
Stops	Fehlerbehebung	Stop areas	Stop areas without stop positions	Gesamthalte ohne Haltepositionen
Stops	Datenansicht /		Stop area groups	Gesamthalt-Gruppen
Stops	Datenansicht /		Railway infrastructure	schienenbezogene Linieninfrastrukturen (als Orientierungshilfe)
Network	Datenansicht	Bus lines	Bus lines/Ways	Buslinien (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Bus lines	Bus lines/Nodes	Buslinien (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Rail lines	Rail lines/Ways	Bahnlinien (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Rail lines	Rail lines/Nodes	Bahnlinien (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Light rail lines	Light rail lines/Ways	Stadtbahnlinien (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Light rail lines	Light rail lines/Nodes	Stadtbahnlinien (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Subway lines	Subway lines/Ways	U-Bahnlinien (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Subway lines	Subway lines/Nodes	U-Bahnlinien (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Monorail lines	Monorail lines/Ways	Einschienebahnlinien (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Monorail lines	Monorail lines/Nodes	Einschienebahnlinien (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Tram lines	Tram lines/Ways	Straßenbahnlinien (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Tram lines	Tram lines/Nodes	Straßenbahnlinien (punkthafte Relationsmitglieder)

Network	Datenansicht	Routes	Routes/Ways	Linienrelationen, die (noch) mit route=* getaggt sind (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	Routes	Routes/Nodes	Linienrelationen, die (noch) mit route=* getaggt sind (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Datenansicht	/	Railway routes	Strecken schienenbezogener Verkehrsmittel
Network	Datenansicht	Labels	Labels/Ways	Beschriftungen aller linienhaften Linienrelationsmitglieder
Network	Datenansicht	Labels	Labels/Nodes	Beschriftungen aller punkthaften Linienrelationsmitglieder
Network	Datenansicht	/	Public transport networks	Verkehrsverbünde
Network	Warnung	Warnings	Unordered/Ways	ungeordnete Linienrelationen (linienhafte Relationsmitglieder)
Network	Warnung	Warnings	Unordered/Nodes	ungeordnete Linienrelationen (punkthafte Relationsmitglieder)
Network	Fehlerbehebung	Errors	Discontinuous	unterbrochene Linienrelationen
Ferries	Datenansicht	/	Ferry ways	Fahrwasser für Personenfähren
Ferries	Datenansicht	Ferry terminals	Ferry terminals/Nodes	Personenfähren-Anlegestellen (punkthafte Elemente)
Ferries	Datenansicht	Ferry terminals	Ferry terminals/Ways	Personenfähren-Anlegestellen (punkthafte Elemente)
Ferries	Datenansicht	Ferry terminals	Ferry terminals/Areas	Personenfähren-Anlegestellen (flächenhafte Elemente)
Ferries	Datenansicht	Ferry lines	Ferry lines/Relations	Personenfährlinien (Relationen mit line=ferry)
Ferries	Datenansicht	Ferry lines	Ferry lines/Ways	Personenfährlinien (Ways mit line=ferry)
Ferries	Datenansicht	Ferry routes	Ferry routes/Relations	Personenfährlinien (Relationen mit route=ferry)
Ferries	Datenansicht	Ferry routes	Ferry routes/Ways	Personenfährlinien (Ways mit route=ferry)

### Zusammenfassung: Entwurf der Erweiterung

Für die Erweiterung des OSM Inspectors werden soweit wie möglich nur jene Daten als Grundlage berücksichtigt, die nach dem angepassten Schema modelliert sind. Aus dieser Abgrenzung sowie aus Vorüberlegungen, die auf den Erkenntnissen des vorherigen Kapitels beruhen, gehen zahlreiche neue Funktionalitäten hervor, die sich allesamt den drei Kategorien Datenansicht, Warnung oder Fehlerbehebung zuordnen lassen. Im OSM Inspector sollen diese Funktionalitäten als sinnvoll gruppierte Overlays in fünf Views organisiert werden, die folgende Themenbereiche umfassen: Schieneninfrastrukturen, sonstige Infrastrukturen, Halte, Linien und Netze sowie Personenfähren.

## V.3 Implementierung der Erweiterung

In diesem Unterkapitel sind alle Vorgänge erläutert, die für die Umsetzung des zuvor beschriebenen theoretischen Konzepts notwendig sind, das heißt für die Implementierung der Erweiterung des OSM Inspectors um Funktionalitäten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap. Zunächst ist hier die Vorbereitung der Implementierung dargelegt (Welche Datenbanktabellen sind für die Realisierung der Funktionalitäten notwendig? Wie sind diese zu erstellen und auf welche Weise können sie auf einem aktuellen Stand gehalten werden?) und alsdann deren Durchführung (Wie sind die Konfigurationsdateien für UMN MapServer zu gestalten?) sowie die kartographischen Aspekte, die hierbei einer Rolle spielen. Wichtige Passagen der Implementierung sind anhand von Auszügen aus den Quellcodes der Datenbankskripte respektive der Map-Dateien veranschaulicht, die unter <http://www.kahlfrost.de/dateien/code.zip> zum Download bereitstehen.

### A Vorbereitung der Implementierung

Für die Realisierung der neuen Funktionalitäten (s. Kap. V.2-B/C) des Tools OSM Inspector sind spezielle PostgreSQL/PostGIS-Datenbanktabellen notwendig, die sich von den Tabellen der zentralen OSM-Datenbank insofern unterscheiden, als sie lediglich die für die Realisierung der neuen Funktionalitäten benötigten Daten adäquat zusammenfassen und strukturieren. Auf der Grundlage dieser speziell aufbereiteten Tabellen können die entsprechenden Kartenbilder für die Darstellung der neuen Overlays im Browser generiert werden. Um alle Datenbanktabellen stets auf den aktuellsten Stand zu bringen, werden diese mittels Skripten (die aus Anweisungen in der Datenbanksprache SQL – Structured Query Language – bestehen) auf dem Datenbankserver der Geofabrik GmbH täglich automatisch neu angelegt, wobei als Grundlage für diesen Vorgang stets der aktuelle Dump der Geodaten aus der zentralen OSM-Datenbank dient. Dieser wird allerdings zuvor in eine separate PostgreSQL/PostGIS-Datenbank eingelesen, auf die dann wiederum die erwähnten Skripte zugreifen. Beim Erstellen der Skripte mit den Datenbankanweisungen ist ferner auf die Einhaltung von Konventionen und damit auf einen sauberen Stil zu achten, damit die Skripte auch für Dritte einfach und schnell lesbar sowie wartbar bleiben. Zu diesen (typographischen) Konventionen zählen nach Gennick (2004) unter anderem: Kurzbeschreibungen der jeweiligen Tabelleninhalte als Kommentarbereiche, Einrückungen, Verwendung von Majuskeln für SQL-Schlüsselwörter, Verwendung von Minuskeln für benutzerdefinierte Ausdrücke.

Die Art der Zusammensetzung der speziell aufbereiteten PostgreSQL/PostGIS-Datenbanktabellen, deren Namen stets mit dem Präfix `osmi_pubtrans` versehen sind, um sie sogleich erstens dem OSM Inspector und zweitens dem Themenbereich ÖPNV zuordnen zu können, erfolgt nach mehreren Kriterien: Sie sollen jeweils möglichst viele, in ihren geometrischen Eigenschaften identische Entitätsklassen zusammenfassen, deren Attributlisten respektive Tagging-Profile weitgehend übereinstimmen, sodass die Gesamtzahl an Tabellen und somit auch deren Speicherbedarf sowie deren Wartungsaufwand gering bleiben. Ferner sollen stets alle relevanten Informationen (z. B. ID, Namen, erste und letzte Nodes eines Ways, letzte Änderung eines Map Features) als eigene Tabellenspalten berücksichtigt werden, um zum einen im OSM Inspector möglichst viele Informationen zu einzelnen Map Features abfragen zu können und um zum anderen die Verknüpfung mit anderen Tabellen zu erleichtern. Aus diesen Bedingungen ergeben sich die folgenden 18 Tabellen:

- `osmi_pubtrans_accesses_areas` (flächenhafte Zugangsstellen),
- `osmi_pubtrans_accesses_nodes` (punkthafte Zugangsstellen),
- `osmi_pubtrans_accesses_ways` (linienhafte Zugangsstellen),
- `osmi_pubtrans_aerialways` (Luftseilbahnen),
- `osmi_pubtrans_elevators_taxis` (Personenaufzüge und Taxistände),
- `osmi_pubtrans_ferry_ways` (Fahrwasser für Personenfähren),
- `osmi_pubtrans_highways` (Fahrsteige, Fahrtreppen, Oberleitungs- und Spurbusfahrwege),
- `osmi_pubtrans_incorrect_metros` (Übergänge von Stadtschnellbahnkörpern in andere Verkehrswege),
- `osmi_pubtrans_networks` (Verkehrsverbünde),
- `osmi_pubtrans_railways` (schienenbezogene Linieninfrastrukturen),
- `osmi_pubtrans_routes_labels_n` (Schrift aller punkthaften Linienrelationsmitglieder),
- `osmi_pubtrans_routes_labels_w` (Schrift aller linienhaften Linienrelationsmitglieder),
- `osmi_pubtrans_routes_nodes` (Linienrelationen – nur punkthafte Relationsmitglieder),

- osmi\_pubtrans\_routes\_ways (Linienrelationen – nur linienhafte Relationsmitglieder),
- osmi\_pubtrans\_stop\_areas (Gesamthalte),
- osmi\_pubtrans\_stop\_groups (Gesamthalt-Gruppen),
- osmi\_pubtrans\_stops (Haltepositionen und sonstige punkthafte Halte), und
- osmi\_pubtrans\_ways\_route\_ferry (als Personenfährlinien getaggte Ways).

Die nachfolgende Tabelle (s. Tab. 5-2) ordnet allen Overlays für die neuen Funktionalitäten (s. Kap. V.2-C) die jeweiligen Datenbanktabellen zu, aus denen der MapServer die Daten für die Erzeugung der jeweiligen Kartenbilder gewinnt:

**Tab. 5-2** Zuordnung der Datenbanktabellen zu den neuen OSM-Inspector-Overlays

View	Overlay	Datenbanktabelle
Railway infrastructure	Rails/Main lines	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Rails/Branch lines	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Rails/Other lines	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Rails/Tagged without usage=*	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Light rails	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Subways overground	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Subways underground	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Monorails	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Trams	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Funiculars	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Other railways	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Railways on bridges	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Railways in tunnels	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Main lines not electrified	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Subways tagged without tunnel=*	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Railways tagged as highway=*	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Incorrect metro connections	osmi_pubtrans_incorrect_metros
Railway infrastructure	Wrong rail line members	osmi_pubtrans_railways
Railway infrastructure	Stops on railways	osmi_pubtrans_stops
Non-railway infrastructure	Aerialways	osmi_pubtrans_aerialways
Non-railway infrastructure	Highways with trolley wires	osmi_pubtrans_highways
Non-railway infrastructure	Bus guideways	osmi_pubtrans_highways
Non-railway infrastructure	Taxi stands	osmi_pubtrans_elevators_taxis
Non-railway infrastructure	Elevators	osmi_pubtrans_elevators_taxis
Non-railway infrastructure	Conveyors	osmi_pubtrans_highways
Non-railway infrastructure	Escalators	osmi_pubtrans_highways
Non-railway infrastructure	Railway infrastructure	osmi_pubtrans_railways
Non-railway infrastructure	Stops	osmi_pubtrans_stops
Stops	Stop positions	osmi_pubtrans_stops
Stops	Stop positions not on ways	osmi_pubtrans_stops
Stops	Stops	osmi_pubtrans_stops
Stops	Stops not on ways	osmi_pubtrans_stops
Stops	Accesses/Nodes	osmi_pubtrans_accesses_nodes
Stops	Accesses/Ways	osmi_pubtrans_accesses_ways

Stops	Accesses/Areas	osmi_pubtrans_accesses_areas
Stops	Stop areas	osmi_pubtrans_stop_areas
Stops	Stop areas without a name	osmi_pubtrans_stop_areas
Stops	Stop areas without stop positions	osmi_pubtrans_stop_areas
Stops	Stop area groups	osmi_pubtrans_stop_groups
Stops	Railway infrastructure	osmi_pubtrans_railways
Network	Bus lines/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Bus lines/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Rail lines/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Rail lines/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Light rail lines/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Light rail lines/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Subway lines/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Subway lines/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Monorail lines/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Monorail lines/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Tram lines/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Tram lines/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Routes/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Routes/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Railway routes	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Labels/Ways	osmi_pubtrans_routes_labels_w
Network	Labels/Nodes	osmi_pubtrans_routes_labels_n
Network	Public transport networks	osmi_pubtrans_networks
Network	Unordered/Ways	osmi_pubtrans_routes_ways
Network	Unordered/Nodes	osmi_pubtrans_routes_nodes
Network	Discontinuous	osmi_pubtrans_routes_ways
Ferries	Ferry ways	osmi_pubtrans_ferry_ways
Ferries	Ferry terminals/Nodes	osmi_pubtrans_accesses_nodes
Ferries	Ferry terminals/Ways	osmi_pubtrans_accesses_ways
Ferries	Ferry terminals/Areas	osmi_pubtrans_accesses_areas
Ferries	Ferry lines/Relations	osmi_pubtrans_routes_ways
Ferries	Ferry lines/Ways	osmi_pubtrans_ways_route_ferry
Ferries	Ferry routes/Relations	osmi_pubtrans_routes_ways
Ferries	Ferry routes/Ways	osmi_pubtrans_ways_route_ferry

Die erste Besonderheit in der Reihe wichtiger Aspekte bei der Gestaltung der SQL-Anweisungen für die Datenbanktabellen ist die Verwendung von Typenunterscheidungen, die es ermöglichen, mehrere, in ihren geometrischen Eigenschaften identische Entitätsklassen, deren Attributlisten repsektive Tagging-Profile weitgehend übereinstimmen, in einer Tabelle zusammenzufassen. Durch die Verwendung solcher Typenunterscheidungen wird nämlich die Differenzierbarkeit der verschiedenen Entitätsklassen beim Zugriff auf die Tabellen durch den MapServer sichergestellt. Ein anschauliches Beispiel hierzu entstammt der Tabelle `osmi_pubtrans_accesses_nodes` (Stand: 31. Mai 2009; s. [http://www.kahlfrost.de/diplom/code/sql/osmi\\_pubtrans-stops.sql](http://www.kahlfrost.de/diplom/code/sql/osmi_pubtrans-stops.sql), Z. 64 ff.):

```

UPDATE osmi_pubtrans_accesses_nodes SET typeid=
  CASE WHEN typename='entrance'      THEN 0
        WHEN typename='platform'     THEN 1
        WHEN typename='station'      THEN 2
        WHEN typename='subway_entrance' THEN 3
        WHEN typename='bus_station'   THEN 4
        WHEN typename='ferry_terminal' THEN 5
        ELSE NULL
END;

```

In `typename` werden zuvor die Werte von `public_transport=[platform|entrance]`, `amenity=[bus_station|ferry_terminal|station]`, `highway=platform` oder `railway=[platform|subway_entrance]` eines jeden relevanten Map Features geschrieben, um die Spalte `typeid` durch die gezeigte SQL-Anweisung mit entsprechenden Ziffern füllen zu können. Durch eine solche Vorgehensweise wird sichergestellt, dass sowohl der View `Public Transport – Ferries` als auch der View `Public Transport – Stops` auf die Tabelle zugreifen kann: Ersterer stellt nur jene Daten dar, deren `typeid` gleich 5 ist, letzterer nur jene, deren `typeid` kleiner 5 ist. Der Grund, warum hierfür nicht direkt auf `typename` zugegriffen wird, liegt in der Geschwindigkeit, da der Zugriff auf Datenbankspalten numerischen Datentyps nach Gennick (2004) wesentlich schneller verläuft als auf solche mit Text.

Eine weitere Besonderheit ist die Verwendung von selbsterstellten SQL-Funktionen für die Datenmanipulation und -transformation, um oft gebrauchte Operationen in diese auslagern und somit Platz und Schreibarbeit sparen zu können. Das folgende Beispiel zeigt eine Funktion, die je nach Eingabewert die Boole'schen Operatoren `true` oder `false` zurückliefert (Stand: 31. Mai 2009; s. <http://www.kahlfrost.de/diplom/code/sql/utills.sql>, Z. 102 ff.):

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION true_false (input TEXT) RETURNS BOOLEAN AS $$
BEGIN
  IF input='yes' OR input='true' OR input='only' OR input='limited' THEN
    RETURN true;
  ELSEIF input='no' OR input='false' THEN
    RETURN false;
  ELSE
    RETURN NULL;
  END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql IMMUTABLE;

```

Angewendet wird diese Funktion unter anderem in der Tabelle `osmi_pubtrans_railways`, um die Tupel in der Spalte `tunnel` mit `true` zu besetzen, falls der Wert des Tags `tunnel=*` gleich `yes` oder `true` ist, und mit `false`, falls dieser gleich `no` oder `false` ist (Stand: 31. Mai 2009; s. <http://www.kahlfrost.de/diplom/code/sql/osmi-pubtrans-infrastructure.sql>, Z. 322 ff.):

```

UPDATE osmi_pubtrans_railways o_p_r SET tunnel=
  (SELECT true_false (way_tags.v) FROM way_tags
   WHERE way_tags.k='tunnel' AND way_tags.way_id=o_p_r.way_id LIMIT 1);

```

Auch einige GIS-Funktionalitäten, die eine um PostgreSQL/PostGIS-Datenbank zur Verfügung stellt, werden in den SQL-Anweisungen verwendet. Als Beispiel sei hier die Anweisung beschrieben, mit der jene Polygone erzeugt werden, die auf dem späteren Kartenbild als Gesamthalte erscheinen. Hierfür wird zunächst die temporäre Tabelle `temp_stop_areas` erstellt und sowohl mit allen Nodes gefüllt, die Mitglieder in Gesamthalt-Relationen sind als auch mit allen Nodes, welche Ways bilden, die Mitglieder in Gesamthalt-Relationen sind. Danach wird die Geometriespalte der Tabelle `osmi_pubtrans_stop_areas` für die Gesamthalte aktualisiert: Alle Geometrien aus der temporären Tabelle werden nach Zugehörigkeit zu Relationen gruppiert und via `ST_Collect` zu Punktwolken zusammengefasst. Daraufhin werden mit `ST_ConvexHull` konvexe Hüllen um die entstandenen Punktwolken aufgezo-gen und mit einem Buffer versehen, um die Kanten der Hüllen abzurunden im Hinblick auf ein graphisch ansprechenderes Rendering (Stand: 31. Mai 2009; s. <http://www.kahlfrost.de/diplom/code/sql/osmi-pubtrans-stops.sql>, Z. 383 ff.):

```

UPDATE osmi_pubtrans_stop_areas o_s_a SET geom=
(SELECT ST_Buffer(ST_ConvexHull(ST_Collect(geom)),0.0001)
FROM temp_stop_areas temp
WHERE temp.relation_id=o_s_a.relation_id);

```

## B Durchführung der Implementierung

Für die Umsetzung der neuen Funktionalitäten (s. Kap. V.2-B/C) im OSM Inspector – ergo für deren Implementierung – sind für jeden der fünf neu anzulegenden Views sowohl eine eigene Konfigurationsdatei für UMN MapServer (also eine Map-Datei) als auch eine Datei zu erstellen und mit entsprechenden Inhalten zu füllen, welche die Anweisungen für die Gruppierung und Darstellung der Overlays in deren Übersicht im linken Bereich der OSM-Inspector-Webseite enthält. Den textbasierten Map-Dateien entnimmt der MapServer nach Mitchell (2008) Informationen darüber, an welchem Speicherort sich die darzustellenden Geodaten befinden, in welchem Koordinatensystem sie abgelegt sind, wie sie graphisch visualisiert werden sollen, ob Beschriftungen verwendet werden sollen, auf wie vielen Ebenen sie organisiert werden sollen und welches Datenformat für die als Rastergraphiken gerenderten Kartenbilder verwendet werden soll. Die Dateien, in denen die Anweisungen zum Aussehen und zum Verhalten der Overlay-Übersichten abgelegt sind, beruhen auf dem textbasierten, für Menschen und Maschinen lesbaren Datenaustauschformat JavaScript Object Notation (JSON, dt. JavaScript-Objektaufzeichnung). Diese JSON-Dateien werden für den OSM Inspector eingesetzt, um mittels JavaScript Daten zwischen Client und Server für die Erstellung und die dynamische Aktualisierung der Overlay-Übersichten auszutauschen.

Die Anzahl der in den Map-Dateien definierten Ebenen, die der MapServer für jeden View zu einem Kartenbild zusammensetzt, entspricht nicht der Anzahl der je View vorgesehenen Overlays, und zwar aus folgendem Grund: Für niedrige Zoomstufen müssen die meisten linien- und flächenhaften Elemente als Punkte dargestellt werden, da andernfalls Bereiche als »leer« erschienen, die nur sehr kurze linien- oder sehr kleine flächenhafte Elemente aufweisen. Deshalb werden in solchen Fällen zusätzliche Ebenen benötigt, die entsprechend andere graphische und datenbezogene Anweisungen für diese Zoomstufen enthalten als jene Ebenen für die größeren Zoomstufen. Hinsichtlich der Reihenfolge der in den Map-Dateien notierten Ebenen ist von Bedeutung, dass diese exakt jener Reihenfolge entspricht, in welcher der MapServer die Ebenen rendert: Wird also beispielsweise die Ebene für flächenhafte Zugangsstellen zu Halten zuerst notiert, so werden die entsprechenden Map Features im resultierenden Kartenbild zuunterst angezeigt.

Die aus den JSON-Dateien resultierenden Overlay-Übersichten, deren Aufbau den im vorherigen Unterkapitel erläuterten Entwürfen entspricht (s. Kap. V.2-C), sind nachfolgend als Screenshots dargestellt (s. Abb. 5-6, Abb. 5-7, Abb. 5-8, Abb. 5-9, Abb. 5-10):

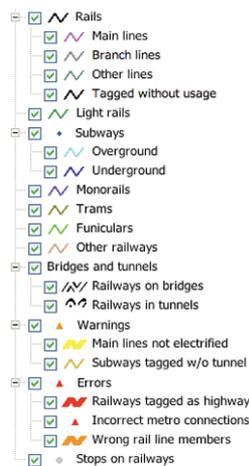


Abb. 5-6 Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views *Railway infrastructure*



Abb. 5-7 Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views *Non-railway infrastructure*

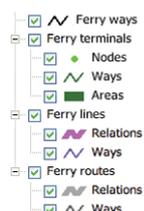


Abb. 5-10 Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views *Ferries*



Abb. 5-8 Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views *Stops*

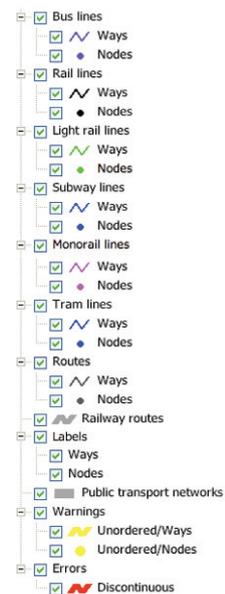


Abb. 5-9 Overlay-Übersicht des OSM-Inspector-Views *Network*

## C Kartographische Aspekte der Implementierung

Die Definition der von UMN MapServer erzeugten Kartenbilder kann sehr aufwendig werden, wenn diese den Anforderungen einer anspruchsvollen kartographischen Visualisierung genügen sollen, denn die Möglichkeiten des MapServers zur (karto-)graphischen Gestaltung sind eingeschränkt – eine Feststellung, zu der neben anderen auch Mitchell (2008) kommt. Diese Aussage trifft auch auf die für die Erweiterung des OSM Inspectors definierten Kartenbilder zu, wobei hier noch die bisweilen große Anzahl an unterschiedlichen Overlays und folglich auch an Darstellungsschichten erschwerend hinzukommt sowie die Einschränkung, dass die Ebenenreihenfolgen in den Map-Dateien primär aus der Logik der Daten hervorgehen und erst in zweiter Linie auf der Grundlage kartographischer Kriterien verändert werden können. Nichtsdestoweniger sind die einzelnen Overlays stets mit jenen Kartenzeichen umgesetzt, welche die durch sie dargestellten, raumbezogenen Informationen angesichts der gegebenen Umstände und der oftmals hohen graphischen Dichte der Kartenbilder am besten vermitteln. Wichtige Einflussfaktoren, die bei diesem Prozess der Informationsvermittlung und in der Folge auch bei der jeweiligen Wahl der adäquaten Kartenzeichen eine große Rolle spielen, sind – neben den bereits genannten Einschränkungen – einerseits die Kommunikationsabsichten und -ziele sowie andererseits die Interpretations- und graphische Differenzierungsfähigkeit der NutzerInnen.

Wendet man nun die Begriffe des kartographischen Zeichensystems (Hake et al., 2002) auf die realisierten Darstellungen im OSM Inspector an, so fallen die verwendeten Kartenzeichen großenteils in die untere Ebene dieses Systems, nämlich in die Ebene der graphischen Grundelemente Punkt, Linie und Fläche. *Linien* spielen dabei auf Grund der Häufigkeit ihrer Verwendung die wichtigste Rolle und sind überwiegend durch die graphische Variable *Farbe* verändert, um sie voneinander zu unterscheiden, da durch die betroffenen Kartenzeichen ausschließlich Daten mit rein qualitativen Merkmalen (das heißt unterschiedliche Entitätsklassen) visualisiert werden. Der Einsatz der Farben wird hierbei jedoch weniger durch Faktoren wie die Farbassoziation geprägt, sondern vielmehr durch graphische Differenzierbarkeit und Farbkontrast. Die Gründe hierfür liegen zum einen in der meist fehlenden Assoziationsmöglichkeit der dargestellten Entitätsklassen mit bestimmten Farbtönen, zum anderen in den technischen Schranken, welche die Farbdarstellungen des MapServers sowie von Webbrowsern im Allgemeinen aufweisen. Deutlich wird dies bei der Betrachtung der Ansicht Public Transport – Railway infrastructure, deren Legende elf Entitätsklassen Linien gleicher Breite zuordnet, die jeweils nur durch ihre Farbgebung unterschieden sind (s. Abb. 5-6): eine Anzahl, die auf Grund der mit den technischen Gegebenheiten realisierbaren graphischen Differenzierbarkeit und der eingeschränkten Farbkontrastmöglichkeiten nicht überschritten werden sollte. Auch eine andere graphische Variable, die *Breite*, kommt bei der graphischen Variation der Linien zum Einsatz – dann nämlich, wenn durch Linien Warnungen oder Fehler dargestellt werden sollen. In diesen Fällen werden breitere Linien eingesetzt, die stets auf niedrigeren Darstellungsschichten liegen als die übrigen, schmälere linienhaften Elemente und somit wie um diese Elemente gelegte Buffer wirken (s. Abb. 5-11). Hierbei spielt, anders als bei den übrigen, schmälere Linien, auch die Farbassoziation eine Rolle, da die breiteren Linienelemente in den Farben Gelb (für Warnungen), Orange oder Rot (für Fehler) gehalten sind. Eine weitere Variable zur graphischen Variation der Linien ist die *Form*, die lediglich einmal zum Einsatz kommt, nämlich bei der Darstellung von Brücken und Tunneln im View Public Transport – Railway infrastructure (s. Abb. 5-12).

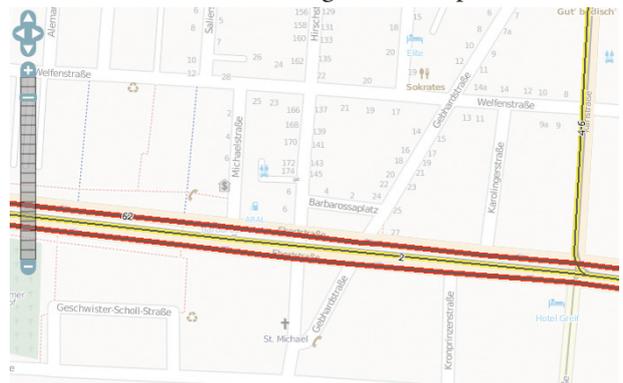


Abb. 5-11 Linien unterschiedlicher Breite und Farbe im OSM Inspector

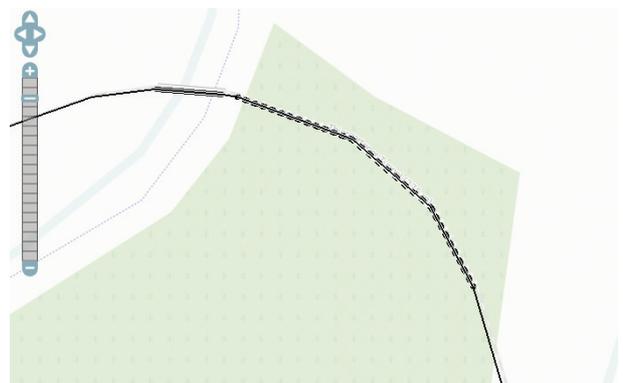


Abb. 5-12 Linien unterschiedlicher Form im OSM Inspector

Nach Linien werden im Zuge der realisierten Darstellungen im OSM Inspector *Punkte* am häufigsten eingesetzt, die sowohl mit unterschiedlichen Farben als auch Formen graphisch variiert sind. Mit der graphi-

schen Variable Form wird ausgedrückt, ob das Kartenzeichen entweder direkt eine Entitätsklasse (mit Kreisscheiben oder Kreisen; s. Abb. 5-13) oder aber indirekt eine auf niedrigen Zoomstufen mit einem punkthaftem Kartenzeichen visualisierte linien- oder flächenhafte Entitätsklasse (mit Rauten oder Dreiecken; s. Abb. 5-14) darstellen soll. Die Farben drücken dabei – ähnlich wie auch bei den Linien – lediglich unterschiedliche Qualitäten aus:

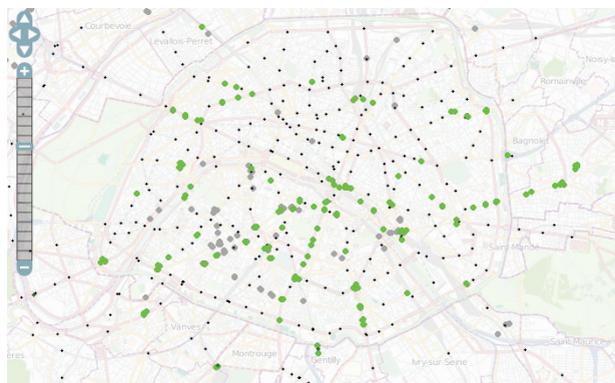


Abb. 5-13 Kreisscheiben und Kreise unterschiedlicher Farbe im OSM Inspector

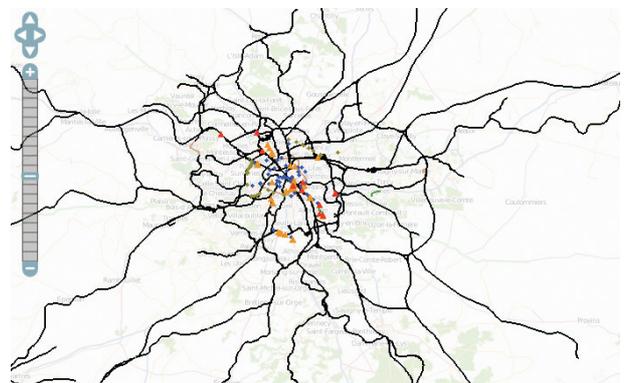


Abb. 5-14 Rauten und Dreiecke unterschiedlicher Farbe im OSM Inspector

Nur selten werden im Zuge der realisierten Darstellungen im OSM Inspector *Flächen* als Kartenzeichen verwendet. Dabei werden als graphische Variablen sowohl die Farbe als auch die Form verwendet, und zwar beide für denselben Zweck, nämlich zur Unterscheidung zwischen Entitätsklassen (s. Abb. 5-15):



Abb. 5-15 Flächen unterschiedlicher Form und Farbe im OSM Inspector

In die mittlere Ebene des kartographischen Zeichensystems (Hake et al., 2002), nämlich in die Ebene der zusammengesetzten Zeichen, fällt das einzige bisher noch unerwähnt gebliebene Gestaltungsmittel, das in den für die Erweiterung des OSM Inspectors definierten Kartenbildern verwendet wird: die *Schrift*. Diese erscheint ausschließlich auf hohen Zoomstufen, da sie erst auf diesen eindeutig den durch sie beschriebenen Elementen zugeordnet werden kann und da sie die graphische Dichte der Kartenbilder niedriger Zoomstufen andernfalls zusätzlich erhöhte. Bei der Positionierung der Schriftelemente sind die allgemeinen kartographischen Richtlinien zur Schriftplatzierung weitgehend eingehalten, die unter anderem Hake et al. (2002) sowie Bollmann und Koch (2001/02) anführen (s. Abb. 5-11, Abb. 5-15).

### Zusammenfassung: Implementierung der Erweiterung

Die Grundlage für die Implementierung der Erweiterung des OSM Inspectors bilden mehrere speziell aufbereitete PostgreSQL/PostGIS-Datenbanktabellen, die nach unterschiedlichen Kriterien zusammengesetzt sind und mittels Skripten jeden Tag neu erstellt werden, um sie stets auf dem aktuellen Stand der OSM-Geodaten zu halten. Der Zugriff auf diese Tabellen durch den MapServer wird je View durch eine Konfigurationsdatei definiert, die zusätzlich auch die Kartengraphik festlegt, mit der die einzelnen Darstellungsschichten respektive Overlays auf dem entstehenden Kartenbild visualisiert werden. Dabei sind Punkte, Linien und

Flächen verwendet, die überwiegend in ihrer Farbe, aber auch in ihrer Form oder Breite variiert werden, um die zu Grunde liegenden Informationen kartographisch zu vermitteln. Ferner erscheinen auf den meisten Kartenbildern auf hohen Zoomstufen Beschriftungen für die Elemente ausgesuchter Overlays.

## VI. Visualisierung des angepassten Schemas für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap

### VI.1 Visualisierung von Infrastrukturelementen

Der Inhalt dieses Unterkapitels verschafft einen Überblick über die Gestaltungsmöglichkeiten einer zukünftigen Visualisierung jener Geodaten, die Infrastrukturelemente repräsentieren und nach dem angepassten und erweiterten Schema für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap modelliert sind. Hierfür wird eine kartographisch anspruchsvolle Visualisierung der entsprechenden Daten für die OSM-Web-Kartendarstellung (s. Kap. II.1-B) konzipiert, anhand von Beispielen veranschaulicht und der Visualisierung der nach dem bisherigen Schema modellierten Daten gegenübergestellt, um die Vorzüge des modifizierten Schemas im Bezug auf die Visualisierung hervorzuheben. Da auf der interaktiven Web-Kartendarstellung lediglich zwei Gruppen von ÖPNV-Entitätsklassen repräsentiert sind, nämlich linienhafte und punkthafte Verkehrsinfrastrukturen, beschränken sich die Ausführungen des vorliegenden Unterkapitels folglich auf diese beiden Gruppen. Und weil Mapnik als wichtigstes Rendering-System für OSM gilt, orientieren sich die Konzepte an dessen Kartenstil, wie er gegenwärtig als Standardansicht für die OSM-Web-Kartendarstellung verwendet wird (Stand: 16. Juni 2009).

#### A Visualisierung von linienhaften Infrastrukturelementen

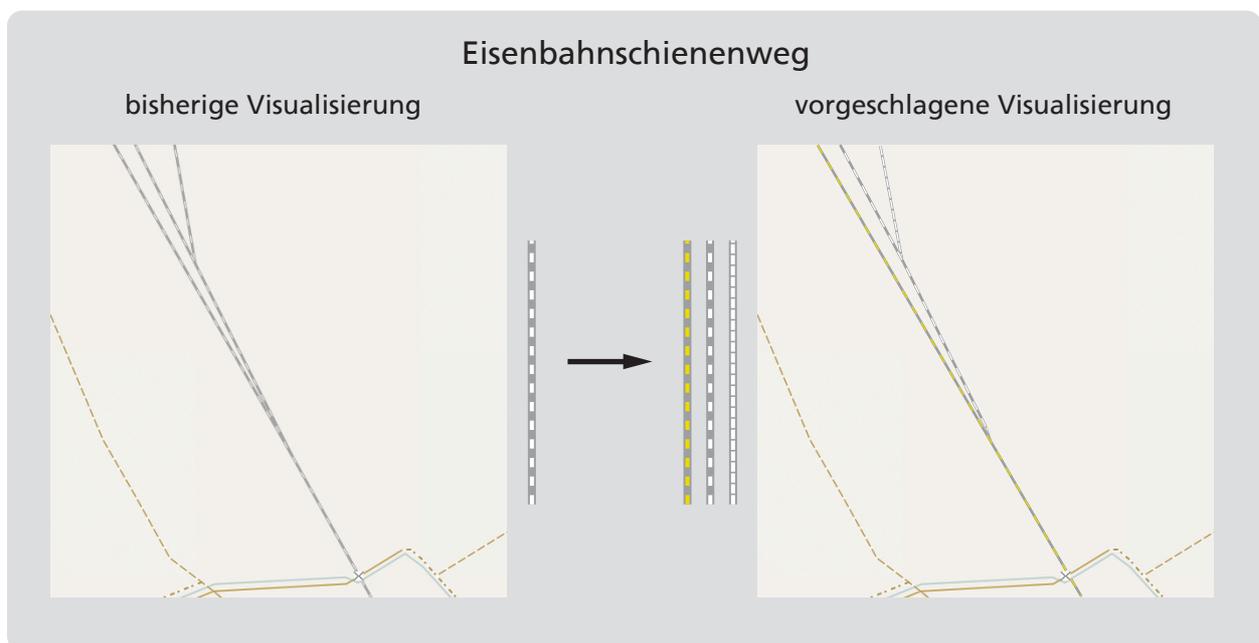
Als erste Entitätsklasse aus der Gruppe der linienhaften Verkehrsinfrastrukturen seien hier die *Oberleitungsbushfahrwege* betrachtet, das heißt die Straßen mit geeigneten Fahrdrähten. Diese sollen in Zukunft nicht durch eine Visualisierung hervorgehoben werden, die sie von Straßen ohne Fahrdrähte unterscheidet, da dies eine zu große graphische Belastung des Kartenbildes zur Folge hätte. Darüberhinaus besitzt die Zusatzinformation, ob eine Straße über Fahrdrähte verfügt oder nicht, keine für die KartennutzerInnen ähnlich relevante Orientierungsfunktion wie etwa die, ob eine Straße eine Fußgängerzone oder eine Einbahnstraße ist.

*Spurbushfahrwege* sind gegenwärtig noch nicht in der OSM-Web-Kartendarstellung repräsentiert (s. Abb. 6-1 links) und sollen daher mit einer eigenen Kartengraphik ausgestattet werden, die sich auf den beiden höchsten Zoomstufen als schwarze Doppellinie mit grauem Zwischenraum darstellt (s. Abb. 6-1 rechts), sich auf niedrigeren Zoomstufen jedoch in ihrer Breite, Form und Farbgebung nicht vom Kartenzeichen für Erschließungswege unterscheidet.



Abb. 6-1 Visualisierung eines Spurbushfahrweges mit Mapnik

Auf niedrigen Zoomstufen sollen aus dem Bereich der *Schienenwege und Bahnkörper* fortan lediglich Eisenbahnschienenwege dargestellt werden, und zwar als einfache graue Liniengraphiken. Dementgegen sollen auf höheren Zoomstufen alle anderen Schienenverkehrswege ebenfalls dargestellt werden und graphisch eindeutiger differenziert werden als bisher. Bei den *Eisenbahnschienenwegen* soll hierbei zum einen zwischen Haupt- und Nebenbahnen, zum anderen zwischen diesen beiden einerseits und militärisch, touristisch oder industriell genutzten Bahnen andererseits unterschieden werden: Nebenbahnen werden demnach weiterhin mit dem bisherigen Kartenzeichen abgebildet, Hauptbahnen mit einer nur leichten Variation davon (nämlich mit gelben statt weißen Zwischenräumen) und militärisch, touristisch oder industriell genutzte Bahnen mit einer Variante der bisherigen Kartengraphik, die durch ihren höheren Weißanteil und ihre veränderte Form die geringere Wertigkeit des repräsentierten Objekts im Vergleich zu Haupt- oder Nebenbahnen ausdrückt (s. Abb. 6-2 rechts). Da Eisenbahnschienenwege nach dem bisherigen ÖPNV-Datenschema nicht nach ihrer Nutzung unterschieden werden, finden die verschiedenen Nutzungen bislang auch keinen Ausdruck im Kartenbild (s. Abb. 6-2 links). Zusatzinformationen, wie etwa über die Elektrifizierung, die Spurweite, einen Zusatzantrieb oder die Gleiskategorie – falls es sich beim betroffenen Kartenelement um ein Nebengleis handelt – sollen bei allen Schienenwegen und Bahnkörpern nach wie vor graphisch nicht berücksichtigt werden. Dasselbe gilt für die Unterscheidung zwischen Trassen und Gleisen.



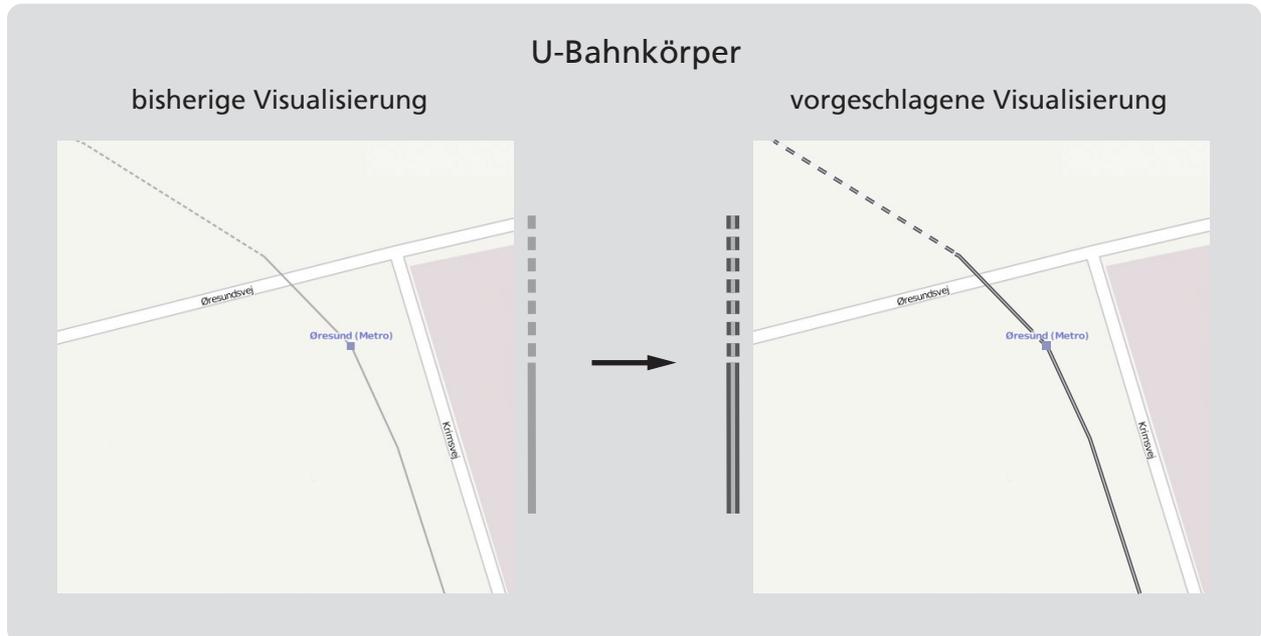
**Abb. 6-2** Visualisierung von Eisenbahnschienenwegen mit Mapnik

Da *Stadtbahnkörper* und *Straßenbahnkörper* bisher graphisch nicht differenziert werden (s. Abb. 6-3 links), eine Unterscheidung dieser beiden Entitätsklassen aber nicht nur fachlich korrekt, sondern darüberhinaus auch im Sinne einer möglichst genauen Wiedergabe der Realität durchaus wünschenswert ist, sollen fortan Stadtbahnkörper als durchgezogene Linien dargestellt werden, deren Breite und Farbe jener der Kartengraphik für Eisenbahnschienenwege entspricht. Das Kartenzeichen für Straßenbahnkörper hingegen soll unverändert bleiben (s. Abb. 6-3 rechts), da sein sehr dunkler Farbton vorallem die Unterscheidbarkeit zu Straßen sicherstellt, sofern es sich bei den repräsentierten Objekten um straßenbündige Bahnkörper handelt.



**Abb. 6-3** Visualisierung eines Stadt- und eines Straßenbahnkörpers mit Mapnik

Bei den *Stadtschnellbahnkörpern* kann die Darstellung der Einschienenbahnkörper in ihrer bisherigen Form erhalten bleiben. Die Kartengraphiken für U-Bahnkörper hingegen bedürfen einer Änderung, da sie (zumindest in oberirdischem Verlauf) jenen für Stadtbahnkörper zu sehr ähneln (s. Abb. 6-4 links). Daher sollen oberirdisch verlaufende U-Bahnkörper fortan als breite, dunkelgraue Doppellinie mit hellgrauem Zwischenraum visualisiert werden und unterirdisch verlaufende Abschnitte in identischer Weise, jedoch strichliert (s. Abb. 6-4 rechts). Der Grund für die Wahl dieser Gestaltungsweise liegt in der Assozierbarkeit der Doppellinie mit den Fahrschienen und des Zwischenraums mit der Stromschiene.



**Abb. 6-4** Visualisierung eines U-Bahnkörpers mit Mapnik

An der Darstellung der *Luftseilbahnen* ist an dieser Stelle keine Veränderung vorgesehen, da deren Visualisierung bereits zufriedenstellend realisiert ist. Dementgegen sollen *Standseilbahnen*, die gegenwärtig noch nicht in der OSM-Web-Kartendarstellung repräsentiert sind (s. Abb. 6-5 links), fortan mit einer auf höheren Zoomstufen sichtbar werdenden, eigenen Kartengraphik ausgestattet werden, welche durch die Kombination der Graphik für touristisch genutzte Bahnen mit jener für Luftseilbahnen entsteht und damit den besonderen

Charakter von Standseilbahnen heraushebt, die zwar zu den Seilbahnen gehören, aber dennoch schienengebunden sind (s. Abb. 6-5 rechts).

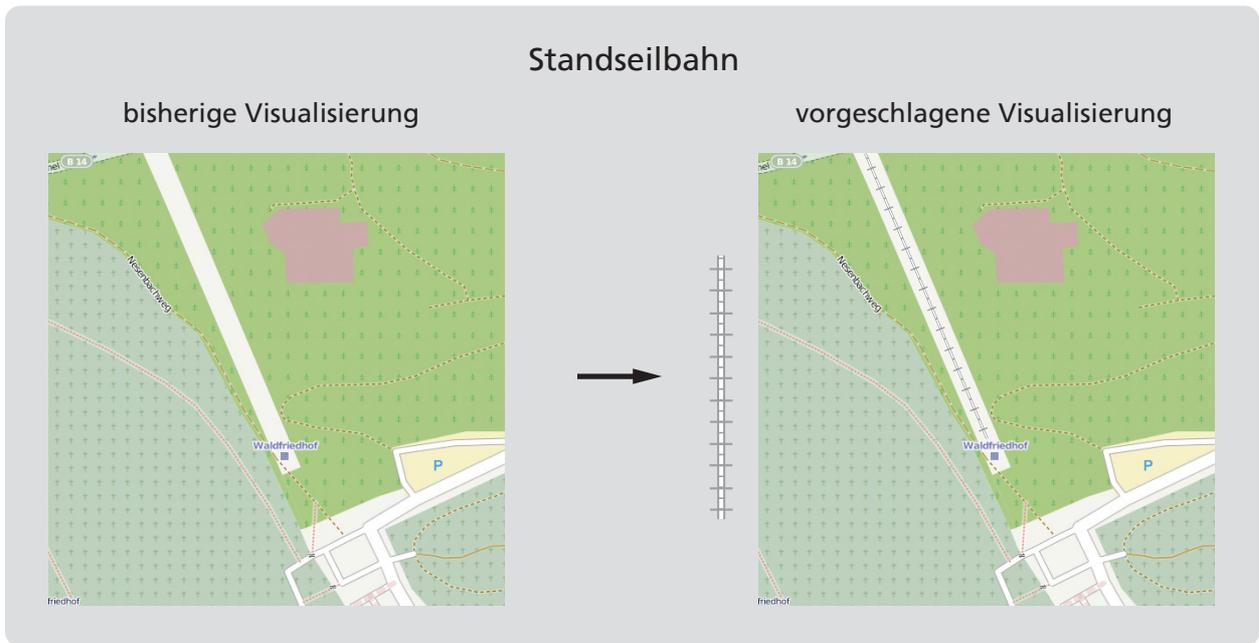


Abb. 6-5 Visualisierung einer Standseilbahn mit Mapnik

Im Hinblick auf die *Fahrwasser für Personenfahrten* schließlich sollen jene mit `waterway=ferry_way` attribuierten Ways in allen Zoomstufen die Kartengraphik »übernehmen«, die bisher für mit `route=ferry` getaggte Ways verwendet wird.

## B Visualisierung von punkthaften Infrastrukturelementen

Die folgenden Ausführungen zu einer verbesserten Visualisierung von punkthaften Verkehrsinfrastrukturen konzentrieren sich ausschließlich auf jene Entitätsklassen, die fortan mit dem Modell für Punktinfrastrukturen (s. Kap. IV.1-B) zu erfassen sind – also die *Halte*. Elemente, die nicht durch dieses Modell abgedeckt werden, sollen mittels auf das jeweilige Element angepasster, bildhafter Positionssignaturen dargestellt werden (s. Abb. 6-6): Taxistände, Taxirufsäulen, Mietfahrzeug-Einrichtungen, Carsharing-Einrichtungen, Rikschas und Wassertaxistände sowie öffentliche Personenaufzüge.



Abb. 6-6 Bildhafte Signaturen für punkthafte Infrastrukturelemente  
(Lizenz der Symbole Taxi, Miet-Pkw und Personenaufzug: Public Domain)

In den Maßstabsbereichen, die unterhalb der Zoomstufe 12 liegen, sollen wie bisher in der OSM-Web-Kartendarstellung keine Halte dargestellt werden. Auf der Zoomstufe 12 hingegen sollen lediglich solche Gesamthalte repräsentiert werden, von deren Relationsmitgliedern mindestens eines das Tag `rail=yes` aufweist. Damit wird sichergestellt, dass hier nur Halte angezeigt werden, die von Eisen- oder S-Bahnen bedient werden, worunter vor allem die für den ÖPNV eminent wichtigen Bahnhöfe fallen. Die Kartengraphik soll dabei eine schlichte, geometrische Positionssignatur in der Form eines blauen Quadrates sein, welche entweder im Zentrum des Gesamthalts oder des Mitglieds in der Rolle `label` positioniert wird. Mit einem kleineren, aber ansonsten identischen Kartenzeichen sollen auf der Zoomstufe 13 zusätzlich zu den nun bereits vorhandenen Elementen alle übrigen Gesamthalte dargestellt werden. Auf der nächsthöheren Zoomstufe sollen dann die Namen der Gesamthalte als Schriftelemente angezeigt und dabei den vorhandenen Kartengraphiken zugeordnet werden. Ab Zoomstufe 15 sollen die bisher verwendeten blauen Quadrate gegen bildhafte Signaturen (für unimodale Halte: s. Abb. 6-7; für transmodale Halte: s. Abb. 6-8) ausgetauscht werden. Alle isolierten Haltepositionen, die bisher noch nicht berücksichtigt sind, sollen ab Zoomstufe 16 zu den bereits vorhandenen Kartenelementen stoßen und mit der adäquaten Signatur sowie ihrem Namen als Schriftzusatz gerendert werden.

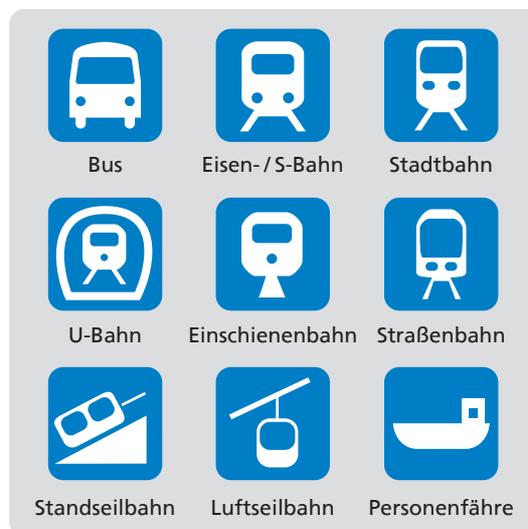


Abb. 6-7 Bildhafte Signaturen für unimodale Halte

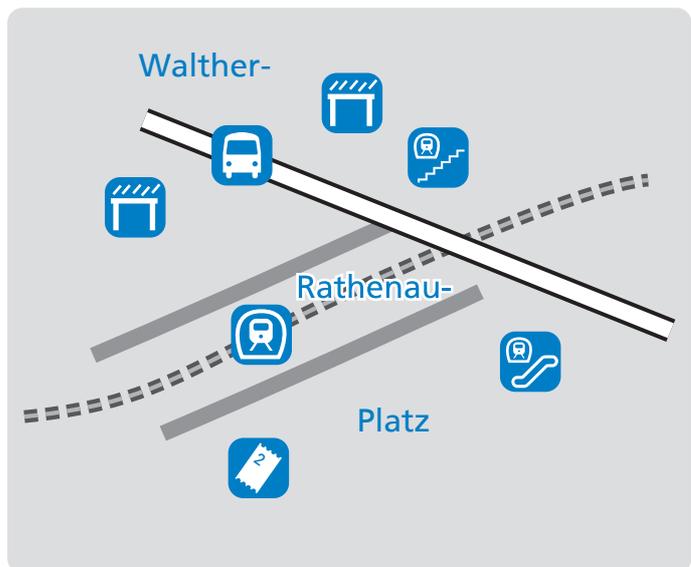


Abb. 6-8 Bildhafte Signatur für transmodale Halte (Lizenz: Public Domain)

Auf den beiden höchsten Zoomstufen schließlich sollen die Gesamthalte »aufgelöst« werden, das heißt, es sollen nun alle Haltepositionen mit den adäquaten Signaturen dargestellt, alle Zugangsstellen angezeigt (graue Linien- oder Flächengraphiken für Zugangsplattformen und bild- oder abstrakt-symbolhafte Signaturen für Eingänge, andere Zugangsstellen oder sonstige Zusatzelemente für Halte; s. Abb. 6-9) und bei Gesamthalten der Bereich des Gesamthalts mit dem gemeinsamen Namen versehen werden, um die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen zu verdeutlichen (s. Abb. 6-10).

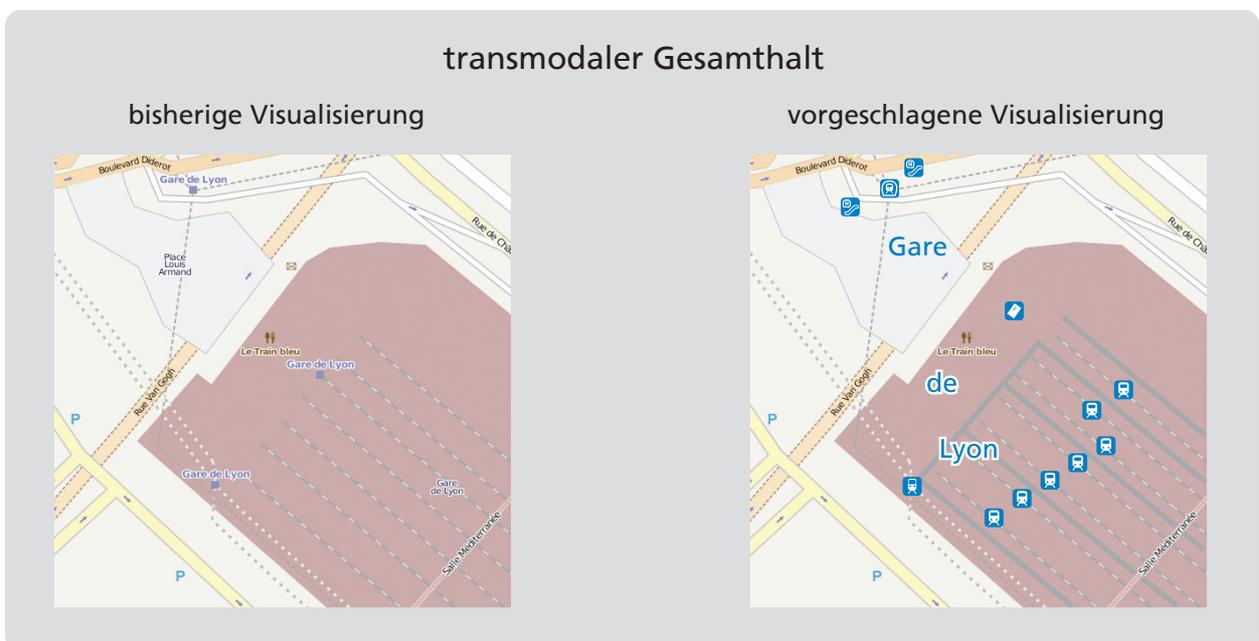


**Abb. 6-9** Signaturen für Eingänge, andere Zugangsstellen und Zusatzelemente  
(Lizenz der Symbole behindertengerecht, Toiletten, Abfallbehälter, Gepäckaufgabe und Wartesaal: Public Domain)



**Abb. 6-10** Transmodaler Gesamthalt mit zusammenhängenden Einzelementen

Ein Vergleich zweier Kartenbilder zeigt abschließend die *Vorzüge* des überarbeiteten Schemas im Hinblick auf dessen Visualisierungsmöglichkeiten: Das auf der Basis des bisherigen Datenschemas gerenderte Kartenbild stellt einen Bahnhof, eine U-Bahn-Haltestelle sowie eine Stadtbahnhaltestelle in der Pariser Innenstadt dar, die alle mit demselben Namen versehen sind, aber dennoch nicht als zusammengehörig wahrgenommen werden, obwohl sie in der Realität die Bestandteile des transmodalen Haltes Gare de Lyon ausmachen (s. Abb. 6-11, links). Wird dieser dagegen gemäß dem angepassten Datenschema modelliert und nach dem oben dargelegten Konzept gerendert, so werden diese Zusammenhänge auch im Kartenbild sichtbar (s. Abb. 6-11, rechts).



**Abb. 6-11** Visualisierung eines transmodalen Gesamthalts mit Mapnik

Die Gestaltungsmöglichkeiten für punkthafte Verkehrsinfrastrukturen, die sich aus dem angepassten und erweiterten Datenschema ergeben, zeigen also – wesentlich mehr noch als jene für Linieninfrastrukturen – die Vorzüge des überarbeiteten Schemas auch und gerade bezüglich der Visualisierung, die für die langfristige Akzeptanz des umgestalteten Datenschemas in der Community eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen. Denn je anspruchsvoller die Kartendarstellung auf der OSM-Website erscheint und je mehr Details und

Zusammenhänge auf ihr sichtbar sind, desto eher ist die Community bereit, das überarbeitete Schema in der praktischen Anwendung dem bisherigen vorzuziehen.

### **Zusammenfassung: Visualisierung von Infrastrukturelementen**

Im Bezug auf die nach dem modifizierten Datenschema modellierten Linieninfrastrukturen erlauben die Gestaltungsmöglichkeiten einer zukünftigen Visualisierung für die interaktive OSM-Web-Kartendarstellung nicht nur die Ergänzung bisher nicht dargestellter Elemente, sondern auch eine wesentlich differenziertere Visualisierung der unterschiedlichen Arten von Linieninfrastrukturen. Für die nach dem Modell für Punktinfrastrukturen gestalteten Halte ergeben sich vor allem Möglichkeiten für die Darstellung von Zusammenhängen bei Gesamthalten, die bislang auf der Web-Kartendarstellung fehlen. Dies ist der wesentliche Vorzug, den das überarbeitete gegenüber dem bisherigen Schema hinsichtlich der Visualisierung aufweist.

## VI.2 Visualisierung von Netzinformationen

Auf den Möglichkeiten für die künftige Darstellung von Geodaten, die Netzinformationen repräsentieren und nach dem angepassten und erweiterten Schema für Daten zum öffentlichen Personennahverkehr in OpenStreetMap modelliert sind, liegt der Schwerpunkt dieses Unterkapitels. Hierfür wird die bereits vorgestellte ÖPNV-Karte (s. Kap. III.1-C) als Visualisierungsbasis herangezogen und es werden Möglichkeiten diskutiert, wie die nach dem überarbeiteten Schema gestalteten Daten in Zukunft kartographisch anspruchsvoll in diese integriert werden können.

### A Visualisierung von Halten als Netzinformationen

Nicht nur im Hinblick auf ihre Verortung und damit auf ihren Orientierungsnutzen in der OSM-Web-Kartendarstellung (s. Kap. VI.1-B) sind Halte von Bedeutung, sondern auch bezüglich ihrer *netztechnischen Funktion* als Stationen der sie bedienenden Linien und als Bestandteile von Liniennetzen. Eine Visualisierung von Halten unter diesem Aspekt ist von großer Wichtigkeit, da die OSM-Beteiligten somit noch stärker zu einer bevorzugten Anwendung des überarbeiteten Datenschemas angeregt werden können. Für eine solche Visualisierung eignet sich eine spezialisierte ÖPNV-Kartendarstellung, da auf einer solchen die Zusammenhänge innerhalb von Gesamthalten noch besser verdeutlicht werden können als auf der Standard-Kartendarstellung der OSM-Website. Da sich die bereits vorgestellte *ÖPNV-Karte* innerhalb der Community einer sehr großen Beliebtheit erfreut und viele MapperInnen Netzinformationen gar nur deshalb erfassen, um diese anschließend auf der ÖPNV-Karte erblicken zu können, eignet sich die Karte als Visualisierungsbasis für die im Folgenden vorgestellten Konzepte zur Darstellung von Netzinformationen besonders gut. Außerdem besteht bei der kartographischen Gestaltung der ÖPNV-Karte noch Verbesserungspotenzial, welches durch die nach dem angepassten und erweiterten Schema modellierten Daten ausgeschöpft werden kann.

Die Darstellung von Halten auf der ÖPNV-Karte soll mit Ausnahme der beiden höchsten Zoomstufen identisch sein mit jener auf der OSM-Web-Kartendarstellung (s. Kap. VI.1-B). Auf den beiden höchsten Zoomstufen hingegen sollen die Gesamthalte zwar auch »aufgelöst« werden, um die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen zu verdeutlichen, jedoch soll zusätzlich der Bereich des Gesamthalts mit einer dezenten, sich dennoch gegen den Kartengrund deutlich abhebenden Flächengraphik kenntlich gemacht werden. Darüberhinaus sollen hier auch – anders als in der OSM-Web-Kartendarstellung – die Gesamthalt-Gruppen dargestellt werden, und zwar mittels einer Graphik für die Begrenzungslinien der entsprechenden Flächen (s. Abb. 6-12):

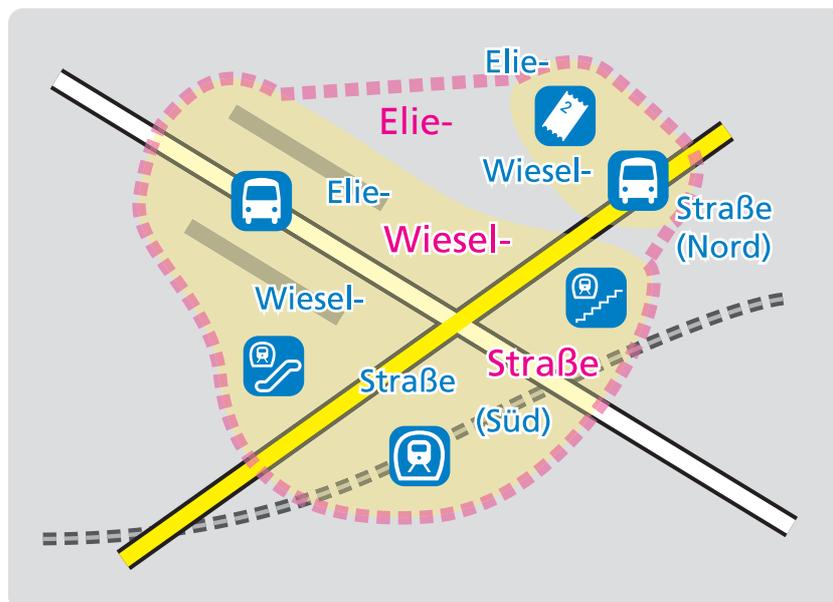


Abb. 6-12 Visualisierung einer Gesamthalt-Gruppe auf der ÖPNV-Karte

Bereits in einem vorherigen Kapitel wurden Möglichkeiten diskutiert für die externe Hinterlegung von lokalen Symbolen oder Logos zu Verkehrsverbänden oder dem ÖPNV in einer bestimmten Stadt und deren Verknüpfung mit der Karte (s. Kap. IV.1-C). Im Bezug auf Halte könnten solche Informationen dazu genutzt werden, statt der Standardsignaturen für Verkehrsmittel (s. Abb. 6-7) lokal oder regional gebräuchliche Symbole zu verwenden und statt der Signatur für transmodale Halte (s. Abb. 6-8) auf niedrigeren Zoomstufen beispielsweise das Logo des Verkehrsverbundes zu verwenden.

## B Visualisierung von Linien und Liniennetzen

Die nach dem überarbeiteten Schema gestalteten *Linien* der verschiedenen Verkehrsmittel im ÖPNV sollen bis einschließlich Zoomstufe 10 noch nicht sichtbar sein – mit Ausnahme von (Regional-)Bahnlinien und großen Personenfährlinien: Erstere sollen mit gelben Liniengraphiken gerendert werden, welche auf Grund ihrer Breite die darunterliegenden Infrastrukturelemente überdecken und über eine angemessene Transparenz verfügen sollen, sodass die Infrastrukturelemente sichtbar und auch weitestgehend differenzierbar bleiben; letztere hingegen sollen mit etwas schmälere Liniengraphiken visualisiert werden, die dunkelblau und opak sind. Für die Darstellung dieser Kartenelemente wird auf all jene Ways zurückgegriffen, die Mitglieder in Relationen sind, deren übergeordnete Relationen wiederum über eines der folgenden Attribute verfügen: `line=rail` oder `line=ferry`. Die letzten Ways in einer jeden Mitgliederliste werden dabei als Teil der Linie stets nur bis zu jenem Node dargestellt, der den Endhalt repräsentiert. Ab Zoomstufe 11 sollen dann zusätzlich die Linien der Verkehrsmittel S-Bahn, Stadtbahn und U-Bahn sichtbar werden, die mittels angemessen transparenter Liniengraphiken gerendert werden, deren Breite sich am jeweiligen Kartenzeichen für die Verkehrswege orientiert: orange Liniengraphiken für S-Bahn-, grüne für Stadtbahn- und braune für U-Bahnlinien. Einschienenbahn-, Straßenbahn- und (Oberleitungs-)Buslinien sollen ab der nächsten Zoomstufe dargestellt werden: lila Liniengraphiken für Einschienenbahnlinien, hellblaue für Straßenbahnlinien und rote für (Oberleitungs-)Buslinien. Ab der Zoomstufe 13 sollen dann für alle zuvor genannten Elemente Schriftauszeichnungen hinzukommen, und zwar die Linienbezeichnungen respektive -nummern als sich in regelmäßigen Abständen wiederholende Beschriftungen der Linienverläufe. Für diese sollen die Werte der Keys `ref` aller unterschiedlichen Linienrelationen herangezogen werden, deren untergeordnete Varianten einen betroffenen Linienabschnitt als Way umfassen. Deutlich wird dies an folgendem Beispiel (s. Abb. 6-13):

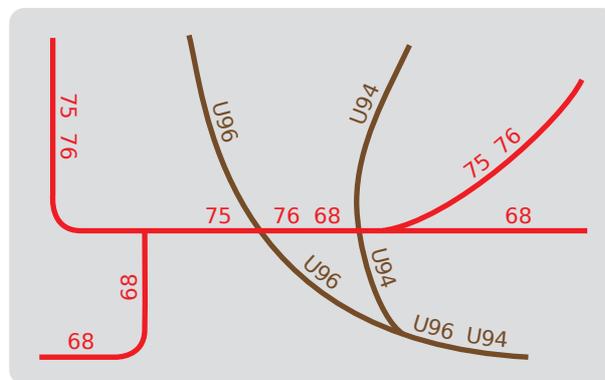


Abb. 6-13 Visualisierung von U-Bahn- und Buslinien auf der ÖPNV-Karte

Die folgenden beiden Zoomstufen sollen sich dadurch auszeichnen, dass auf ihnen Linienabschnitte besonders hervorgehoben werden, die erstens nur in einer Linie enthalten sind und die zweitens entweder nur auf dem Hin- oder nur auf dem Rückweg befahren werden (also als Ways nur in einer der beiden entsprechenden Linienvariantenrelationen enthalten sind). Dies soll mittels kleiner Pfeile geschehen, deren Richtung sich an der Reihenfolge der Ways in der Mitgliederliste der Relation orientiert (s. Abb. 6-14). Auf den beiden höchsten Zoomstufen schließlich soll zwischen abweichenden und Hauptlinienverläufen unterschieden werden: Erstere nämlich sollen strichliert gestaltet werden, sofern die betroffenen Abschnitte nicht auch von anderen Linien befahren werden (s. Abb. 6-14). Dasselbe soll für »Teleskoparme« gelten.

Abschließend bleibt noch anzumerken, dass die Signaturen der in Abschnitt A beschriebenen Halte stets auf einer höheren Darstellungsschicht als die Linien angeordnet werden sollen, sodass die Erfassung wichtiger Informationen nicht durch mangelnde Sichtbarkeit der betroffenen Kartenelemente behindert wird. Außerdem

sollen bei mehreren, sich überlagernden Linien unterschiedlicher Verkehrsmittel auf einem Linienabschnitt nicht einfach die Graphiken übereinander gezeichnet werden, sondern es soll jeweils deren Breite verringert werden, sodass sie nebeneinander verlaufend dieselbe Breite aufweisen wie eine separat dargestellte Linien-graphik (s. Abb. 6-14).

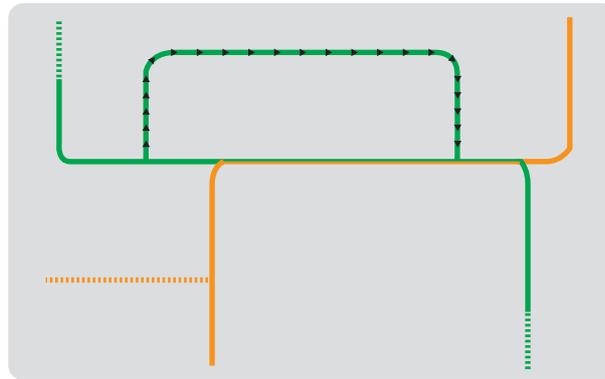


Abb. 6-14 Visualisierung von S- und Stadtbahnlinien auf der ÖPNV-Karte

Für die höchsten Zoomstufen der ÖPNV-Karte wäre ferner auch eine Option denkbar, die es ermöglicht, in einen »lokalen Modus« zu wechseln, in dem die Linien nicht pauschal nach Verkehrsmitteln differenziert werden. Vielmehr könnte sich deren Gestaltung dann an den Attributen `color=*` und `text_color=*` der Linien- bzw. Linienvariantenrelationen orientieren und somit eine auf die örtlichen Gegebenheiten angepasste Visualisierung ermöglichen.

Die Darstellung von Liniennetzen schließlich, das heißt von *Verkehrsverbänden*, soll bis einschließlich der Zoomstufe 10 vorgenommen werden. Dabei sollen jene Bereiche mit unterschiedlichen Flächenfarben starker Transparenz gefüllt werden, die jeweils einen Verkehrsverbund ausmachen. Diese Bereiche und damit auch deren Grenzen sind durch die Halte definiert, die als Mitglieder Teil von Verkehrsverbundrelationen sind. Mittels Schriftauszeichnungen sollen auch die Namen respektive Kürzel der Verbände angezeigt werden, und zwar jeweils in derselben Farbe wie der Verbund selbst – freilich ohne Transparenz.

### **Zusammenfassung: Visualisierung von Netzinformationen**

Als Basis für die zukünftige Visualisierung sowohl von Halten als Netzinformationen als auch von Linien soll die ÖPNV-Karte dienen, die sich als spezialisierte Web-Kartendarstellung großer Beliebtheit in der OSM-Community erfreut und sich deshalb als Grundlage für die Darstellung der nach dem angepassten Datenschema modellierten Netzinformationen sehr gut eignet. Die Gestaltungsmöglichkeiten, die sich dabei ergeben, erlauben bei den Halten eine noch deutlichere Herausstellung von Zusammenhängen bei Gesamthalten und Gesamthalt-Gruppen als in der Standard-Kartendarstellung der OSM-Website. Bei den Linien können zusätzlich zu den Haupt- auch abweichende Verläufe, Teleskoplinienverläufe und nur in einer Richtung befahrene Linienabschnitte kartographisch ansprechend visualisiert werden.

## VII. Schlussbetrachtung

### VII.1 Zusammenfassung und Fazit

Obwohl keine allgemeingültige Definition des *öffentlichen Personennahverkehrs* existiert und somit keine international einheitliche Abgrenzung dieses Begriffs möglich ist, zeichnen den ÖPNV stets einige wichtige Merkmale aus, darunter die Gewährleistung einer Mobilitätsgrundversorgung, die Eignung als Massentransportsystem und eine Reihe von gemeinwirtschaftlichen Pflichten. Für die Umsetzung des ÖPNV werden linienhafte (z.B. Straßen und Schienenwege) und punkthafte Verkehrsinfrastrukturen (z.B. Bushaltestellen und Bahnhöfe) sowie Verkehrsmittel (z.B. Busse, Taxis, U-Bahnen und Personenfähren) benötigt. Betrieben wird der ÖPNV in aller Regel im Linienverkehr, das heißt fahrplanmäßig auf festgelegten Routen im Verkehrsnetz. Dabei bilden die Linien gemeinsam mit den Liniennetzen (z.B. Verkehrsverbänden), denen sie angehören, die Netzinformationen des ÖPNV. Die wichtigsten Standards für die Modellierung und den Austausch von Daten im ÖPNV sind das europäische Referenzmodell Transmodel und die auf diesem basierenden britischen Standards NaPTAN und IFOPT – beides Modelle für die Abbildung von Verkehrsinfrastrukturen. In der Kartographie widmen sich Karten zum ÖPNV entweder der Verkehrsanalyse oder der Planung und Orientierung, wobei hier die Liniennetzpläne als häufigste Erscheinungsform der ÖPNV-Karten von herausragender Bedeutung sind.

*OpenStreetMap* ist ein Projekt zur Gewinnung und Bereitstellung frei nutzbarer Geodaten, die von der OSM-Community, das heißt den am Projekt aktiv Beteiligten, erfasst, nachbearbeitet und in einer zentralen PostgreSQL/PostGIS-Datenbank gespeichert werden. Die OSM-Geodaten basieren auf einem topologischen Datenmodell, nach dem ein Datenobjekt hinsichtlich seiner Geometrie entweder ein Node (Stützpunkt), ein Way (aus mehreren Nodes bestehende Linie oder Fläche) oder eine Relation (zur Modellierung von Topologien) sein kann. Die thematischen Attribute der Datenobjekte werden jeweils durch ein oder mehrere Tags beschrieben, die stets aus einem Key und einem dazugehörigen Wert bestehen. Kommuniziert wird innerhalb des OSM-Projekts vorwiegend über Mailinglisten und die Dokumentation findet in einem Wiki statt. Im Hinblick auf den ÖPNV existieren innerhalb der Community – insbesondere in Form von Wiki-Unterprojekten – einige Schwerpunkte. Auch gibt es zahlreiche MitgliederInnen, die sich mit der Integration und Modellierung des ÖPNV in OSM aktiv befassen.

Das *bisherige Schema* für die Modellierung von ÖPNV-Infrastrukturelementen und -Netzinformationen in OSM, welches einer umfassenden *Bestandsanalyse* unterzogen wurde, bedarf an vielen Stellen einer Anpassung oder Erweiterung. So sind bei den Linieninfrastrukturen unterschiedliche Schienenwege und Bahnkörper häufig noch nicht einheitlich und klar voneinander abgegrenzt und bei den Punktinfrastrukturen fehlt bisher die Möglichkeit zur zusammenhängenden, vereinheitlichenden und detailreichen Gestaltung von Halten sowie zur Erfassung von Umsteigebeziehungen. Bei den Netzinformationen findet noch keine klare Differenzierung der Linien unterschiedlicher Verkehrsmittel statt und es fehlt ein grundlegendes Modell für die Gestaltung sowohl einfacher als auch komplexer Linienverläufe. Zudem wird nicht zwischen Strecken (die mehrere Schienenwege oder Bahnkörper miteinander verknüpfen) und Linien schienenbezogener Verkehrsmittel unterschieden. Ferner sind Infrastrukturelemente und Netzinformationen in sehr vielen Bereichen oftmals miteinander vermengt, obwohl deren saubere Trennung von großer Bedeutung ist.

Die *Anpassung und Erweiterung des ÖPNV-Schemas*, die auf der Grundlage der Bestandsanalyse vorgenommen und für die zukünftige Anwendung in OSM konkret formuliert wurde, sieht für den Bereich der Linieninfrastrukturen einen Entscheidungsgraphen vor, der die MapperInnen fortan bei der Abgrenzung und Identifizierung unterschiedlicher Schienenwege und Bahnkörper unterstützt. Bei den Punktinfrastrukturen wird ein dreistufiges Modell eingeführt, welches die Erfassung nahezu aller Arten von Halten sowie vor allem auch von Umsteigebeziehungen ermöglicht und hierfür aus vier Komponenten besteht: Haltepositionen und Zugangsstellen werden als Mitglieder in Relationen für Gesamthalte und diese wiederum optional in übergeordneten Relationen für Gesamthalt-Gruppen zusammengefasst. Hinsichtlich der Netzinformationen ermöglicht künftig ein aus fünf Komponenten bestehendes, dreistufiges Modell die Unterscheidung von verschiedenen Linien sowie eine klar strukturierte Erfassung sowohl einfacher als auch komplexer Linienverläufe: Haltepositionen, Zugangsstellen und Verkehrswege werden als Mitglieder in Relationen für Linienvarianten

(jeweils eine für den Hin- und Rückweg einer Linie sowie für abweichende Verläufe) aufgenommen, die wiederum in einer übergeordneten Relation für die Linie zusammengefasst werden. Außerdem kann fortan zwischen Strecken einerseits und Linien andererseits auf Grund der Einführung von speziellen Streckenrelationen unterschieden werden.

Um die *Community* in die Anpassung und Erweiterung des ÖPNV-Schemas *einzu beziehen*, wurde zunächst ein Workshop mit einigen Community-Mitgliedern durchgeführt, in dessen Verlauf über das bis dahin vorhandene Konzept diskutiert wurde. Anschließend wurde das Konzept auf der Grundlage der Workshop-Ergebnisse überarbeitet und im OSM-Wiki zusammenfassend dokumentiert. Hiernach wurde das Konzept für die Anpassung und Erweiterung des ÖPNV-Schemas über Mailinglisten in der gesamten Community bekannt gemacht und somit eine wichtige Legitimationsbasis geschaffen für dessen testweise Anwendung auf verschiedene Beispielbereiche in den OSM-Daten, da die Community das Datenschema nunmehr vollständig einsehen, über dieses diskutieren und somit Einfluss auf dieses nehmen konnte. Die testweise *Erprobung des ÖPNV-Schemas* am zentralen OSM-Datenbestand diente hauptsächlich der Überprüfung der praktischen Umsetzbarkeit des Schemas. Dabei wurde zunächst der Entscheidungsgraph getestet und für geeignet und zielführend befunden. Hernach wurden zahlreiche Elemente gemäß dem Modell für die Gestaltung von Halten erfasst, wobei sich dieses sowohl bei einfachen als auch bei komplexen Halten und Umsteigebeziehungen als gut umsetzbar und leicht handhabbar erwies. Das Modell für die Gestaltung von Linien schließlich stellte sich ebenfalls als geeignet heraus, und zwar sowohl für einfache als auch für komplexe Linienverläufe, wobei sich einzig der recht hohe Aufwand bei der Modellierung der zuweilen großen Anzahl an Relationen als Nachteil erwies.

Die zukünftige *Visualisierung des angepassten und erweiterten ÖPNV-Schemas*, die ebenfalls im Rahmen der vorliegenden Arbeit beleuchtet wurde, erlaubt bezüglich der Linieninfrastrukturen vor allem eine wesentlich differenziertere Darstellung der unterschiedlichen Arten von Linieninfrastrukturen. Hinsichtlich der Punktinfrastrukturen wird die Visualisierung von Zusammenhängen möglich, die bislang auf der Web-Kartendarstellung fehlt. Ebenfalls viele graphische Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich aus dem überarbeiteten Schema für Netzinformationen, deren Integration in eine spezielle ÖPNV-Web-Kartendarstellung untersucht wurde, die sich in der OSM-Community großer Beliebtheit erfreut: Bei Halten können hier Zusammenhänge sehr gut hervorgehoben werden und im Bezug auf Linien können neben Haupt- auch abweichende Verläufe oder nur in einer Richtung befahrene Linienabschnitte adäquat dargestellt werden.

Um die Community zur Benutzung des angepassten Datenschemas anzuregen und somit eine fortschreitende Ablösung des bisher verwendeten Schemas zu erreichen, wurde das bestehende, Web-basierte *Software-Tool OSM-Inspector* für die Visualisierung und Qualitätssicherung von OSM-Daten *um ÖPNV-Funktionalitäten erweitert*, die es der Community ermöglichen, nach dem geänderten Schema modellierte Daten darzustellen und Fehler oder Mängel in diesen zu erkennen. Die ÖPNV-Funktionalitäten sind dabei auf fünf Ansichten (Schieneninfrastrukturen, sonstige Infrastrukturen, Halte, Linien und Netze sowie Personenfähren) verteilt und jeweils sinnvoll in mehreren Darstellungsschichten organisiert, die entweder der reinen Datenansicht, der Warnung vor möglichen Fehlern oder der Anzeige offensichtlicher Fehler dienen. Die für die Implementierung der neuen Funktionalitäten notwendigen Schritte bestanden in der Zusammenstellung speziell aufbereiteter PostgreSQL/PostGIS-Datenbanktabellen und der Erstellung mehrerer MapServer-Konfigurationsdateien für die Kartengraphik und die Organisation der unterschiedlichen Ansichten und Darstellungsschichten.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Schnittmenge zwischen OpenStreetMap einerseits und Geodaten eines definierten, abgegrenzten Themengebiets andererseits – nämlich des öffentlichen Personennahverkehrs – hinsichtlich der Datenmodellierung und -integration umfassend analysiert. Auf dieser Basis wurde anschließend eine verbesserte Form der Datenmodellierung und -integration für die Zukunft konzipiert. Außerdem wurde aufgezeigt, welche Schritte im Einzelnen für eine solche Vorgehensweise notwendig sind und wie ein überarbeitetes Datenschema in der Community etabliert werden kann.

Das maßgebliche *Ziel* der vorliegenden Arbeit war es, die OSM-Community zur einheitlicheren und vollständigeren Erfassung sowie wirksameren Modellierung von Geodaten zu motivieren, die einen Bezug zum ÖPNV aufweisen. Es stellte sich heraus, dass dieses Ziel nur erreicht werden konnte, indem die Community ein großes Stück weit in die Gestaltung des angepassten und erweiterten ÖPNV-Datenschemas einbezogen wurde. Denn dadurch konnte den Community-MitgliederInnen nicht nur das Gefühl vermittelt werden, aktiv und maßgeblich an dieser Gestaltung beteiligt zu sein, sondern sie konnten tatsächlich auch für eine

überaus konstruktive Mitarbeit gewonnen werden mit der Konsequenz, dass das Schema von der Community weitgehend akzeptiert wurde. Dies war vor allem für die Erprobung des Schemas am zentralen OSM-Datenbestand von Bedeutung, da die dabei vorgenommenen Änderungen von der Community eingeordnet und nachvollzogen werden konnten – Änderungen ohne vorherige Bekanntmachung des Schemas innerhalb der Community hätten hingegen wenig Anklang gefunden.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass das konzipierte Modellierungsschema auf eine positive Resonanz stößt und infolgedessen von weiten Teilen der Community akzeptiert wird. Auch bewährt es sich in der Praxis und wird an immer mehr Stellen durch immer mehr Community-MitgliederInnen angewendet, wobei dies zum Teil auch auf die Bereitstellung der neuen ÖPNV-Funktionalitäten des OSM Inspectors zurückzuführen ist.

## VII.2 Offene Fragen und Ausblick

Die zentralen Fragen, die sich aus den Vorüberlegungen zur Gesamtthematik ergaben und die im Rahmen der Einleitung gestellt wurden (s. Kap. I), konnten zwar überwiegend zufriedenstellend beantwortet werden. Allerdings blieben auch einige Aspekte unklar respektive wurden dabei manche Dinge nur angerissen, weshalb im Bezug auf die eine oder andere Problemstellung künftig nach umfassenderen Lösungen zu suchen ist. So blieb etwa jener Teil des überarbeiteten Schemas, der sich auf Schieneninfrastrukturen bezieht, in vielen Bereichen etwas oberflächlich – ein Aspekt, welcher auch und gerade von jenen Community-MitgliederInnen kritisiert wurde, die sich intensiv mit dem schienenbezogenen Verkehr im Allgemeinen (und dem Eisenbahnverkehr im Speziellen) auseinandersetzen. Hier sollte künftig in Gemeinschaftsarbeit ein Teilschema entstehen, das alle Aspekte dieses Themengebiets berücksichtigt, das heißt auch Weichen, Signale und ähnliche Elemente einbezieht. Dies sollte jedoch nicht zu einem für die »normalen« MapperInnen nicht mehr nachvollziehbaren und unüberschaubaren Modell führen, sondern es sollte dabei stets eine größtmögliche Einfachheit bewahrt werden, die bei Bedarf zu einer detailreichen Komplexität ausgedehnt werden kann. Ein weiterer Aspekt, der noch offen bleibt, ist der hohe Aufwand bei der Modellierung von Linien, der hier nicht auf ein geringes Maß reduziert werden konnte, ohne dabei die Komplexität des Gestaltungsmodells für Linien zu erhöhen oder dessen Einfachheit und Nachvollziehbarkeit zu gefährden. Der Modellierungsaufwand könnte in Zukunft verringert werden durch eine entsprechende Anpassung der bestehenden OSM-Bearbeitungstools oder aber durch die nochmalige Überarbeitung des Gestaltungsmodells für Linien, obwohl dies zweifelsohne der wesentlich aufwendigere und nicht zwangsläufig effektivere Weg wäre.

Angesichts der positiven Zusammenarbeit mit der Community sowie der weitgehenden Akzeptanz und der anlaufenden Umsetzung des überarbeiteten ÖPNV-Datenschemas bleibt abzuwarten, ob sich die vorgenommenen Änderungen auch langfristig durchsetzen und in welchem Maße sie zu einer vollständigeren Erfassung der entsprechenden Geodaten beitragen werden.

Zukünftige Arbeiten, die an die vorliegende Diplomarbeit anschließen, finden hierfür einige geeignete Schnittstellen vor. So könnte etwa das Thema Visualisierung aufgegriffen werden und eine Darstellungsvorschrift für ein Rendering-System entworfen und implementiert werden, die das angepasste und erweiterte ÖPNV-Datenschema in allen Einzelheiten berücksichtigt. Auch könnte untersucht werden, inwieweit sich die nach dem konzipierten Schema modellierten Netzinformationen für die automatische Generierung von Liniennetzplänen eignen. Ferner stellt auch die Verknüpfung der in OSM vorhandenen Netzinformationen mit externen Schnittstellen ein interessantes Thema für die Zukunft dar, weil die Möglichkeiten für die Realisierung einer solchen Verknüpfung hier nur grob umrissen werden konnten.

## Literaturverzeichnis

ADLER, Gerhard [Hrsg.] (1990):

*Lexikon der Eisenbahn*. 8. Aufl. Berlin, Hauptstadt der DDR : Transpress

AMMOSER, Hendrik ; HOPPE, Mirko (2006):

Glossar Verkehrswesen und Verkehrswissenschaften : Definitionen und Erläuterungen zu Begriffen des Transport- und Nachrichtenwesens. In: INSTITUT FÜR WIRTSCHAFT UND VERKEHR [Hrsg.]: *Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Wirtschaft und Verkehr*. Dresden : Technische Universität Dresden, Fakultät für Verkehrswissenschaften, S. 1–45

ARNBERGER, Erik (1966):

*Handbuch der thematischen Kartographie*. Wien : Deuticke

ARNBERGER, Erik (1976):

*Thematische Kartographie : Mit einer Kurzeinführung über EDV-unterstützte Kartographie und Quellen der Fernerkundung*. 4. Aufl. Braunschweig : Westermann (Das Geographische Seminar)

BARTELME, Norbert (2005):

*Geoinformatik : Modelle, Strukturen, Funktionen*. 4. Aufl. Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer

BILL, Ralf ; ZEHNER, Marco (2001):

*Lexikon der Geoinformatik*. Heidelberg : Wichmann

BÖLKE, Michael (2006):

Anspruchsvolle Umweltstandards im ÖPNV fördern durch Wettbewerb und eine Reform der Finanzierung : Ein Beitrag auf dem Weg zu einer nachhaltigen Mobilität. In: INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG [Hrsg.]: *Öffentlicher Personennahverkehr : Herausforderungen und Chancen*. Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer, S. 39–56

BOLLMANN, Jürgen ; KOCH, Wolf Günther [Hrsg.] (2001 / 02):

*Lexikon der Kartographie und Geomatik*. 2 Bde. Berlin ; Heidelberg : Spektrum

BRUNNER, Kurt ; GÜNZEL, Britta (1988):

Eisenbahnstreckenkarten und ihre Darstellungsmethoden. In: *Kartographische Nachrichten* 38, Nr. 1, S. 17–22

DANOWSKI, Patrick ; VOSS, Jakob (2005):

Das Wissen der Welt : Die Wikipedia. In: LUTTERBECK, Bernd ; BÄRWOLFF, Matthias ; GEHRING, Robert [Hrsg.]: *Open Source Jahrbuch 2007 : Zwischen freier Software und Gesellschaftsmodell*. Berlin : Lehmanns, S. 393–405

DROSTE, Manfred (1976):

Probleme und Engpässe im Nahverkehr. In: DETTMERING, Wilhelm [Hrsg.]: *Der Nahverkehr – Probleme und Lösungsansätze : Planung und Realisation von Nahverkehrssystemen als Aufgabe interdisziplinärer Forschung und Entwicklung*. Essen : Girardet (Girardet-Taschenbücher 28), S. 9–32

EBERSBACH, Anja ; GLASER, Markus ; HEIGL, Richard [Hrsg.] (2008):

*Social Web*. Konstanz : Universitätsverlag

ECKERT, Max (1921 / 25):

*Die Kartenwissenschaft : Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft*. 2 Bde. Leipzig ; Berlin : de Gruyter

- EIDENBERGER, Markus ; ORTNER, Andreas (2007):  
 Kreativität in Fesseln : Wie Urheberrecht Kreativität behindert und doch mit seinen eigenen Waffen geschlagen werden kann. In: DOBUSCH, Leonhard ; FORSTERLEITNER, Christian [Hrsg.]: *Freie Netze, freies Wissen : Ein Beitrag zum Kulturhauptstadtjahr Linz 2009*. Wien : Echomedia, S. 41 – 72
- EIGNER, Christian (2003):  
*Online-Communities, Weblogs und die soziale Rückeroberung des Netzes*. Graz : Nausner und Nausner
- FAIRHURST, Richard (2008):  
 The Licence : Where We Are, Where We're Going. In: *OpenGeoData*. 7. Januar 2008. URL <http://www.opengeodata.org/?p=262> (15. März 2009)
- FOCHLER-HAUKE, Gustav (1976):  
*Verkehrsgeographie*. 4. Aufl. Braunschweig : Westermann (Das Geographische Seminar)
- FREITAG, Ulrich (1966):  
*Verkehrskarten : Systematik und Methodik der kartographischen Darstellungen des Verkehrs mit Beispielen zur Verkehrsgeographie des mittleren Hessen*. Gießen : Schmitz (Gießener Geographische Schriften 8)
- GARLAND, Ken (2003):  
*Mr Beck's Underground Map*. 3. Aufl. London : Capital Transport
- GENNICK, Jonathan (2004):  
*SQL : kurz & gut*. Cambridge ; Farnham ; Köln ; Paris ; Peking ; Sewastopol ; Taipeh ; Tokio : O'Reilly
- GLIßMEYER, Hans [Hrsg.] (1985):  
*Stadtverkehr*. Berlin, Hauptstadt der DDR : Transpress
- GTFS (2008):  
 Google Transit Feed Specification. In: *Google Code*. 26. Februar 2008. URL [http://code.google.com/intl/de/transit/spec/transit\\_feed\\_specification.html](http://code.google.com/intl/de/transit/spec/transit_feed_specification.html) (18. März 2009)
- HACKH, Federico (1955):  
*Der Personen-Nahverkehr : Begriffe, Formen, Mittel und ihn beeinflussende Faktoren*. Winterthur : Keller
- HAKE, Günter ; GRÜNREICH, Dietmar ; MENG, Liqiu (2002):  
*Kartographie : Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. 8. Aufl. Berlin ; New York : de Gruyter (de Gruyter Lehrbuch)
- HICKMAN, Mark [Hrsg.] (2008):  
*Computer-aided Systems in Public Transport*. Berlin ; Heidelberg : Springer (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems)
- IFOPT (2008)  
 FixedObject Schemas and Downloads. In: *National Public Transport Access Node Database*. 30. Dezember 2008. URL <http://www.naptan.org.uk/ifo> (18. März 2009)
- IHDE, Gösta (2001):  
*Transport, Verkehr, Logistik : Gesamtwirtschaftliche Aspekte und einzelwirtschaftliche Handhabung*. 3. Aufl. München : Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften)
- KEMP, Karen [Hrsg.] (2008):  
*Encyclopedia of Geographic Information Science*. London ; Thousand Oaks : Sage

KNIEPS, Manfred (2006):

Vielfalt von Kooperationsformen Organisation der Verkehrsverbände : Überblick über die Struktur der Aufgabenträgerverbände in Deutschland. In: *Der Nahverkehr* 24, Nr. 12, S.7–14

KÖBERLEIN, Christian (1997):

*Verkehrsllexikon*. München ; Wien : Oldenbourg

MANTZ, Reto (2007):

Open Source, Open Content und Open Access : Gemeinsamkeiten und Unterschiede. In: LUTTERBECK, Bernd ; BÄRWOLFF, Matthias ; GEHRING, Robert [Hrsg.]: *Open Source Jahrbuch 2007 : Zwischen freier Software und Gesellschaftsmodell*. Berlin : Lehmanns, S.413–426

MEINE, Karl-Heinz (1967):

*Darstellung verkehrsgeographischer Sachverhalte : Ein Beitrag zur thematischen Verkehrskartographie*. Bad Godesberg : Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung (Forschungen zur deutschen Landeskunde 136)

MITCHELL, Tyler (2008):

*Web-Mapping mit Open Source-GIS-Tools*. Cambridge ; Farnham ; Köln ; Paris ; Peking ; Sewastopol ; Taipeh ; Tokio : O'Reilly

MÖLLER, Erik (2006):

Freiheit mit Fallstricken : Creative-Commons-NC-Lizenzen und ihre Folgen. In: LUTTERBECK, Bernd ; BÄRWOLFF, Matthias ; GEHRING, Robert [Hrsg.]: *Open Source Jahrbuch 2006 : Zwischen freier Software und Gesellschaftsmodell*. Berlin : Lehmanns, S.271–282

NaPTAN (2008)

NaPTAN Home. In: *National Public Transport Access Node Database*. 25. September 2008. URL <http://www.naptan.org.uk> (18. März 2009)

NUHN, Helmut ; HESSE, Markus (2006):

*Verkehrsgeographie*. München ; Paderborn ; Wien ; Zürich : Schöningh (Uni-Taschenbücher 2687) (Grundriss Allgemeine Geographie)

OGRISSEK, Rudi [Hrsg.] (1983):

*ABC Kartenkunde*. Frankfurt am Main ; Thun : Deutsch

OSM (2008a)

Aerialway. In: *OpenStreetMap*. 15. September 2008. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Aerialway> (22. März 2009)

OSM (2008b)

DE:Mapping/Features/Eisenbahn. In: *OpenStreetMap*. 11. September 2008. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Mapping/Features/Eisenbahn> (25. März 2009)

OSM (2008c)

Maplint. In: *OpenStreetMap*. 28. November 2008. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Maplint> (17. April 2009)

OSM (2008d)

OSM Inspector. In: *OpenStreetMap*. 25. Dezember 2008. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM\\_Inspector](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_Inspector) (18. März 2009)

OSM (2008e)

Proposed features / Funicular railway. In: *OpenStreetMap*. 20. Juli 2008. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed\\_features/Funicular\\_railway](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/Funicular_railway) (22. März 2009)

OSM (2008f)

Relations/Relations are not Categories. In: *OpenStreetMap*. 20. Dezember 2008. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Relations/Relations\\_are\\_not\\_Categories](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Relations/Relations_are_not_Categories) (23. März 2009)

OSM (2008g)

Sofia. In: *OpenStreetMap*. 16. Dezember 2008. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Sofia> (20. März 2009)

OSM (2008h)

Tag: highway = bus\_guideway. In: *OpenStreetMap*. 17. Dezember 2008. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:highway=bus\\_guideway](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:highway=bus_guideway) (21. März 2009)

OSM (2008i)

WikiProject Germany / Workshops / Linienbündel. In: *OpenStreetMap*. 4. Dezember 2008. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject\\_Germany/Workshops/Linienbündel](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Germany/Workshops/Linienbündel) (21. März 2009)

OSM (2009a)

DE talk:Key:railway. In: *OpenStreetMap*. 18. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE\\_talk:Key:railway](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE_talk:Key:railway) (25. März 2009)

OSM (2009b)

Import / Catalogue / Japan KSJ2 Import / Railway. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Import/Catalogue/Japan\\_KSJ2\\_Import/Railway](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Import/Catalogue/Japan_KSJ2_Import/Railway) (17. März 2009)

OSM (2009c)

Key:railway. In: *OpenStreetMap*. 23. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:railway> (23. März 2009)

OSM (2009d)

NaPTAN. In: *OpenStreetMap*. 12. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/NaPTAN> (17. März 2009)

OSM (2009e)

NaPTAN / Tag mappings. In: *OpenStreetMap*. 15. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/NaPTAN/Tag\\_mappings](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/NaPTAN/Tag_mappings) (21. März 2009)

OSM (2009f)

Open Rail Map. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Open\\_Rail\\_Map](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Open_Rail_Map) (17. März 2009)

OSM (2009g)

Proposed features / lane and lane group. In: *OpenStreetMap*. 15. Januar 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed\\_features/lane\\_and\\_lane\\_group](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/lane_and_lane_group) (20. März 2009)

OSM (2009h)

Proposed features / Multiple Tracks. In: *OpenStreetMap*. 23. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed\\_features/Multiple\\_Tracks](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/Multiple_Tracks) (23. März 2009)

OSM (2009i)

Proposed features/Railway. In: *OpenStreetMap*. 9. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed\\_features/Railway](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/Railway) (23. März 2009)

OSM (2009j)

Proposed features/unified stoparea. In: *OpenStreetMap*. 9. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed\\_features/unified\\_stoparea](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Proposed_features/unified_stoparea) (21. März 2009)

OSM (2009k)

QROTI. In: *OpenStreetMap*. 11. Januar 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/QROTI> (17. März 2009)

OSM (2009l)

Tag: amenity=bicycle\_rental. In: *OpenStreetMap*. 15. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=bicycle\\_rental](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=bicycle_rental) (22. März 2009)

OSM (2009m)

Tag: amenity=bus\_station. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=bus\\_station](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=bus_station) (21. März 2009)

OSM (2009n)

Tag: amenity=car\_rental. In: *OpenStreetMap*. 24. Januar 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=car\\_rental](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=car_rental) (22. März 2009)

OSM (2009o)

Tag: amenity=car\_sharing. In: *OpenStreetMap*. 24. Januar 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=car\\_sharing](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=car_sharing) (22. März 2009)

OSM (2009p)

Tag: amenity=ferry\_terminal. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=ferry\\_terminal](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=ferry_terminal) (22. März 2009)

OSM (2009q)

Tag: amenity=taxi. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:amenity=taxi> (22. März 2009)

OSM (2009r)

Tag: highway=bus\_stop. In: *OpenStreetMap*. 9. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:highway=bus\\_stop](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:highway=bus_stop) (21. März 2009)

OSM (2009s)

Tag: railway=platform. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:railway=platform> (24. März 2009)

OSM (2009t)

Tag: railway=station. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:railway=station> (23. März 2009)

OSM (2009u)

Tag: railway=subway\_entrance. In: *OpenStreetMap*. 9. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:railway=subway\\_entrance](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:railway=subway_entrance) (26. März 2009)

OSM (2009v)

Tag: railway=tram. In: *OpenStreetMap*. 9. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:railway=tram> (26. März 2009)

OSM (2009w)

Tag: railway=tram stop. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tram\\_stop](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tram_stop) (26. März 2009)

OSM (2009x)

Tag: route=ferry. In: *OpenStreetMap*. 6. März 2009. URL <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag:route=ferry> (22. März 2009)

OSM (2009y)

WikiProject Belgium/Railways. In: *OpenStreetMap*. 8. März 2009. URL [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject\\_Belgium/Railways](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Belgium/Railways) (18. März 2009)

PROCEED MEDIA (2004):

About QROTI. In: *QROTI*. 2004. URL <http://qroti.com/about> (17. März 2009)

RAMM, Frederik ; TOPF, Jochen (2009):

*OpenStreetMap : Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten*. 2. Aufl. Berlin : Lehmanns

RISCH, Curt ; LADEMANN, Friedrich [Hrsg.] (1957):

*Der öffentliche Personennahverkehr*. Berlin ; Göttingen ; Heidelberg : Springer

RÜGER, Siegfried [Hrsg.] (1978):

*Transporttechnologie städtischer öffentlicher Personenverkehr*. 2. Aufl. Berlin, Hauptstadt der DDR : Transpress

TRANSMODEL (2001):

Presentation of Transmodel (short and long). In: *Transmodel*. Juni 2001. URL <http://www.transmodel.org/en/transmodel/PRESTRANS.HTM#short> (19. März 2009)

TRANSXCHANGE (2009):

TransXChange Home. In: *TransXChange (Transport Exchange) Standard*. 6. Februar 2009. URL <http://www.transxchange.org.uk> (18. März 2009)

VDV [Hrsg.] (1992):

*Das Fachwort im Verkehr : Betriebs- und verkehrswirtschaftliche, wirtschafts- und steuerrechtliche Grundbegriffe des öffentlichen Personennahverkehrs*. Düsseldorf : Alba

VDV [Hrsg.] (2000):

*Stadtbahnen in Deutschland : Innovativ – flexibel – attraktiv*. Düsseldorf : Alba

WIKIPEDIA (2008):

Internationale Bahnhofsnummer. In: *Wikipedia : Die freie Enzyklopädie*. 14. August 2008. URL [http://de.wikipedia.org/wiki/Internationale\\_Bahnhofsnummer](http://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Bahnhofsnummer) (18. März 2009)

WILHELMY, Herbert (1996):

*Kartographie in Stichworten*. 6. Aufl. Kiel : Hirt (Hirts Stichwortbücher)

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche stets kenntlich gemacht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Karlsruhe, den 1. Juli 2009

(Sebastian Schwarz)



Abb. A-1 Bus in Waldhäuser (Lizenz: Public Domain)



Abb. A-2 Oberleitungsbus in Minsk (Lizenz: Public Domain)



Abb. A-3 Spurbus in Mannheim (Autor: LosHawlos; Lizenz: GFDL)



Abb. A-4 Taxi in New York City (Lizenz: Public Domain)



Abb. A-5 Regionalbahn in Moers (Lizenz: Public Domain)



Abb. A-6 S-Bahn bei Zürich (Lizenz: Public Domain)



Abb. A-7 Stadtbahn in Edmonton (Lizenz: Public Domain)



Abb. A-8 U-Bahn in Mexiko-Stadt (Lizenz: Public Domain)



**Abb. A-9** Hängebahn in Dortmund  
(Autor: Mbdortmund; Lizenz: GFDL)



**Abb. A-10** Magnetschwebebahn in Shanghai  
(Autor: Liftarn; Lizenz: CC-BY 2.5)



**Abb. A-11** Einschienbahn in Tokio (Lizenz: Public Domain)



**Abb. A-12** Tram in Birmingham (Lizenz: Public Domain)



**Abb. A-13** Personenfähre in Bingen am Rhein  
(Autor: Duhon; Lizenz: CC-BY 2.5)

Linieninfrastrukturen	Punktinfrastrukturen	Netzinformationen	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Busfahrwege</li> <li>Oberleitungsbusfahrwege</li> <li>Spurbusfahrwege</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bushaltestellen</li> <li>Busbahnhöfe</li> <li>Oberleitungsbushaltestellen</li> <li>Oberleitungsbusbahnhöfe</li> <li>Taxistände</li> <li>Taxirufsäulen</li> <li>Rikschastände</li> <li>Mietfahrzeug-Einrichtungen</li> <li>Carsharing-Einrichtungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buslinien</li> <li>Oberleitungsbuslinien</li> <li>ÖPNV-Sonderformen</li> </ul>	<b>Straße</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eisenbahnschienenwege</li> <li>Stadtbahnkörper</li> <li>Stadtschnellbahnkörper</li> <li>Straßenbahnkörper</li> <li>Standseilbahnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eisenbahnhaltepunkte</li> <li>Bahnhöfe</li> <li>Stadtbahnhaltestellen</li> <li>Stadtbahnhöfe</li> <li>S-Bahn-Haltepunkte</li> <li>S-Bahnhöfe</li> <li>Stadtschnellbahnhaltestellen</li> <li>Stadtschnellbahnhöfe</li> <li>Straßenbahnhaltestellen</li> <li>Straßenbahnhöfe</li> <li>Standseilbahnstationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Regional-)Bahnlinien</li> <li>Stadtbahnlinien</li> <li>S-Bahnlinien</li> <li>Stadtschnellbahnlinien</li> <li>Straßenbahnlinien</li> </ul>	<b>Schiene</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fahrwasser für Personenfähren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personenfähren-Anlegestellen</li> <li>Wassertaxistände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personenfährlinien</li> </ul>	<b>Wasser</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>öffentliche Fahrsteige</li> <li>öffentliche Fahrtreppen</li> <li>Luftseilbahnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>öffentliche Personenaufzüge</li> <li>Luftseilbahnstationen</li> </ul>		<b>sonstige</b>

Abb. B-1 Entitätsklassen des öffentlichen Personennahverkehrs in OpenStreetMap



**Abb. C-1** Eisenbahnschienenweg für Ausflugs-, Modell- und touristische Bahnen (Autor: Michael Bienick; Lizenz: GFDL)



**Abb. C-2** Eisenbahnschienenweg für Industrie-, Minen- und Werksbahnen (Lizenz: Public Domain)



**Abb. C-3** Besonderer Bahnkörper für Stadtbahnen (Lizenz: Public Domain)



**Abb. C-4** Eisenbahnschienenweg – Hauptbahn (Lizenz: Public Domain)



**Abb. C-5** Eisenbahnschienenweg – Nebenbahn (Autor: Mde; Lizenz: CC-BY-SA 3.0)



**Abb. C-6** Straßenbündiger Bahnkörper (Autor: Ikar.us; Lizenz: CC-BY 2.0)



**Abb. C-7** Unabhängiger Bahnkörper für Einschienenbahnen (Lizenz: Public Domain)



**Abb. C-8** Besonderer Bahnkörper für Straßenbahnen (Lizenz: Public Domain)



**Abb. C-9** Unabhängiger Bahnkörper für U-Bahnen – unterirdisch  
(Autor: Downtowngal; Lizenz: CC-BY-SA 3.0)



**Abb. C-10** Unabhängiger Bahnkörper für U-Bahnen – oberirdisch  
(Autor: Daniel Schwen; Lizenz: CC-BY-SA 2.5)