

Fußgängerbezogene Datenaufbereitung in OpenStreetMap

Robert Bieber, Patrick Gerlach, Randolph Klinke, Katharina Scheibner, Michael Schulze, Sascha Ziegler, Mario Kluge (Universität Potsdam)

1 Einleitung

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Aufbereitung von Geodaten aus dem Datenbestand von OpenStreetMap¹ (OSM) für die Zielgruppe von Fußgängern. Im Mittelpunkt stehen Nutzbarkeit, Datenhaltung und Datenerfassung fußgängerrelevanter Objekte, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz der Daten in Fußgängernavigations- und Routingsystemen.

Hierzu werden die eingangs gestellten Ansprüche von Fußgängern an die Navigation sowie modell-theoretische Voraussetzungen für die Wegsuche innerhalb des Datenbestandes besprochen. Darauf aufbauend wird im Anschluss, neben der Beschäftigung mit bereits bestehenden Objekten aus dem Objektartenkatalog von OSM (Map Features²), vor allem die Thematik straßenbegleitender Fußwege näher untersucht. Letztere sind bei auf dem Markt befindlichen Fußgängernavigations- und Routingsystemen bisher vernachlässigt worden. Bislang beziehen sich sowohl Routenberechnung als auch Führung entlang einer Route auf die Mittellinie der Straßengeometrie und nicht wie erforderlich entlang straßenbegleitender Infrastrukture Objekte wie etwa Fußwege. Die Möglichkeit den Fußgänger sicher, schnell und auf dem kürzesten Weg zum Ziel zu führen, indem Straßenübergänge bei der Routenberechnung berücksichtigt werden, ist derzeit nicht möglich. Die Anordnung mehrerer parallel verlaufender Wege führt zu der Problematik des Linienbündels³, bei der es vor allem in Kreuzungssituationen zu Erfassungs- und Darstellungsproblemen kommt. Aufgrund der Tatsache, dass OSM bewusst keine verbindlichen Regeln vorschreibt, existiert bisher keine Vorgabe wann und wie fußgängerrelevante Daten zu erfassen sind. Das führt dazu, dass die Datenhaltung in OSM drei unterschiedlichen Methoden (geometrisch, attributiv und relational) aufweist. In einer Gegenüberstellung der drei Datenhaltungsarten sollen Vor- und Nachteile für Erfassung (Mapping), Navigation (Routing), Darstellung (Rendering) und Datenspeicherung (Haltung) bewertet werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Ableitung von Datenhaltungsarten in Abhängigkeit von spezifischen Geländesituationen. Dabei sollen die bereits in der Bewertung entstandenen Ergebnisse dazu dienen, die verschiedenen Ansprüche und Voraussetzungen (Fußgänger, Mapper, Routing, OSM-Datenmodell) miteinander zu verknüpfen. Die zu dieser Arbeit zugehörige Projektseite innerhalb des OSM-Wiki⁴ beinhaltet die ausführlichen Informationen zu den Arbeitsschritten und die Beschreibung aller grundlegenden Ergebnisse. Die praktische Umsetzung und Evaluation der Arbeitsergebnisse erfolgte im Stadtgebiet Potsdam.

¹ Website OpenStreetMap: <http://www.openstreetmap.org>

² Objektartenkatalog: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features (Zugriff 01.02.2011)

³ OSM-Wiki: Workshop Linienbündel: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/WikiProject_Germany/Workshops/Linienb%C3%BCndel (Zugriff: 28.02.2011)

⁴ OSM-Wiki: PedestrianProject: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/PedestrianProject> (Zugriff: 28.02.2011)

2 Fußgängernavigation und -routing

Der Einsatz von Navigations- und Routingsystemen beschränkte sich zu Beginn der Entwicklung auf die automatische Navigation von Flugzeugen und Schiffen. Durch das US-amerikanische Satellitensystem NAVSTAR Global Positioning System (GPS) konnte die Nutzung auch im Straßenverkehr Fuß fassen. Heutzutage finden solche Systeme in vielen verschiedenen Bereichen Verwendung, so z.B. für Fußgängernavigationsaufgaben. Dank der fortschreitenden technologischen Entwicklung von mobilen Endgeräten ist die Nutzergruppe von Fußgängernavigationssystemen in den Mittelpunkt der Forschung gerückt [1]. Aufgrund des unterschiedlichen Bewegungsverhaltens von Fußgängern gegenüber bisherigen Nutzergruppen und den spezifischen Bedürfnissen bezüglich der Routenauswahl besteht ein Schwerpunkt darin die vorhandenen Geoinformationen diesbezüglich zielgruppengerecht aufzubereiten.

Es gilt daher in diesem Kapitel die wesentlichen Ansprüche von Fußgängern an ein Navigationssystem herauszustellen und die grundlegenden Voraussetzungen für die Navigation im Hinblick auf fußgängerrelevante Informationen zu formulieren.

2.1 Ansprüche von Fußgängern

Die Ansprüche der Nutzergruppe Fußgänger lassen sich nach Reichenbacher [2] in folgende sechs Bereiche gliedern:

- Zeit
- Sicherheit
- Mobilität/Barrierefreiheit
- Entfernung
- Orientierung
- Attraktivität

Das Interesse der Nutzergruppe liegt daher vor allem darin, durch das Navigationssystem möglichst **schnell**, beziehungsweise auf möglichst **kurzem** Weg, **sicher** zu ihrem Ziel zu kommen. Auf der Strecke müssen sie sich **orientieren** können. Der Einsatz von Navigationssystemen für bestimmte Nutzergruppen mit Mobilitätseinschränkungen wie etwa Sehbehinderte, Rollstuhlfahrer etc. erfordert weiterführende Informationen bezüglich der **Barrierefreiheit** der Route um eine „uneingeschränkte Teilhabe am sozialen Leben“⁵ zu ermöglichen. Für eine andere Nutzergruppe kann wiederum die **Attraktivität** einer Strecke eine höhere Priorität besitzen. Aus diesen Kategorien ergeben sich Mindestanforderungen an einen Objektartenkatalog, der für ein Fußgängernavigationssystem genutzt werden kann. Als Mindestanforderung sollten folgende Objekte gelten:

- Wege, die ein Fußgänger gefahrlos nutzen kann (straßenbegleitender Bürgersteig, Fußwege sonstiger Art); Informationen über Steigung und Belag
- sichere Überquerungsmöglichkeiten der Straßen (abgesenkter Bordstein, Zebrastreifen, Ampeln, Über- und Unterführungen)
- Straßen (Barrieren, begehbare Flächen an Übergängen und Orientierungshilfen)
- Begehbare Flächen (Fußgängerzonen, Plätze und Parks)
- objektbezogene Information wie Straßennamen, Position von Hauseingängen, u.a.
- Informationen über multimodale Fortbewegung (ÖPNV-Netz, Haltestellen)
- Orientierungspunkte (Landmarken)

⁵[3] Millonig, A.; Brezina, T. et al.: Ways2go, S.8.

Um den Begriff *Fußgängernavigation* näher zu spezifizieren, ließen sich als Anforderungen an einen erweiterten Objektartenkatalog zunächst mögliche Nutzergruppen aufgrund ihrer Mobilität (beziehungsweise Situation), ihrer zur Verfügung stehenden Informationen und ihrer Aktivität definieren [2]. Eine mögliche Auswahl kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Nutzergruppe	Erweiterte Ansprüche
mobilitätseingeschränkte Menschen (z.B. Senioren, Rollstuhlfahrer, Sehbehinderte)	Informationen über Barrierefreiheit, Wegebeschaffenheit (Belag), Steigung
Touristen	Zusatzinformationen, Landmarken, Unterkünfte,, Verkehr, u.v.m.
Geschäftsreisende	Hotels, zusätzliche Informationen (z.B. Messezeiten)
Kinder	Sicherheitsaspekte (z.B. verkehrsberuhigte Straßen)

Tabelle 1: Beispiele für Nutzergruppen und ihre spezifischen Ansprüche an die Navigation

2.2 Fußgängerrouing - Theoretische Grundlagen

Als Routing wird ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung einer Route zwischen einem Start- und Zielpunkt bezeichnet [4]. Die Berechnung dieser Wegstrecke durch einen Algorithmus erfolgt auf Basis eines zugrunde liegenden Modells fußgängerrelevanter Wege. Für die Routenbestimmung werden Verfahren eingesetzt, die auf den bekannten Shortest-Path-Algorithmen der Graphentheorie aufbauen (z.B. *Dijkstra*-, *A*-Algorithmus*). Neben ihrer zentralen Funktion im Rahmen der Navigation, kommt die Routenberechnung auch in eigenständigen Anwendungen, wie Routenplanern, zum Einsatz.

Als theoretisches Datenmodell für das Routing dient die mathematische Beschreibung des Straßen- und Wegenetzes in Form eines Graphen, in welchem alle fußgängerrelevanten Wege direkt (d.h. geometrisch) oder indirekt (d.h. an eine Geometrie gebunden) in Form von *Kanten* modelliert werden. Diese müssen über Knotenpunkte zu einem zusammenhängenden Graphen verknüpft sein, damit ein Routing auf real miteinander verbundenen Wegen auch im Modell ermöglicht werden kann. Eine besondere Herausforderung stellt die Querung von Straßen und Straßenkreuzungen dar (Kreuzungsproblematik), da eine Verknüpfung der Querungswege an hierfür vorgesehenen Stellen gewährleistet sein muss oder alternativ geeignete Stellen für den Straßenseitenwechsel durch den Routing-Algorithmus bestimmt werden müssen. Ebenfalls schwierig ist die Einbeziehung von begehbaren Plätzen und Freiflächen (z.B. Marktplätze) aufgrund ihrer flächenhaften Repräsentation im Datenmodell. Behelfsweise müssen erst „Idealwege“ über die Fläche konstruiert werden, um Routingfähigkeit herzustellen. Neben den Wegen sollten auch andere fußgängerrelevante Geoobjekte (z.B. Ampeln, POIs, Adressen) direkt über Knotenpunkte oder indirekt als Relationen in das Gesamtwegenetz integriert sein, um ein fußgängergerechtes Routing zu ermöglichen [5].

Damit die Bestimmung einer Route hinsichtlich eines oder mehrerer Kriterien als optimal bezeichnet werden kann, müssen die Kanten des Graphen gewichtet vorliegen. In der Regel werden hierzu die Länge der Wegstrecke als zurückzulegende Entfernung oder die geschätzte Dauer zur Überwindung der Strecke (i. S. v. Kosten) verwendet. In Erweiterung hierzu ließen sich weitere fußgängerrelevante Optimierungskriterien, wie die Wegebeschaffenheit (z.B. Oberfläche, Steigung) oder Sicherheitsaspekte (z.B. Beleuchtung,

Wegbreite) einer Route, in den Algorithmus berücksichtigen. Diese Kriterien sollten als Eigenschaften der modellierten Wege vorliegen, damit sie als Kantengewichte direkt in die Berechnung eingehen können [5].

Ferner sollten Wege auf verschiedenen (Höhen-) Ebenen vorhaltbar sein, um eine eindeutige Rekonstruktion der realen Lage zu ermöglichen (nicht-ebener Graph). In einzelnen Fällen ist für das Fußgängerouting ein gerichteter Graph zwingend für die Modellierung von richtungsgebundenen Wegen notwendig (z.B. bei Rolltreppen). Darüber hinaus stellt die Angabe der Richtung eines Graphen aber vor allem eine Möglichkeit zur eindeutigen Zuordnung nachbarschaftlicher Eigenschaften eines Weges dar (z.B. straßenbegleitender Fußweg in Graphenrichtung rechts) [5,6].

3 Fußgängerrelevante Objekte in OpenStreetMap

Um den status quo von fußgängerrelevanten Informationen in OSM zu analysieren, wurde zunächst der Gesamtkatalog der Map Features in Einzelschritten untersucht. Bei den Map Features handelt es sich um eine „Liste mit Eigenschaften, die den Grundelementen der Karte [...] als Schlüssel und Werte zugewiesen werden können“⁶. Die Tabelle 2 zeigt einen Ausschnitt der jeweiligen Map Features, die entsprechend der Notwendigkeit für den Fußgänger (Routing, Orientierung, Information) gefiltert und nach ihrer Relevanz auf Grundlage von Erfahrungen (niedrig, mittel, hoch) bewertet wurden. Linienhafte Objekte können als Grundlage zur Berechnung des kürzesten Weges verwendet werden. Punkt und flächenhafte Objekte können als weiterführende Informationsgrundlage zur Beschreibung der Route dienen. Landmarken beschreiben eindeutige Objekte mit hohem Wiedererkennungswert und können zur Verbesserung der Orientierung für den Nutzer dienen. Die Basiselemente *node* (Knotenpunkt), *way* (Weg) und *relation* (Beziehung) werden in den Map Features beschrieben wobei relations keine herausragende Stellung einnehmen. Ein *node* besitzt eine geographische Länge und Breite und kann außerdem eine beliebige Menge an *tags* (Eigenschaften) annehmen. Ein fußgängerrelevanter *node* wäre z.B. ein Zebrastreifen oder eine Ampel, aber auch ein üblicher Point of Interest, wie z.B. ein Restaurant. Ferner können die Knotenpunkte als Stützpunkte für *ways* dienen, wenn man sie miteinander verbindet. Sie werden insbesondere benutzt, um linienförmige Objekte wie Straßen oder Flüsse darzustellen. Wie schon bei den *nodes* können für *ways* beliebig viele *tags* vergeben werden. Außerdem besitzen sie stets eine Richtung, was aber nicht immer von Bedeutung sein muss. Als wichtige *ways* für den Fußgänger sind z.B. Fußwege oder Treppen zu nennen. Wenn der erste und der letzte *node* eines *ways* identisch sind und auch dieselben *tags* besitzen, wird dieser als *area* (Flächen) gedeutet. Diese ist sehr wichtig, wenn man z.B. Fußgängerzonen oder Parks darstellen möchte. Bestandteile einer *relation* können *nodes*, *ways* oder andere *relations* sein. Somit können auch hier beliebig viele *tags* vergeben werden [7]. Als wichtige *relation* für den Fußgänger ist z.B. eine Wanderroute zu nennen. Die vollständige Liste befindet sich in der Dokumentation unter der Projektseite im OSM-Wiki [1].

⁶ Objektartenkatalog: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features (Zugriff 01.02.2011)

Schlüssel	Wert	Datenhaltung	Notwendigkeit	Relevanz
highway	footway	Geometrie, Attribut	Routing	hoch
highway	traffic_signal	Geometrie	Information	hoch

Tabelle 2: Ausschnitt aus Liste der fußgängerrelevanten Informationen

4 Datenhaltungsarten für straßenbegleitende Fußwege

Für die Untersuchung von straßenbegleitenden Fußwegen muss vorab geklärt werden, wie ein Gehweg definiert ist. Zum einen beschreibt der Gehweg einen Fußweg, der ein zugelassenes oder geeignetes Bauwerk darstellt, das nur für Fußgänger zulässig ist. Zum anderen zählt der Bürgersteig (Gehsteig, Trottoir) auch zur Definition des Gehwegs. Dieser ist in der Regel durch einen Bordstein oder einen Grünstreifen von der Straße abgetrennt und verläuft parallel zu ihr⁷. Laut RASt (Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen) sollte ein Gehweg eine Mindestbreite von 2,50 m haben, sodass sich zwei Personen ohne Probleme begegnen können und auch die Sicherheit zur Straße gewährt ist. [8]

4.1 Geometrische Datenhaltung

Mapping

Das Erfassen von Objekten und straßenbegleitenden Wegen, wie z.B. Bürgersteigen, mittels Geometrie beschreibt die Möglichkeit, Geoinformationen in Form ihrer geometrischen Ausprägung in den Datenbestand einfließen zu lassen. Polylinien sind einfach zu erstellen und können im Anschluss daran durch Attribute erweitert werden. Die OSM-Editoren (Potlatch und JOSM⁸) zeichnen sich durch ihre Benutzerfreundlichkeit aus, so dass sich schnell ein Lernerfolg einstellen kann. Aufwendige und stark verzweigte Untergliederungen in den Tags, wie sie bei einer attributiven Mapping-Form verwendet werden, entfallen. Die Datenaufnahme im Gelände gestaltet sich simpel aber dennoch umfangreich, da jeder Weg (im Idealfall) einzeln aufgenommen werden müsste. Dazu zählen auch Wege zur Überquerung von Straßen, wie z.B. an Ampeln, Über- und Unterführungen oder Fußgängerüberwege.

Nachteilig erweist sich diese Methode besonders aufgrund der Unübersichtlichkeit im Bereich von komplizierten Weggeflechten, wie sie im Kreuzungsbereich auftreten (Abbildung 1), wodurch Fehler beim Mappen nicht ausgeschlossen werden können. Weiterhin bewirken geometrisch angelegte Linienbündel eine hohe Redundanz an Daten.

Routing & Navigation

Trotz dieser Mapping-Fehler und des derzeit lückenhaften Datenbestandes, ist ein Routing auf Basis von OSM Daten möglich, aber nicht immer zuverlässig und optimal. Dennoch wird dieser Ansatz derzeit von den meisten Routenplanern unterstützt.

Rendering

Hinsichtlich des Renderns erweist sich diese Methode insofern als vorteilhaft, da jede Geometrie einzeln dargestellt wird. Dies ist von Vorteil, um straßenzugehörige Wege

⁷ Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gehweg> (Zugriff: 28.02.2011)

⁸ OSM-Editoren: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Editing> (Zugriff 01.02.2011)

abzubilden, die nicht ständig parallel zur Straße verlaufen, wie in Abbildung 1 zu sehen. Dennoch treten besonders im Bereich der Linienbündel Defizite auf, da hier einzelne Geometrien, wie z.B. Bürgersteige oder Radwege durch andere Geometrien, wie z.B. die hier parallel verlaufende Straße, überdeckt werden können (ebenfalls in Abbildung 1 zu sehen).



Abbildung 1: Vergleich eines geometrisch erfassten Testgebietes bei Potsdam-Golm im Editor Potlatch 2 (links) und nach dem Rendern in OpenStreetMap (rechts)

Durch die genannten Nachteile ist das Mapping ausschließlich mit Geometrien nicht vorteilhaft und wird in der OSM Community abgelehnt. Für das Projekt der Fußgängernavigation gilt es allerdings die Vorteile der geometrischen Erfassung zu nutzen und mit den Vorteilen von anderen Mapping-Varianten zu kombinieren.

4.2 Attributive Datenhaltung

Mapping

Die Datenhaltung auf Basis attributiver Einträge beschreibt die Möglichkeit Informationen an bereits bestehende Geometrien in Form von Attributen anzufügen. Für das attributive Hinzufügen von Fußwegen bzw. deren Eigenschaften an Straßen ist es nicht notwendig das Gelände abzulaufen. Bekannte Fußwege lassen sich auch aus dem Gedächtnis ergänzen. Hinsichtlich des Digitalisierens der aufgenommenen Daten besitzt der attributive Ansatz deutliche Vorteile gegenüber dem geometrischen, da straßenbegleitende Fußwege nicht geometrisch dargestellt werden müssen. In dem Fall, dass sich ein Attribut entlang eines Weges ändert, muss dieser dementsprechend aufgeteilt werden. Gleichbleibende Attribute können kopiert werden, sodass nur die sich ändernde Eigenschaft angeglichen werden muss. Allerdings führt dies zur Zersplitterung von Wegen und damit auch zur Redundanz. Bezüglich der Fehlersichtbarkeit bringt der Ansatz einen Nachteil mit sich. *tags* müssen erst gelesen werden, um gemappte Fehler zu erkennen. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Handhabung. Der User kann das Vorgehen relativ schnell erlernen und verstehen. Die am häufigsten genutzten Editoren JOSM und Potlatch bieten eine klar strukturierte Arbeitsoberfläche mit nützlichen Funktionen. Für den Fall, dass zu bereits vergebenen Attributen weitere zugewiesen werden sollen, können Probleme entstehen da OSM hierfür keine Regeln oder Verhaltensweisen vorschreibt. Um die Übersichtlichkeit bei der Attributvergabe zu bewahren, ist es sinnvoll, sich auf eine Möglichkeit zu einigen, wie Attribute an Attribute vergeben werden sollten. Der Vorschlag, den diese Arbeit vorgeben möchte, ist in Tabelle 3 beschrieben: **Schlüssel1:Wert1.Schlüssel2:Wert2**

Tagmöglichkeit	Erklärung
cycleway: both	Fahrradweg auf beiden Seiten vorhanden
cycleway:both.type: lane	Fahrradweg auf beiden Seiten vom Typ lane
footway: left	Fußweg auf der linken Seite vorhanden
footway:left.lit: yes	linker Fußweg beleuchtet
footway:left.smoothness: bad	schlechte Oberfläche des linken Fußweges
footway:left.surface: cobblestone	linker Fußweg mit Kopfsteinpflaster

Tabelle 3: Beispiel für die Attributvergabe eines Rad- und Fußweges

In dem Beispiel (Tabelle 3) fällt auf, dass die Editoren zurzeit die Tags alphabetisch ordnen. Logischer und übersichtlicher wäre jedoch eine hierarchische Ordnung (highway, cycleway, footway). Das oben gezeigte Beispiel ist sehr ausführlich getaggt. Um den Arbeitsaufwand zu verringern, wäre es durchaus zulässig Tags „zu kürzen“. So könnte in dem Beispiel auf **cycleway:both** verzichtet werden, da **cycleway:both.type:lane** die vorherige Information einschließt. Gleiches gilt für **footway:left**. Bezüglich der highways sollte die derzeitige Variante des Taggens beibehalten werden.

Routing & Navigation

Ein großer Vorteil des attributiven Ansatzes ist es, dass alle Informationen durch Angabe der entsprechenden Attributbezeichnung ausgewertet werden können und daher für den Einsatz von Routenplanungsanwendungen hervorragend geeignet sind. Der jetzige Stand von OSM-Daten lässt noch kein fußgängerbezogenes Routing zu, da die Zahl bisher erfasster fußgängerrelevante Informationen zu gering ist um flächendeckend eingesetzt zu werden. Ein entsprechender Routingalgorithmus müsste im Gegensatz zum geometrischen Ansatz die richtungsabhängigen Attribute (z.B.: **footway:right**) auswerten können. Dies stellt technisch gesehen jedoch kein Problem dar.

Mit den entsprechenden attributiven Informationen stellen auch Kreuzungen kein Problem für das Routing und die Navigation dar. Notwendig sind hier getaggte Überquerungsmöglichkeiten (**crossings**), an denen es für den Fußgänger möglich ist, die Straße zu passieren. Eine Gewichtung dieser Übergänge bezüglich der Sicherheit wäre sinnvoll (Ampel, Zebrastreifen, Verkehrsinsel, unüberwachter Übergang). So sollte der Algorithmus möglichst den sichersten Weg errechnen. Damit dem Nutzer später die genaue Position auf dem Navigationsgerät angezeigt werden kann, wird das Map-Matching-Verfahren angewendet. Dabei wird die mittels GPS gemessene Position mit den Karteninformationen abgeglichen. Das heißt der Algorithmus muss die vergebenen Attribute in Kartenobjekte umwandeln. Möglicherweise treten dabei größere Fehler und Abweichungen auf als bei dem geometrischen Ansatz.

Rendering

Bezüglich der Darstellung in den gebräuchlichen Renderern Osmarender und Mapnik ist die Methode bisher mit großen Nachteilen behaftet. Zurzeit werden attributiv hinzugefügte straßenbegleitende Fußwege nicht gerendert. Dies führt zu einer großen Abweichung der Karte von der realen Situation. Die kartographische Darstellung könnte über Konturen erfolgen.

4.3 Relationale Datenhaltung

Beziehungen zwischen Objekten (*way*, *node*, *relation*) lassen sich über Relationen modellieren. Eine Relation ist eine Liste mit Objekten als Mitglieder (*member*), welchen eine Rolle (*role*) zugewiesen wird. Bisher etablierte Relationstypen gibt es z.B. für Routen, Abbiegebeschränkungen und Multipolygone [9]. Mit Relationen ist es also möglich, auch Straßen und dessen Randobjekte in Beziehung zu setzen. Es gibt Ansätze, wie das Kennzeichnen von Hausnummern (Karlsruher Schema), bei denen vorhandene Geometrien (siehe 4.1.) wie *way* (Straße) und *node/way* (Adresse) in Abhängigkeit gestellt werden [10]. Andere Überlegungen befassen sich mit dem Anhängen von Attributen an die Straße (siehe 4.2.), welche dann über komplexe Rollenbezeichnungen (auch in Hierarchie) straßenbegleitende Wege und Fahrspuren beinhalten [9]. Je höher die Anzahl an Informationen (Spuren, Fuß-, Radwege, Parkstreifen etc.), welche somit an einem *way* (Straße) haften, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der *way* unterbrochen werden muss, wenn nur ein Attribut seinen Status ändert. Für diese Problematik gibt es zwei Ansätze für Lösungsvorschläge⁹: das Zusammenfassen von getrennten Wegstücken (Kollektion) und die Vergabe von *tags* für Abschnitte eines Weges (Segmentierung).

Mapping

Der Aufwand bei der Erfassung straßenbegleitender Fußwege im Gelände als auch mit dem Editor ist mit dem Ansatz der attributiven Datenhaltung identisch. Allerdings gibt es aufgrund der Unklarheit in der Community auch keine etablierte Unterstützung durch die Editoren. Die Eintragungen ohne Hilfsmittel vorzunehmen wären zwar möglich, erfordern jedoch ein ausgeprägtes Verständnis für die komplexe Verschachtelung mehrerer Relationen. Fehler sind somit nur schwer ersichtlich und entstehen leicht, wenn beispielsweise der *way* (*key=highway*) unachtsam getrennt oder dessen Richtung umgekehrt wird. Hilfreich wäre eine Meldung die den Nutzer warnt, bevor er die Relation bearbeitet. Die Plugins *lanetool* [11] und *wayparts* versuchen als Testversion mit unterschiedlichen Ansätzen der relationalen Datenhaltung die Bearbeitung von Fahrspuren im JOSM-Editor zu erleichtern und darzustellen.

Routing & Navigation

Die Auswertung der Eigenschaften von Relationen beim Routing erfolgt wie bei mit Attribut vergebenen Fußwegen, mit Ausnahme der zusammengesetzten Schlüssel-Wert-Paare. Aufgrund des hohen Abstraktionsgrades des relationalen Datenmodells ergeben sich Vorteile für den Routingalgorithmus. Bei einer hierarchischen Haltung der Wegedaten können einzelne Spuren (Fahrspur, Radweg, Fußweg, etc.) einer Straße in korrekter Anordnung modelliert werden. Das Zusammenfassen oder hierarchische Untergliedern der Fußwege verhindert, dass zusätzlich redundante Daten gehalten werden müssen.

Rendering

Die Darstellung des Fußweges auf einer Karte wäre mit einer an der Straßenkontur grenzenden weiteren Kontur denkbar, wobei die Reihenfolge bzw. Anordnung der begleitenden Wege korrekt visualisiert wird. Der OpenCycleMap-Renderer [12] stellt bereits Radfahrstreifen und Übergänge dar. Ein Problem ergibt sich jedoch wenn sich Wege nur auf einer Seite befinden.

⁹ Vorg. Relationen: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Relations#Zusammensetzung_und_Teilung_von_Wegen_und_Tags

		Geometrie	Attribut	Relation
Mapping				
Datenerfassungsaufwand im Gelände		-	+	+
Arbeitsaufwand beim Digitalisieren		--	++	++
Editorunterstützung	JOSM	+	+	+ -
	Potlatch	+	+	-
Fehleranfälligkeit/ Fehlersichtbarkeit		-	-	--
Erlernbarkeit		++	+	-
Routing & Navigation				
Routingfähigkeit		+	-	--
Kreuzungsproblematik (Ideal-Zustand)		++	•	•
Komplexität des Routingalgorithmus (Ideal-Zustand)		++	•	-
Map Matching		-	•	•
Rendering				
kartographische Darstellung	Ist-Zustand	-	--	--
	Ideal-Zustand	-	•	•
geometrische Genauigkeit		++	-	-
Datenhaltung				
Redundanz		--	--	++
Komplexität		-	+	--

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Datenhaltungsarten für straßenbegleitende Fußwege

Bewertungsskala

Mithilfe der folgenden Ordinalskala wurde die Eignung der drei Datenhaltungsarten von straßenbegleitenden Wegen für einzelne Bereiche der fußgängerbezogenen OSM-Datenerfassung, -aufbereitung und -nutzung zusammenfassend bewertet:

++sehr vorteilhaft + vorteilhaft • neutral

+ - vor- und nachteilbehaftet - nachteilig -- sehr nachteilig

Wenn nicht anders ausgezeichnet ist immer vom derzeitigen Ist-Zustand auszugehen.

5 Fazit

Der derzeitige Ergebnisstand lässt keine allgemeingültige Lösung zu. Stattdessen sollen hier situationsbedingte Empfehlungen für geeignete Datenhaltungsarten gegeben werden. Die Grundlage dafür bildet die Faustregel von Ramm/Topf [7]. Danach sollten straßenbegleitende Wege attributiv getaggt werden, wenn ein ständiger Wechsel auf die Straße möglich ist. Sobald dies nicht mehr der Fall ist, sollten Wege als eigene Geometrie erfasst werden. Diese Regelung ist einfach zu verstehen und relativ allgemeingültig. Dadurch entsteht ein „Graubereich“, in dem ähnliche Situationen auf unterschiedliche Weise erfasst werden

können, was aber in Kauf genommen wird. Spezielle Situationen werden im OSM-Wiki genauer behandelt.

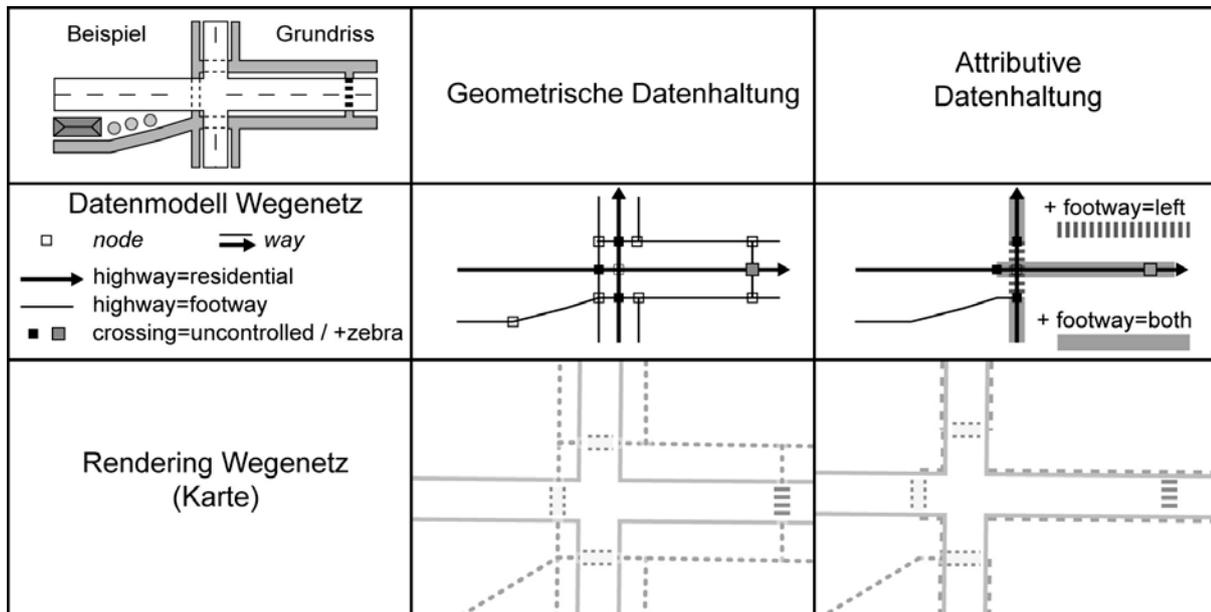


Abbildung 2: Beispielsituation mit Kreuzung und Übergängen straßenbegleitender Fußwege

Ein verbal beschriebener Routingalgorithmus für den attributiven Ansatz könnte lauten:

- Folge einem way (Fußweg bzw. straßenbegleitenden Fußweg) solange,
 - dieser vorhanden ist und auf kein Hindernis trifft.
- Nutze nodes des ways (mit *value=crossing*) um die Straßenseite zu wechseln.

An dieser Stelle soll die Situation der Kreuzungsproblematik näher erläutert werden. Um bei der geometrischen Datenhaltung einen Straßenübergang zu erstellen, muss dafür ein weiterer way angelegt werden. Dieser verbindet die Fußwege und die Straße. Der Schnittpunkt zwischen way und Straße wird mit einem node versehen und mit dem tag *highway=crossing* gekennzeichnet. Dagegen muss bei dem attributiven Ansatz nur dieser node gesetzt werden (Abbildung 2).

Die relationale Datenhaltung kann verwendet werden, wenn sich Eigenschaften eines Linienbündels häufig ändern. Dieser Ansatz bietet außerdem die Möglichkeit viele nebeneinanderliegende Spuren in ihrer Reihenfolge festzulegen. Möglich ist dies aber auch mit der attributiven Datenhaltung. Diesbezüglich gibt es in diesem Fall hinsichtlich einer Empfehlung noch Diskussionsbedarf. Generell wird ein relationaler Ansatz aufgrund der hohen Komplexität und der damit verbundenen Fehleranfälligkeit nur erfahrenen Mappern empfohlen (siehe 4.3).

Kontakt zum Referenten:

Robert Bieber
Universität Potsdam
rbieber@uni-potsdam.de

Literatur

- [1] *Schumann, A.*: Ein einfach benutzbares mobiles Navigationssystem für Fußgänger, Hamburg, 2008.
- [2] *Reichenbacher, T.*: Mobile Cartography – Adaptive Visualisation of Geographic Information on Mobile Devices, Dissertation Technische Universität München, 2003.
- [3] *Millonig, A.; Brezina, T. et al.*: ways2go - Technologiescreening und Technologieforesight barrierefreie Personeninformations-, Leit- und Orientierungstechnologien für den neuen Wiener Hauptbahnhof zur Ableitung von Gestaltungsanforderungen und von Themenvorschlägen für die Programmlinie ways2go, Wien, 2007.
- [4] *Bill, R.*: Grundlagen der Geoinformationssysteme Band 2, Herbert-Wichmann-Verlag, Heidelberg, 1999.
- [5] *Bleeke, M.*: Fußgängernavigation auf kombinierten Datenbeständen, Hannover, 2006.
- [6] *Diestel, R.*: Graphentheorie, Springer, Heidelberg, 2006.
- [7] *Ramm, Frederik; Topf, Jochen*: OpenStreetMap, Berlin, 2010.
- [8] *FGSV: RASt 06 – Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen*, Köln, 2007.
- [9] *OSM-Wiki: Relation*: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Relations> (Zugriff: 28.02.2011)
- [10] *OSM-Wiki: Karlsruhe Schema*: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Karlsruhe_schema (Zugriff: 28.02.2011)
- [11] *JOSM-Plugin Lanetool*: <http://tobias-knerr.de/josm/lanetool> (Zugriff: 28.02.2011)
- [12] *OpenCycleMap*: <http://www.gravitystorm.co.uk/shine/cycle-info> (Zugriff: 28.02.2011)