

# GIS-Werkzeuge zur Verbesserung der barrierefreien Routenplanung aus dem Projekt CAP4Access

Stefan Hahmann<sup>1</sup>, Alexander Zipf<sup>1</sup>, Adam Rousell<sup>1</sup>, Amin Mobasher<sup>1</sup>, Lukas Loos<sup>1</sup>, Maxim Rylov<sup>1</sup>, Enrico Steiger<sup>1</sup>, Johannes Lauer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Heidelberg · hahmann@uni-heidelberg.de

**Zusammenfassung:** Eine Routenplanungsoption, mit deren Hilfe optimale Routen speziell für mobilitätseingeschränkte Menschen berechnet werden können, ist aus verschiedenen Gründen bisher noch nicht in den Mainstreamanwendungen der Navigationsdienstleister verfügbar, obwohl der Bedarf daran aufgrund des demographischen Wandels stetig steigt. Vor diesem Hintergrund stellt dieser Beitrag einige der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus dem EU-Projekt CAP4Access dar. Wesentliche Aspekte sind das Routenplanungsprofil, die Navigation mithilfe von Landmarken, die Erfassung fehlender Informationen mittels Crowdsourcing und Datenqualität.

**Schlüsselwörter:** Routenplanung, OpenStreetMap, Barrierefreiheit, Navigation, Crowdsourcing

**Abstract:** *A route planning option that allows computing optimal routes for mobility restricted people is not yet available within the mainstream applications of the various navigations service providers. However, due to the demographic change in many western countries there is an increasing demand for such functionality. In this context, we describe some of the recent research and development activities within the EU-project CAP4Access. Most important aspects are the wheelchair routing profile, navigation using landmarks, data capturing methods using crowdsourcing and data quality.*

**Keywords:** *Route planning, OpenStreetMap, accessibility, navigation, crowdsourcing*

## 1 Motivation und Stand der Technik

Menschen mit Rollstühlen oder Kinderwagen, Senioren und Reisende mit viel Gepäck gehören zur Gruppe der mobilitätseingeschränkten Menschen, die auf möglichst barrierefreie Wege angewiesen sind. Zu den größten Hindernissen zählen Treppenstufen, große Steigungen, schlechte Oberflächen von Wegen und nicht abgesenkte Bordsteinkanten. Räumliche Informationssysteme können für diese Personengruppe einen Beitrag dazu leisten, optimale, d. h. möglichst barrierefreie Routen für die Fortbewegung zu finden, was besonders in unbekanntem Umgebungen relevant ist. Entsprechende Werkzeuge leisten damit auch einen Beitrag zur aktiven Teilhabe dieser Menschen am gesellschaftlichen Leben. Trotz des demographischen Wandels in vielen Industrienationen und dem damit verbundenen Bedarf an dieser Technologie, finden sich entsprechende Funktionen bisher kaum in Mainstreamanwendungen wieder. Dieser Beitrag beschreibt die Erforschung und Entwicklung benötigter Methoden und Werkzeuge im Rahmen des durch die EU (FP7) geförderten Projektes „CAP4Access“ (Collective Awareness Platforms for Improving Accessibility in European Cities & Regions). Kernziel dieses Projektes ist es, mithilfe neuester Technologien auf existierende Barrieren in europäischen Städten aufmerksam zu machen. Die Projektlaufzeit ist von Januar 2014 bis Dezember 2016. Pilotstädte sind London, Wien, Heidelberg und Elche (Spanien). Projektpartner sind Sozialhelden e. V., Fraunhofer IAIS, Zentrum für Soziale Innovation (Wien), Universität Heidelberg, University College London, mapping for change (London), Universität Valencia und empirica GmbH (Bonn).

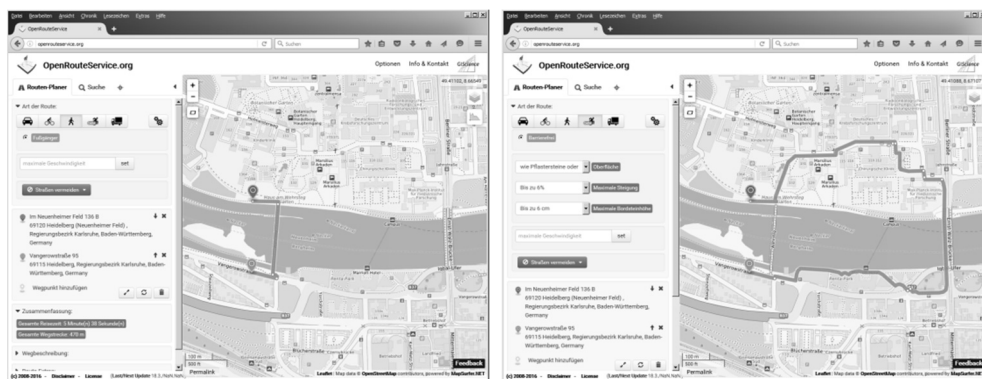
## 2 Forschung und Entwicklung

### 2.1 Barrierefreie Routenplanung und Erreichbarkeitsanalyse

Die derzeit größte Herausforderung für die barrierefreie Routenplanung stellt die Beschaffung der benötigten Informationen dar. Informationen über die Beschaffenheit von Gehwegen und abgesenkten Bordsteinkanten finden sich nicht in Datensätzen nationaler Geodatenagenturen, da diese dafür zu kleinteilig sind. Weiterhin sind Geodateninfrastrukturen und einheitliche Datenformate für die auf kommunaler Ebene vorhandenen Informationen kaum vorhanden. Für kommerzielle Anbieter ist die Erfassung dieser Daten nicht wirtschaftlich.

Eine alternative Datenquelle ist die gemeinschaftlich betriebene OpenStreetMap (OSM), in die entsprechende Information – im Idealfall bedarfsgerecht – durch die Nutzer eingetragen werden. Der frei verwendbare Routenplanungsdienst „OpenRouteService“<sup>1</sup> (ORS) nutzt diese Daten und implementiert optimale Routenplanungsprofile für PKW, LKW, Fahrrad, Fußgänger und Rollstuhlfahrer. Das Profil für Rollstuhlfahrer wird auf Basis vorangegangener Arbeiten (NEIS & ZIPF 2008, MÜLLER et al. 2010, NEIS & ZIELSTRA 2014) im Zuge des Projektes CAP4Access in ORS integriert. Aktuell berücksichtigt das Profil: Treppenstufen, Fußgänger/-zonen, vorhandene Bürgersteige, Oberflächenbeschaffenheit und Steigung von Wegen sowie abgesenkte Bordsteinkanten.

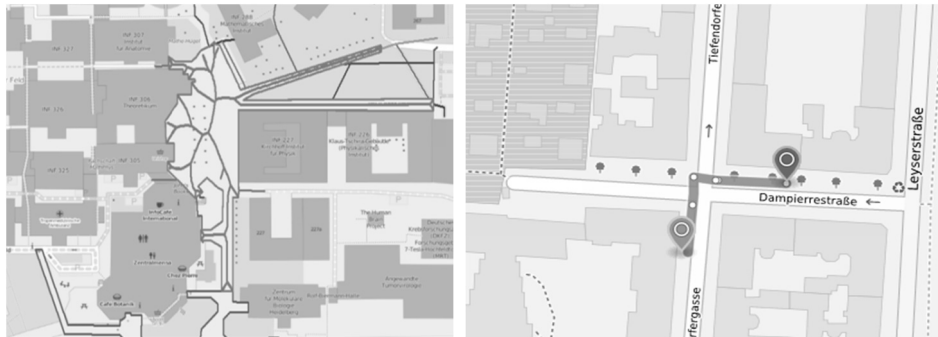
Das Rollstuhlprofil des ORS (vgl. Abb. 1) erfüllt vier Funktionen: (1) Unterstützung mobilitätseingeschränkter Menschen bei der Planung von Wegen in unbekanntenen Regionen, (2) Sichtbarmachung von Barrieren – besonders im Vergleich zur Fußgängerrouutenplanung – und damit Unterstützung von Aktivisten für Barrierefreiheit und Lokalpolitik, (3) Einführung des „Rollstuhlbuttons“ in einen Routenplanungsdienst als Vorbild für Mainstream-Anwendungen und (4) Motivation der OSM-Community, weitere relevante Daten zu erfassen, da es einen Dienst gibt, mit dem diese Informationen genutzt werden können.



**Abb. 1:** Unterschiedliche Routen für Fußgänger und Rollstuhlfahrer bei gleichem Start- und Zielpunkt durch Treppen als Hindernis am Heidelberger Wehrsteg

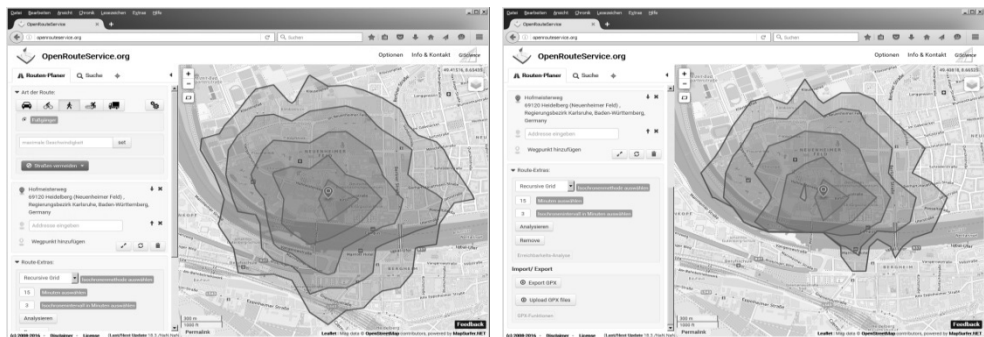
<sup>1</sup> <http://openrouteservice.org>

Weiterhin befindet sich derzeit die Routenberechnung unter Berücksichtigung von in OSM als Flächen modellierten Objekten in Entwicklung. Dies ist von Bedeutung, da kürzeste Wege teilweise durch Flächen hindurch laufen. Wir wählen den Ansatz der Verdichtung des Routinggraphen durch Subgraphen (vgl. Abb. 2), wofür sich verschiedene Algorithmen eignen, z. B.: regelmäßiges Raster, Skeleton, Sichtachsen, Delaunay-Triangulation. Insbesondere deren Performance innerhalb eines globalen Datensatzes ist Gegenstand unserer aktuellen Untersuchungen. Ein weiteres Projektziel ist es, aus Bürgersteigattributen (OSM-Tag `sidewalk=*`) von Straßen einen „virtuellen Bürgersteiggraphen“ für die Verwendung in ORS abzuleiten, dessen Geometrie also nicht direkt aus OSM stammt, sondern aus den entsprechenden Tags abgeleitet wird (vgl. Abb. 2).



**Abb. 2:** Links: Skeleton als ein möglicher Algorithmus zur Interpolation von Subgraphen in Flächen; rechts: aus OSM-Attributen abgeleitete Kanten von Bürgersteigen

Neben der Routenplanung unterstützt ORS auch die Berechnung von Erreichbarkeitszonen. Erreichbarkeitszonen stellen Gebiete dar, die von einem bestimmten Punkt innerhalb einer bestimmten Zeit oder zurückgelegten Wegdistanz erreicht werden können. Für die Berechnung der Zonen werden die in den Routenplanungsprofilen hinterlegten Parameter verwendet. Abbildung 3 zeigt, dass existierende Barrieren zu deutlichen Unterschieden zwischen der Erreichbarkeit für Fußgänger und für Rollstuhlfahrer führen. Der Algorithmus für die Berechnung der Erreichbarkeitszonen ist in NEIS et al. (2007) beschrieben.



**Abb. 3:** Links: Erreichbarkeitszonen (3, 6, 9, 12 und 15 Minuten) für Fußgängerprofil; rechts: Erreichbarkeitszonen für das Rollstuhlprofil am gleichen Ausgangspunkt

## 2.2 Navigationsanweisungen mithilfe von Landmarken

Markante Orientierungspunkte, auch Landmarken genannt, haben für die Navigation von Fußgängern und Rollstuhlfahrern besondere Relevanz (MAY et al. 2003). Navigationsanweisungen, die allein auf Entfernungsangaben basieren, sind für diese Gruppe schwierig anzuwenden, da Entfernungen als Fußgänger/Rollstuhlfahrer schlechter geschätzt werden können, als bei der Fortbewegung mit einem PKW. Landmarken zeichnen sich häufig durch visuelle Merkmale aus. Weitere Faktoren, die Objekte zu Orientierungspunkten machen, sind deren Einzigartigkeit in der Umgebung, deren Bekanntheit sowie deren Entfernung und Sichtbarkeit vom Abbiegepunkt. Besonders die ersten beiden Kriterien sind schwer zu formalisieren.

Da im ORS ausschließlich OSM-Daten für die Routenberechnung und Navigation verwendet werden, wird auch für die Bestimmung der Landmarken ein Ansatz genutzt, bei OSM-Objekte hinsichtlich ihrer Eignung als Landmarken mithilfe der Kriterien Sichtbarkeit und Entfernung vom Standort, Nähe zu potenziellen Abbiegeorten und Einzigartigkeit der Objekte in ihrer Umgebung bewertet werden. Der Ansatz wurde durch ROUSELL et al. (2015) vorgestellt. Er wird durch Abbildung 4 illustriert und ist in einer Android-Navigationsapplikation<sup>2</sup> implementiert, die auf ORS basiert.



**Abb. 4:**  
Kandidatenobjekte für Landmarken am  
Abbiegeort

## 2.3 Datenerfassung durch die „Crowd“

Obwohl von einer aktiven Community in OSM quasi alle erdenklichen Objektarten eingetragen werden, gibt es für viele Objekttypen noch große Datenlücken. Dies betrifft insbesondere Objektarten und Attribute, die (1) nur für wenige Nutzer Bedeutung haben (etwa abgesenkte Bordsteinkanten), die (2) in der Karte nicht dargestellt werden (etwa Steigung von Wegen) und die (3) für unerfahrene Mapper mit den existierenden Bearbeitungswerkzeugen schwierig einzugeben sind (etwa Bürgersteigattribute). Um hier eine Verbesserung zu erreichen, wurden zwei Methoden implementiert und prototypisch getestet, die im Folgenden beschrieben werden.

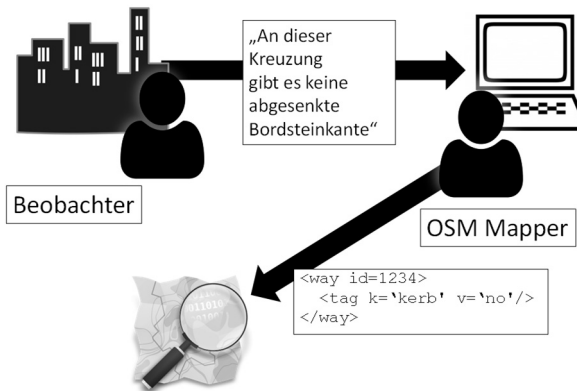
### 2.3.1 2-Schichten-Ansatz

Ein 2-schichtiger Ansatz bedient sich der Möglichkeit in OSM „Hinweise zu den Kartendaten zu melden“ (ROUSELL et al. 2016). Die Idee dieses Systems ist es, die Einstiegsschwelle für

---

<sup>2</sup> <http://cap4navi.geog.uni-heidelberg.de/app/>

Menschen mit geringen OSM-Kenntnissen so niedrig wie möglich zu setzen. Mit den Kartenhinweisen können wertvolle Informationen als verbal ausgedrückte „Hinweise“ beigetragen werden. In einem zweiten Schritt können erfahrene OSM-Mapper diese „Hinweise“ zum Eintragen von neuen Tags in die Karte verwenden. Das Erfassen von „Hinweisen“ wurde innerhalb der in Abschnitt 2.2 genannten Navigationsanwendung für Rollstuhlfahrer implementiert, sodass die Hinweise direkt gemeldet werden können, wenn die Nutzer während der Navigation auf ein nicht eingetragenes Hindernis treffen.



**Abb. 5:**  
2-Schichten-Ansatz

### 2.3.2 Detektion von Bürgersteigen in georeferenzierten Straßenbildern

In einem weiteren Experiment testen wir, ob es möglich ist, die Interpretation von Straßenbildern hinsichtlich von Gehwegeigenschaften vom tatsächlichen Eintragen der Tags in OSM zu entkoppeln (vgl. HAHMANN 2015). Wir nutzen hierfür Straßenbilder der nutzergetriebenen Plattform Mapillary. Für alle Bilder in Mapillary sind Position und Orientierung verfügbar. Nutzer der Plattform „Crowdcrafting.org“ interpretieren (zufällig) ausgewählte Straßenbilder hinsichtlich des Vorhandenseins Bürgersteigen an Straßen (Testdesign, vgl. Abb. 6). Die Methode wurde mit 200 Straßenbildern getestet, die jeweils dreimal interpretiert wurden. Im Vergleich mit amtlich erhobenen Daten zeigte sich, dass eine geringe Fehlerrate von nur 10 % auftrat. Das Ziel der weiteren Entwicklung ist es nun, eine Methode zu entwickeln, die es ermöglicht, aus der mit Ort und Orientierung versehenen Information über den Bürgersteig, einen Tag für ein benachbartes OSM-Straßenobjekt abzuleiten.

Does this street have (a) sidewalk(s)?

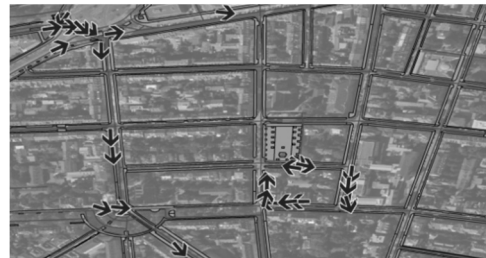
LEFT SIDE  BOTH SIDES  RIGHT SIDE

NO SIDEWALK  THIS IS NOT A STREET

I don't know / too difficult  No photo

You are working now on task:

You have completed: tasks from



**Abb. 6:** Links: Nutzer bewerten, ob auf dem Bild ein Bürgersteig neben der Straße zu sehen ist; rechts: Darstellung der Mapillary-Bilder als Pfeile mit Orientierung

## 2.4 Qualität von nutzergenerierten Daten

Um die Eignung der OSM-Daten für die barrierefreie Routenplanung einschätzen zu können, analysieren wir deren Qualität (MOBASHERI et al. 2015). Hierbei gibt es zwei verschiedene Ansätze: (1) die objektbasierte Analyse und Visualisierung der Vollständig von Attributen (z. B. `incline=*`, `sidewalk=*`, `surface=*`) und (2) die auf ein regelmäßiges Raster aggregierte Analyse der gleichen Parameter (z. B. OSMatrix, ROICK et al. 2011). Während die erstgenannte Methode die Identifizierung von konkreten Datenlücken und deren Beseitigung fördert, so ist die zweitgenannte Methode eher dafür geeignet verschiedene Regionen hinsichtlich der Datenvollständigkeit miteinander zu vergleichen.

## Danksagung

Die Forschungsarbeiten wurden gefördert durch das siebte Forschungsrahmenprogramm der europäischen Kommission (FP7/2007-2013) unter der Fördernummer: n°612096 (CAP4Access).

## Literatur

- HAHMANN, S. (2015), Detection of Urban Street Properties using Georeferenced Images and Interpretation from the Crowd. In: 1st International Land Use Symposium (ILUS).
- MAY, A. J., ROSS, T., BAYER, S. H. & TARKIAINEN, M. J. (2003), Pedestrian navigation aids: information requirements and design implications. *Personal and Ubiquitous Computing*, 7, 331-338.
- MOBASHERI, A., BAKILLAH, M., ROUSELL, A., HAHMANN, S., & ZIPF, A. (2015), On the completeness of sidewalk information in OpenStreetMap, a case study of Germany. In: The 18th AGILE International Conference on Geographic Information Science.
- MÜLLER, A., NEIS, P., & ZIPF, A. (2010), Ein Routenplaner für Rollstuhlfahrer auf der Basis von OpenStreetMap-Daten. Konzeption, Realisierung und Perspektiven. In: STROBL, J. et al. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2010*. Wichmann, Berlin/Offenbach, 258-261.
- NEIS, P., DIETZE, L. & ZIPF, A. (2007), A Web Accessibility Analysis Service based on the OpenLS Route Service. In: The 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science.
- NEIS, P. & ZIELSTRA, D. (2014), Generation of a tailored routing network for disabled people based on collaboratively collected geodata. *Applied Geography*, 47, 70-77.
- NEIS, P. & ZIPF, A. (2008), OpenRouteService.org is Three Times "Open": Combining OpenSource, OpenLS and OpenStreetMap. In: *Proceedings of the GIS Research UK 16th annual conference (GISRUK)*. Manchester.
- ROICK, O., HAGENAUER, J. & ZIPF, A. (2011), OSMatrix – Grid based analysis and visualization of OpenStreetMap. In *State of the Map EU*.
- ROUSELL, A., BAKILLAH, M., HAHMANN, S. & MOBASHERI, A. (2015), Extraction of landmarks from OpenStreetMap for use in navigational instructions. In: The 18th AGILE International Conference on Geographic Information Science.
- ROUSELL, A., HAHMANN, S. & MOBASHERI, A. (2016), A Two-Tiered Approach to OSM Data Collection for Novice Users. In: The 19th AGILE International Conference on Geographic Information Science.