

Partizipative Karten- und Routendienste für Menschen mit Mobilitätsbehinderung – Herausforderungen für Datenmodellierung und Interfacedesign

Wolfgang SCHUSTER

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.

Zusammenfassung

Von Seiten der Geoinformatik und verwandter Disziplinen bestehen inzwischen eine Reihe von Konzepten zur Datenmodellierung und zum Applikationsdesign von Karten- und Routendiensten für Menschen mit Mobilitätsbehinderung. Es haben sich allerdings noch keine genaueren Leitlinien zur Erhebung und Modellierung von entsprechenden Daten herausgebildet. Ein Grund dafür ist die hohe Komplexität und inhaltliche Breite der Thematik Barrierefreiheit im Spannungsfeld unterschiedlichster Behinderungsarten und der abzubildenden baulichen, häufig nicht barrierefreien Umwelt. Dies bedingt auch eine zeit- und kostenintensiven Erhebung und Aktualisierung von entsprechenden (Geo-)Daten. Ansätze aus dem Bereich Volunteered Geographic Information (VGI) bieten hier zwar eine Alternative, jedoch gibt es bisher nur sehr wenige Ansätze, wie solche kollaborativen Systeme für Menschen mit Mobilitätsbehinderung aufgebaut sein können.

Im Folgenden werden einige der methodischen Ansätze zur Gestaltung von Karten- und Routendiensten für Menschen mit Mobilitätsbehinderung vor allem in Bezug auf Datenmodellierung und Kollaborativität aufgezeigt und einige vorhandene Beispielanwendungen vergleichend vorgestellt. Anschließend werden in Bezug auf Vor- und Nachteile der vorgestellten Strategien und Anwendungen eigene Überlegungen zur Datenmodellierung und zum Aufbau von entsprechenden Diensten anhand eines im Aufbau befindlichen Systems besprochen. Um die Problemstellung zu strukturieren und einzugrenzen wird dabei im Folgenden sowohl bei den vorgestellten Systemen als auch bei den eigenen Überlegungen mehr auf Menschen mit Einschränkungen des Bewegungsapparats und weniger auf Menschen mit Sehbehinderung Bezug genommen.

1 Bestehende Systeme

1.1 Ausgangssituation

Seit etwa Mitte der 1990er-Jahre bestehen Überlegungen wie GI-Systeme für die Beschreibung und Analyse der Zugänglichkeiten von Gebäuden und öffentlichen Räumen eingesetzt werden können und wie darauf aufbauend beispielsweise analoge und digitale Karten als

Hilfestellung für Menschen mit Mobilitätsbehinderung erstellt werden können (z. B. MATTHEWS et al. 2003). Seit ca. 10 Jahren werden in diesem Zusammenhang verstärkt auch Routing- und Navigationslösungen besprochen und Anwendungen konzipiert (z. B. DEWEY 2003, BEALE et al. 2006, SOBEK & MILLER 2006, DING et al. 2007, HOLONE et al. 2007, KASEMSUPPAKORN & KARIMI 2008, MÜLLER et al. 2010, PRESSL & WIESER 2010). Die meisten dieser Anwendungen sind jedoch nur Prototypen, öffentliche bzw. kommerzielle Systeme wurden nicht daraus entwickelt. Dies liegt einerseits in der relativ kleinen, aber sehr heterogenen Zielgruppe (viele unterschiedliche Behinderungsarten). Andererseits sind die Inhalte der Thematik Barrierefreiheit vielschichtig und komplex und damit die technischen Anforderungen hoch. Das wohl größte Problem ist die Erfassung und laufende Aktualisierung relevanter Daten. Diese liegen weder bei amtlichen noch bei kommerziellen Anbietern in der notwendigen Auflösung vor, noch ist mittelfristig mit einer Erhebung durch diese Akteure zu rechnen (VÖLKELE et al. 2008). Die Erhebung von Daten durch Nutzerpartizipation im Sinne von Web 2.0 bzw. Volunteered Geographic Information (VGI) (GOODCHILD 2007) liegt daher nahe und wurde stellenweise schon diskutiert bzw. versuchsweise in erste Dienste umgesetzt (z. B. HOLONE et al. 2007, PALAZZI et al. 2010). Weitergehende Überlegungen zur Datenmodellierung bzw. insbesondere dem Interface-Design solcher Systeme fehlen allerdings.

1.2 Eigenschaften bestehender Systeme

Die ersten Routinganwendungen für Menschen mit Mobilitätsbehinderung waren noch nicht webbasiert (z. B. DEWEY 2003, BEALE et al. 2006), andere Systeme wurden bereits als Webanwendungen im Desktopbereich konzipiert (z. B. SOBEK & MILLER 2006). Aktuellere Anwendungen sind auch auf mobilen Clients lauffähig und beinhalten zum Teil partizipative Komponenten in Form von Einstufungsmöglichkeiten durch die Nutzer (z. B. HOLONE et al. 2007, VÖLKELE & WEBER 2009) bzw. die automatische Aufzeichnung von zurückgelegten Wegen durch Nutzer mit unterschiedlicher Behinderungen und die darauffolgende Generierung eines Wegesystems mit entsprechender Zugänglichkeiten (PALAZZI et al. 2010). PRESSL & WIESER (2010) verknüpfen barrierefreies Fußgängerouting auf der Basis von Openstreetmap zusätzlich multimodal mit anderen Verkehrsträgern.

Sehr unterschiedlich bei der Datenmodellierung ist der Detailgrad, in dem Daten über Barrieren vorliegen und das Verhältnis von Barrieren bzw. Barriereattributen und Wegenetz. Es existieren Lösungen, in denen die Barrieren als eigene Geoobjekte vorliegen und Lösungen, bei denen die Barrieren nur als Attributwerte von Kanten des Graphen vorhanden sind. Meistens beschränken sich die Attributwerte für Barriereobjekte bzw. Kanten auf einfache Einstufungen (teilweise generiert durch Nutzerpartizipation), seltener sind umfassendere Informationen zur baulichen Gestalt von Barrieren gespeichert. Gemeinsam ist allen vorgestellten Routinganwendungen, dass das Routing auf Graphen beruht und als Algorithmus ein Dijkstra-Algorithmus (teilweise in abgewandelter Form) verwendet wird.

Ein stark vernachlässigter Bereich sind Überlegungen, wie entsprechende Dienste auch für Zwecke der baulichen Planung verwendet werden können (eine Ausnahme bildet hier SOBEK & MILLER 2006). Auch wenn manche Hindernissituationen praktisch nicht beseitigt werden können (z. B. durch das Relief bestimmte), so ist es dennoch wichtig, dass entsprechende Dienste nicht nur den barriereärmsten Weg durch den baulichen Status quo aufzeigen können, sondern auch als genaues Kataster für Barrieren, die Identifikation besonders schwer wiegender Hindernisse zulassen und simulieren können, wie sich die Mobilität

durch Beseitigung solcher Hindernisse (oder auch nur durch deren bauliche Anpassung) verändert. Zuweilen genügt die Identifikation und nachfolgende Entfernung einzelner Hindernisse, um die Zugänglichkeit größerer räumlicher Bereiche deutlich zu erhöhen.

1.3 Beispiele für frei verfügbare partizipative Karten- und Routendienste für Menschen mit Mobilitätsbehinderung

Sehr erfolgreich in der Datengenerierung ist der Dienst wheelmap.org des Vereins Sozialhelden e.V. aus Berlin. Der Dienst stellt eine relevante Auswahl an POIs der Openstreetmap dar, die von Nutzern in die Kategorien ‚Rollstuhlgerecht: Ja/Teilweise/Nein‘ eingeordnet werden können. Das Userinterface des Systems ist sehr einfach und übersichtlich gestaltet und ermöglicht auch für nicht angemeldete User die Einordnung der POIs in die Kategorien. Es existieren zudem eigene Applikationen für iPhone und Android-Smartphones. Bis heute wurden weltweit ca. 190.000 Einrichtungen erfasst (Stand Januar 2012), täglich kommen ca. 100 neue Einträge hinzu (SOZIALHELDEN E.V. 2012). Der Dienst zeigt somit eindrucksvoll auf, unter welchen Voraussetzungen Volunteered Geographic Information im Bereich barrierefreie Mobilität funktionieren kann.

Allerdings behandelt der Dienst nur wenige Fälle von Barrieren im öffentlichen Raum, lässt also (noch) keine Routenfindung oder ähnliches zu. Aussagen über die barrierefreie Zugänglichkeit zu einem POI können also im Einzelfall dadurch geschmälert werden, dass der eigentliche Weg zum POI möglicherweise nicht barrierefrei ist. Zudem sind die Aussagen auf Rollstuhlfahrer beschränkt und stark vereinfacht und gelten somit häufig nur bedingt für andere mobilitätsbehinderte Nutzergruppen. Jedoch ermöglicht gerade die Einfachheit des Interface und der Daten(-kategorien) die einfache und schnelle Einstufung der Einrichtungen und garantiert damit den Erfolg des Systems.

Eine Möglichkeit via Internet Routen für Rollstuhlfahrer berechnen zu lassen, bietet rollstuhlrouting.de (MÜLLER et al. 2010). Datengrundlage bildet wie bei wheelmap.org die OSM, der Schwerpunkt liegt aber auf Wegen im öffentlichen Raum. Dadurch ist auch die den Objekten zugrunde liegende Datenstruktur komplizierter, da sie die Grundlage für die Bildung von Kosten für das Routing darstellt. Auch hier birgt die Grundlage OSM die Chance, dass Nutzer des Diensts zugleich auch zu Datenproduzenten werden. Jedoch ist momentan ein sinnvolles Routing auf nur zwei Testgebiete in Bonn und Heidelberg begrenzt. Dies zeigt, dass die kompliziertere Datenstruktur (und damit auch erschwerte Datenerfassung) und ein Fehlen eines einfachen Dateneditors eine weitreichende und schnelle kollaborative Datenerfassung deutlich erschweren. Problematisch ist an dieser Stelle auch die sehr offene Struktur von OSM, die nahezu beliebige Attributierungen zulässt und somit einer Festigung eines Standards für die Datenstruktur für Barrieren u. ä. in OSM – die von rollstuhlrouting.de in geeigneter Form vorgeschlagen wird – eher entgegensteht. Aktuell in OSM vorkommende Typen für Barrieren und deren Attribute sind häufig sehr heterogen und z. B. je nach Erheber/Stadtraum unterschiedlich.

Eine Erweiterung des Personenkreises, der Daten erfassen möchte und kann, über die OSM-Community hinaus nach dem Vorbild von wheelmap.org, ist sicherlich sinnvoll. Hier sind aber deutlich einfachere Möglichkeiten zur Datenerfassung und -manipulation mit zusätzlichen Hilfestellungen nötig. Denn Dateneditoren, wie sie für OSM bestehen, sind zwar inzwischen häufig komfortabel zu bedienen und verfügen über einen sehr großen Funktionsumfang, sie sind in ihrer Struktur letztlich aber dennoch Expertenwerkzeuge und

können nicht dazu dienen, für breite Nutzerschichten geeignete Werkzeuge zur schnellen und einfachen (Geo-)Datenbearbeitung im Bereich barrierefreie Mobilität zur Verfügung zu stellen. Entsprechende Werkzeuge sollten deshalb direkt in einen Karten- und Routendienst integriert sein und Nutzerbeiträge ohne Anmeldeprozeduren ermöglichen, um die Schwelle einer kollaborativen Nutzerbeteiligung möglichst niedrig zu halten.

2 Herausforderungen und Strategien

Die vorgestellten Datenmodelle und Anwendungen zeigen hauptsächlich zwei Herausforderungen bei der Entwicklung von Karten- und Routendiensten für Menschen mit Mobilitätsbehinderung auf: Erstens ein flexibles Datenmodell, das es erlaubt, Spezifika für verschiedene Behinderungsarten, Barrierenobjekte und deren Eigenschaften und ein Wegenetz in geeigneter Form abzubilden, zur Verfügung zu stellen und für breite Nutzerschichten an geeigneten Stellen editierbar zu machen. Zweitens eine einfache, überwiegend selbsterklärende Gestaltung des Interface (verbunden mit einem klaren Kartendesign), das den Nutzer neben einer einfachen Informationsabfrage auch dazu ermutigt, gestützt durch laufende Hilfestellungen, selbst Daten einzugeben.

2.1 Datenmodellierung

In Bezug auf das Verhältnis von Wegenetz zu Barrieren (siehe auch Punkt 1.2) wird an dieser Stelle für eine relativ starke Trennung von Barriereobjekten und Wegenetz plädiert. Dies hat mehrere Gründe: Nutzer, die ja auch selbst zu Datenproduzenten werden sollen, denken mehr in einzelnen „Barrierephänomenen“, als in einem gewichteten Wegenetz, auf dessen Wegen Barrieren zu erhöhten Widerständen/Kosten führen. Eine Erhebung sollte also möglichst direkt die Barrierephänomene und deren bauliche Eigenschaften abbilden (also z. B. eine Treppe mit \times Stufen, ein Bereich mit Kopfsteinpflaster etc.). Ein sinnvoller Einsatz eines Diensts für Planungszwecke ist vor allem dann möglich, wenn die Barrieren (auch) einzeln in ihrer baulichen Gestalt vorliegen. Zudem liegen zuweilen in Städten manche Barriereobjekte bereits als Datenobjekte vor (z. B. Gehwege mit Belagsart als Polygone) und können so relativ schnell in ein System übernommen werden. Auch ist eine strukturelle Änderung des Wegenetzes bis hin zu einem möglichen Austausch des Graphen durch eine möglicherweise besser geeignete zelluläre Datengrundlage zur Routenberechnung bei vom Wegenetz getrennt vorliegenden Barriereobjekten einfacher möglich.

Werden im Gegensatz zu den persönlichen Einschätzungen von Nutzern zu Barrieren bzw. ganzen Wegsegmenten mehr die direkten baulichen Eigenschaften von (Einzel-)Barrieren erfasst, ist es zudem einfacher, diese Aussagen für sehr viele Behinderungsarten zu verwenden. Eine subjektive Einschätzung gilt häufig nur für die Behinderungsart des erhebenden Nutzers (HOLONE et al. 2007, VÖLKE & WEBER 2009). Allerdings ist eine detaillierte Erfassung im Vergleich zu persönlichen Einschätzungen aufwendiger. Hier gilt es Methoden zu entwickeln, die auch eine abgestufte Erhebung von Barrieren zulassen (z. B. zuerst nur die einfache Erfassung einer Treppe mit deren Stufenanzahl und dann stufenweise eine genauere Erhebung auch durch andere Nutzer), das Routing sollte jedoch sowohl die einfach strukturierten Barrieren als auch alle relevanten Attribute detailliert vorliegender Barrieren berücksichtigen.

Prinzipiell ermöglicht ein solches Datenmodell, dass durch Nutzer geänderte Barriereobjekte sofort Einfluss auf das Routingverhalten des Systems haben. Somit ist es auch als Planungsinstrument, das Auswirkungen baulicher Veränderungen simulieren kann, geeignet.

Die für das Routing notwendige Verknüpfung von Barriereobjekten und Wegenetz geschieht räumlich. Das heißt, wenn ein Barriereobjekt auf einer Kante liegt, werden die Kosten zur Überwindung der Barriere der Kante hinzugefügt. Dabei ist es wichtig, dass eine Barriere auf einer Kante nicht per se zum Abbruch des Routings an dieser Stelle führt (oder z. B. wie bei SOBEK & MILLER (2006) die Kante ganz aus dem Netz genommen wird), sondern möglicherweise auch nur zu einer gewissen Erhöhung der Kosten dieser Kante führt. Für die Berechnung eines optimierten Weges ist unter Umständen nicht nur die absolute (Nicht-)Zugänglichkeit sondern eben auch die relative (Nicht-)Zugänglichkeit eines Gebäudes oder städtischen Raums entscheidend (CHURCH & MARSTON 2003). Das heißt, bei der Einschätzung von Barrieren sind Funktionen wie die vereinfachten Beispiele in Abbildung 1 nötig, die wie in (1) dargestellt abhängig von der k -ten Behinderungsart aus den Attributwerten x_{ij1} bis x_{ijn_i} der j -ten Barriere eines i -ten Barrieretyps einen Kostenwert c_{ijk} berechnen.

$$c_{ijk} = f_{ik}(x_{ij1}, \dots, x_{ijn_i}) \quad (1)$$

$$c_{Edge} = \sum_{i=1}^{n_{bType}} \omega_i \cdot \left(\sum_{j \in M_{iEdge}} c_{ijk} l_{ijEdge} \right) \quad (2)$$

Der Kostenwert einer einzelnen Kante c_{Edge} in Bezug auf Barrieren errechnet sich damit wie in (2) dargestellt aus der Summe der Kostenwerte der Barrieren c_{ijk} auf dieser Kante ($M_{iEdge} = \{j \mid \text{Barriere } j \text{ des Typs } i \text{ liegt auf Kante } Edge\}$) für alle i Barrieretypen. Dabei werden die Kosten der Barrieretypen untereinander noch mit ω_i gewichtet. Im Fall von Barrieren, deren Länge auf die jeweiligen Kosten einen Einfluss haben (z. B. Bodenbelag), wird c_{ijk} noch mit der Länge der Barriere in Bezug auf die Kante (l_{ijEdge}) multipliziert; für den Fall, dass die Länge der Barriere keine Rolle spielt, ist $l_{ijEdge} = 1$.

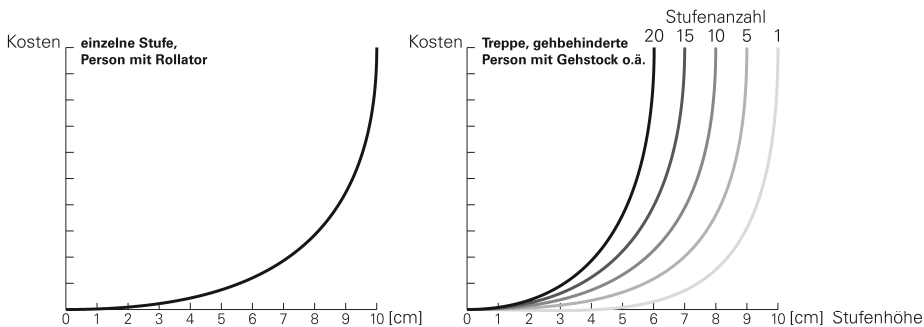


Abb. 1: Beispielhafte und vereinfachte Funktionen zur Berechnung von Kostenwerten von Stufen- bzw. Treppenobjekten für unterschiedliche Behinderungsarten

Ein großes Problem stellt hierbei die genaue Strukturierung der Attributfunktion f_{ik} dar. Innerhalb eines Barrieretyps stehen sich Attribute völlig unterschiedlicher Skalierung

gegenüber und müssen funktional miteinander verrechnet werden (z. B. bei Treppen: Stufenanzahl, Stufenhöhe/-tiefe, ausreichender Handlauf ja/nein). Des Weiteren müssen die Gewichtungen der Kostenfaktoren ω_i der unterschiedlichen Barrieretypen untereinander sinnvoll austariert werden.

Eine weitere Rolle im Datenmodell sollten der Faktor Zeit und weitere äußere Einflüsse spielen. Die von VÖLKE & WEBER (2009) vorgeschlagene Struktur zur automatischen Bedeutungsminderung von älteren Nutzereinschätzungen spielen zwar im Fall eines eher auf baulichen Strukturen abzielenden Datenmodells eine untergeordnete Rolle, aber auch in diesem Fall sind Barrieren teilweise vom Faktor Zeit und anderen äußeren Faktoren abhängig: beispielsweise zeitlich begrenzte Barrieren durch Baustellen oder Veranstaltungen bzw. veränderte Barriereattribute durch Tageszeit (z. B. schlecht beleuchtete Treppen) oder Witterung (z. B. glatter Bodenbelag durch Nässe).

2.2 Nutzerpartizipation

Eine Herausforderung der Interaktionsgestaltung von Funktionen der Nutzerpartizipation ist vor allem die Geodatenerfassung. Gerade auf mobilen Clients ist diese insbesondere für Laien mühevoll und ungewohnt. So ist es wichtig, möglichst viele Geometrieobjekte (wenn vorhanden) schon in der Datenbank vorzuhalten, die von Nutzern nur noch attribuiert werden müssen. Funktionen zur Neuerfassung müssen dementsprechend einfach gestaltet sein; zum Beispiel ähnlich zu Markierungs- bzw. Freihandwerkzeugen in Graphikprogrammen, um eine mühsame Stützpunktdigitalisierung zu vermeiden bzw. mit entsprechenden Snapping-Funktionen versehen. Formulare zur Attributierung müssen einfach gestaltet sein und Hilfestellungen in Bezug auf die zu erhebenden Barriereattribute enthalten. Im Zusammenhang eines abgestuften Detailgrads von Barrieren muss klar ersichtlich sein, welche wenigen Attribute zwingend zu erfassen sind und welche nicht unbedingt erfasst werden müssen. Um den Detailgrad der Daten weiter zu erhöhen, könnte beispielsweise das System bei der Ausgabe einer Route zurückmelden, welche Barrieren auf der Route noch genauer attribuiert werden können.

3 Kollaborativer Karten- und Routendienst für Menschen mit Mobilitätsbehinderung mit Open-Source-Komponenten

3.1 Anwendungskonzeption

Die in Aufbau befindliche Anwendung soll als möglichst flexible Testumgebung für die Untersuchung geeigneter Datenbankmodelle und vor allem Interaktionsstrukturen kollaborativ ausgelegter Karten- und Routendienste für Menschen mit Mobilitätsbehinderung unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Eigenschaften dienen. Durch die sehr detaillierten Daten, die über Barrieren für die Innenstadt von Augsburg aus einem früheren Projekt vorliegen und in die Anwendung übernommen werden können, wird der Dienst aber auch schon in dieser Prototypphase mit weitgehenden Funktionen und realistisch einsetzbar der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

Nachdem serverseitig Datenbank(-modell) und Strukturen für Client-Server-Kommunikation, Barrierengewichtung und Routing bereits erstellt wurden, liegt der Schwerpunkt der

aktuellen Entwicklung auf der Erstellung des Webinterface. Parallel dazu werden Analysen für die Einstufungsfunktionen verschiedener Barriereattribute und -typen vorgenommen. In einem letzten Schritt soll die Übertragung der Client-Anwendung auf mobile Endgeräte (Smartphones) erfolgen. Hier stellt sich allerdings die Frage, ob eine rein browserbasierte Variante für mehrere Plattformen (bei allen Einschränkungen durch verschiedene Browser) oder ob native Anwendungen sinnvoller sind (auch in Hinblick auf eine weitergehende Unterstützung von Komponenten wie GPS und eingebauten Kameras u. ä.).

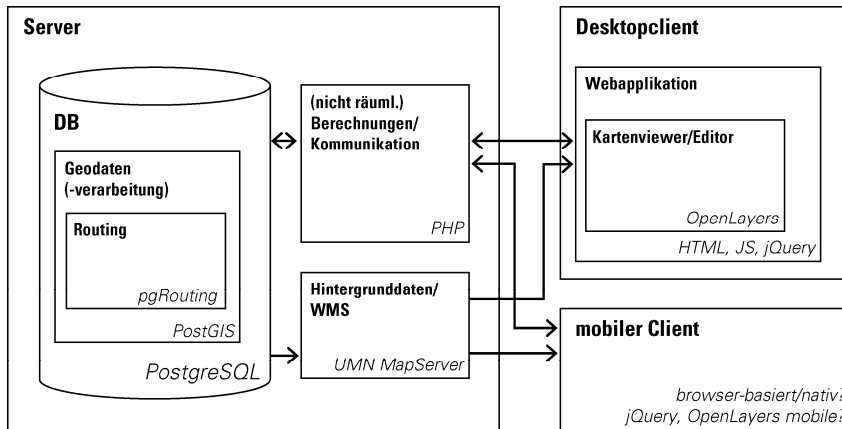


Abb. 2: Softwarearchitektur der Anwendung

Der Dienst setzt sich vollständig aus Open-Source-Softwarekomponenten zusammen (vgl. Abbildung 2). Als Datenbank wird PostgreSQL mit den Aufsätzen PostGIS und als Routingkomponente pgRouting verwendet. Auf Clientseite kommt als Kartenviewer OpenLayers verbunden mit Elementen des JavaScript-Frameworks jQuery zum Einsatz. Letzteres erleichtert die Gestaltung des Interface (auch in Hinblick auf verschiedene zu testende Interface-Alternativen) und die asynchrone Kommunikation mit dem Server. Routenberechnungen erfolgen direkt in der Datenbank, die funktionale Berechnung der Barriereattribute und Gewichtung der Kostenfaktoren serverseitig in PHP, das auch die Kommunikation von Server und Client übernimmt. Räumliche Daten, die editiert werden können, werden als Vektorfeatures in OpenLayers dargestellt, reine Hintergrunddaten werden in Zukunft mittels WMS (UMN MapServer) hinzugeladen.

3.2 Datenmodell

Das Datenmodell (siehe auch Abbildung 3) setzt die in Punkt 2.1 angesprochene weitgehende Trennung von Barriereobjekten und Wegenetz um. Barrieren, die punktförmig auf Kanten bzw. die Kostenberechnung einwirken (z. B. Stufen, Engstellen), werden durch Linien („quer zu den Wegen/zur Laufrichtung“) repräsentiert, da diese Barrieren (z. B. im Fall einer längeren Stufe) auch auf zwei oder mehr Kanten liegen können. Barrieren, deren Kosten mit der Länge der Barriere zunehmen (z. B. Bodenbelag, Steigungen) werden durch Polygone repräsentiert. Das Wegenetz liegt getrennt davon als ungerichteter Graph noch ohne Kosten vor.

Für das Routing werden entsprechend der Auswahl der k -ten Behinderungsart und möglicher weiterer Nutzereinstellungen für jede Barriere ein Kostenwert c_{ijk} ermittelt und wie in (2) (bzw. (3)) für jede Kante errechnet. Der Einbezug der zurückzulegenden Gesamtweglänge in die Routenberechnung (neben den Kostenwerten für Barrieren) ist momentan nur über die Addition der gewichteten Länge der Kanten ($\omega_{le} \cdot l_{Edge}$) möglich (in diesem Sinn ist auch ein zurückzulegendes Stück Weg eine Art Barriere). Die Einstellung der Gewichtung des Kostenfaktors Gesamtweglänge im Vergleich zum Kostenfaktor Barrieren ist über die Gewichtungsfaktoren ω_{le} und ω_{barr} möglich.

$$c_{Edge}' = \omega_{le} \cdot l_{Edge} + \omega_{barr} \left[\sum_{i=1}^{n_{bType}} \omega_i \cdot \left(\sum_{j \in M_{iEdge}} c_{ijk} \cdot l_{ijEdge} \right) \right] \quad (3)$$

Eine auf sukzessiver Normalisierung der Längenwerte beruhende Auftrennung der beiden Kostenfaktoren Weglänge und Barrieren wie bei VÖLKE & WEBER (2009) (und damit eine mögliche getrennte Gewichtung dieser Faktoren) ist auch vor dem Hintergrund weiterer möglicher Faktoren wie Sicherheit, Laufdauer oder Zahl der Straßenquerungen jedoch geplant. Das eigentliche Routing erfolgt über den Dijkstra-Algorithmus in pgRouting. Der performantere A-Star-Algorithmus scheidet durch die Heuristik Luftliniendistanz in Zusammenhang mit Hindernissen als Kostenfaktor aus. Eine alternative Heuristik wurde in diesem Fall noch nicht gefunden. Die Performance des Routings wird ohnehin deutlich mehr durch die vorgeschaltete Berechnung der Barrierekosten bzw. die räumliche Verknüpfung von Barriereobjekten und Kanten des Graphen beeinflusst als durch den eigentlichen Routenalgorithmus. Alternative Routenalgorithmus mit zusätzlichen Eigenschaften wie zum Beispiel Abbiegeregeln sind generell oder teils im momentanen Ausbaustand des Systems inhaltlich nicht nötig, werden aber weiter untersucht.

3.3 Partizipatives Userinterface

Abbildung 3 zeigt die möglichen Nutzerinteraktionen mit dem System auf. So können Nutzer Barriereobjekte editieren, ihre eigene Behinderungsart auswählen bzw. diese Einstellungen weiter personalisieren und für das eigentliche Routing Präferenzen festlegen. Eine Editiermöglichkeit des Wegenetzes wurde noch nicht umgesetzt.

Alle Barrieren können durch Nutzer momentan mit den einfachen Editorfunktionen von OpenLayers erfasst werden. Hier sind in Hinblick auf die Usability Anpassungen bzw. Vereinfachungen für den Nutzer notwendig (siehe auch Punkt 2.2). Attributdaten werden durch abgestufte Fragenkataloge erfasst. Das heißt, nur absolut notwendige und leicht rein optisch zu erfassende Attribute (z. B. Stufenanzahl einer Treppe) zu einer Barriere müssen vom Nutzer erfasst werden, alle anderen Werte sind nicht oder mit Default-Werten gefüllt und können nachträglich eingegeben werden. Somit ergibt sich auf datenstrukturell relativ einfache Weise die in Punkt 2.1 geforderte Möglichkeit eines abgestuften Detailgrads von Barrieren, ohne ein Routing erst nach vollständiger Erhebung aller Attribute zu ermöglichen. Die vereinfachte Möglichkeit der Attributierung der Barriere – auch in Hinblick auf ein kollaboratives System der Datengenerierung – auf eine möglichst schnelle und umfassende Erfassungsmöglichkeit eines Stadtraums, die für wichtiger angesehen wird als eine sehr detaillierte Erfassung von Barriereattributen.

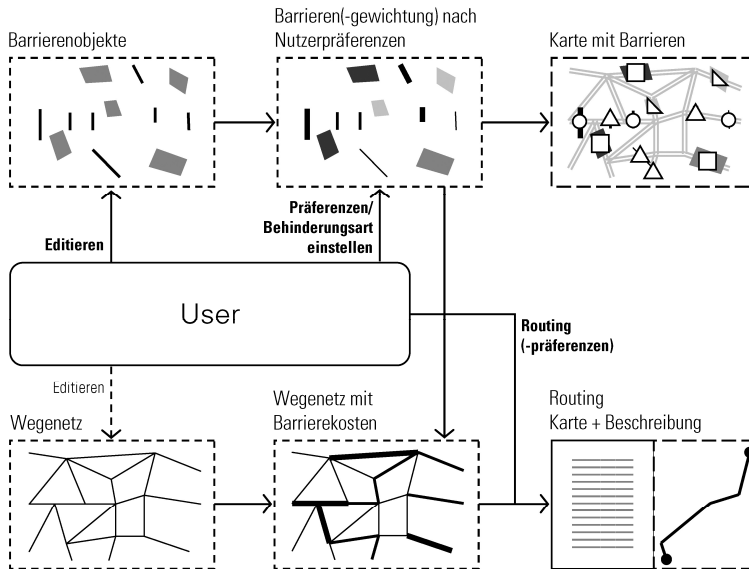


Abb. 3: Mögliche Nutzerinteraktionen im System

4 Fazit und Ausblick

Die vorgestellten Modellierungskonzepte und Beispielanwendungen zeigen zusammen mit den dargelegten eigenen Überlegungen die Herausforderungen für partizipativ ausgelegte Karten- und Routendienste für Menschen mit Mobilitätsbehinderung, aber auch Strategien zu deren Bewältigung auf. Die vorgestellte Anwendungsentwicklung soll neben dem parallelen Einsatz in der Öffentlichkeit vor allem als Plattform zur Untersuchung der Interaktionsgestaltung, aber auch der Datenmodellierung und Routenfindung solcher Systeme dienen. Einen Unterschied zu vorhandenen Systemen bildet insbesondere die Fokussierung auf einzelne Barrieren und damit die Übertragbarkeit auf viele unterschiedliche Behinderungsarten und eine Unterstützungsmöglichkeit für Planungsprozesse. Einfach strukturierte, in das System integrierte Editormöglichkeiten sollen die Erhebung und Editierung von Daten in abgestuften Detaillierungsgraden durch Nutzer erleichtern.

In Zukunft werden im Zusammenhang mit der vorgestellten Thematik verstärkt Entwicklungen in den Bereichen semantisches Routing und Augmented Reality weiter an Bedeutung gewinnen. Beide Verfahren können die Lesbarkeit von Informationen und Routen zur Barrierefreiheit im Vergleich zu den bisher entwickelten Systemen deutlich erhöhen. Die durchweg für das Routing verwendete ‚klassische‘ Datenstruktur eines Graphen ist eigentlich für Fußgängerrouting mit Bezug zu Barrieren nur suboptimal geeignet. Die Verwendung von Algorithmen, die auf zellulären Datenstrukturen und damit auf Flächen bezogen arbeiten, hätte deutliche Vorteile gegenüber der herkömmlichen Variante. Schließlich könnten, neben einer partizipativen Datenerhebung, Entwicklungen im Bereich des mobilen 3D-Laserscannings Möglichkeiten eröffnen, hochgenaue Daten von Barrieren automatisch und effektiv zu erheben.

Literatur

- BEALE, L., FIELD, K., BRIGGS, D. & PICTON, P. (2006), Mapping for Wheelchair Users: Route Navigation in Urban Spaces. In: *The Cartographic Journal*, 43/1, 68-81.
- CHURCH, R. & MARSTON, J. (2003), Measuring Accessibility for People with a Disability. In: *Geographical Analysis*, 35/1, 83-96.
- DEWEY, C. (2003), Barrierefrei durch die Stadt – Navigationsdienste für Rollstuhlfahrer. In: *GeoBIT*, 10/2003, 20-22.
- DING, D., PARMANTO, B., KARIMI, H., ROONGPIBOONSOPIT, D., PRAMANA, G., CONAHAN, H. & KASEMSUPPAKORN, P. (2007), Design considerations for a personalized wheelchair navigation system. In: *29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 4790-4793.
- GOODCHILD, M. (2007), Citizens as sensors: the world of volunteered geography. In: *GeoJournal*, 69 (4), 211-221.
- HOLONE, H., MISUND, G. & HOLMSTEDT, H. (2007), Users Are Doing It For Themselves: Pedestrian Navigation With User Generated Content. In: *Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, 91-99.
- KASEMSUPPAKORN, P. & KARIMI, H. (2008), Data requirements and a spatial database for personalized wheelchair navigation. In: *Proceedings of the 2nd International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology*, 31-34.
- MATTHEWS, M., BEALE, L., PICTON, P. & BRIGGS, D. (2003), Modelling Access with GIS in Urban Systems (MAGUS), capturing the experiences of wheelchair users. In: *Area*, 35/1, 34-45.
- MÜLLER, A., NEIS, P., AUER, M. & ZIPF, A. (2010), Ein Routenplaner für Rollstuhlfahrer auf der Basis von OpenStreetMap-Daten – Konzeption, Realisierung und Perspektiven. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg*. Berlin/Offenbach, 258-261.
- PALAZZI, C., TEODORI, L. & ROCCHETTI, M. (2010), Path 2.0: A participatory system for the generation of accessible routes. In: *Proceedings of ICME 2010*, 1707-1711.
- PRESSL, B. & WIESER, M. (2010), Datenmodellierung und Routenplanung für behinderte Personen auf der Basis von Fahrplänen. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg*. Berlin/Offenbach, 262-270.
- SOBEK, A. & MILLER, H. (2006), U-Access: a web-based system for routing pedestrians of differing abilities. In: *Journal of Geographical Systems*, 8/3, 269-287.
- SOZIALHELDEN E.V. (2012), *wheelmap.org*. <http://wheelmap.org/> (25.1.2012).
- VÖLKELE, T., KÜHN, R. & WEBER, G. (2008), Mobility Impaired Pedestrians Are Not Cars: Requirements for the Annotation of Geographical Data. In: MIESENBERGER, K., KLAUS, J., ZAGLER, W. & KARSHMER, A. (Hrsg.), *Proceedings of the 11th international conference on Computers Helping People with Special Needs*. Berlin/Heidelberg, 1085-1092.
- VÖLKELE, T. & WEBER, G. (2008), RouteCheckr: Personalized Multicriteria Routing for Mobility Impaired Pedestrians. In: HARPER, S. & BARRETO, A. (Eds.), *Proceedings of the 10th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. Berlin/Heidelberg, 185-192.