

Nutzersensitives Participatory Sensing von Fußgängerbarrieren

Wolfgang SCHUSTER

Institut für Geographie, Universität Augsburg · wolfgang.schuster@geo.uni-augsburg.de

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

Zusammenfassung

Trotz intensiver wissenschaftlicher Aktivitäten mit Bezug zum Thema ‚Volunteered Geographic Information‘ (VGI) sind viele Forschungsfragestellungen in diesem Bereich noch wenig bearbeitet. Dies gilt auch für die Modellierung von menschlichen Beobachtungen einschließlich deren Unschärfe bzw. Subjektivität und der Verknüpfung dieser Beobachtungen mit Informationen zum Nutzer selbst.

In Geodiensten für Menschen mit Mobilitätsbehinderung werden verstärkt nutzergenerierte Daten über Barrieren beispielsweise für Routenberechnungen verwendet. Hierbei zeigt sich eine Divergenz zwischen der Einfachheit der Datenerhebung durch die Nutzer und der Aussagekraft der erhobenen Daten: Ist die Datenerhebung einfach strukturiert, ist gewöhnlich auch der Grad der Nutzerpartizipation höher. Die Verwendbarkeit der Daten für unterschiedlich strukturierte Nutzer bzw. anspruchsvollere Analyseverfahren wie Routenberechnungen kann dadurch allerdings deutlich eingeschränkt sein. Sind die Daten – entsprechend der heterogenen Zielgruppe und anspruchsvollen Analyseverfahren – jedoch komplex strukturiert, kann die Erhebung so umständlich sein, dass die Beteiligung der Nutzer an der Datenerhebung zu gering ausfällt. Der vorgestellte Ansatz zeigt einen praxisgeleiteten Weg auf, wie Beobachtungen der Nutzer mit Informationen über die Nutzer verknüpft werden können und wie mithilfe der damit semantisch angereicherten Daten diese Divergenz verringert werden kann. Die Subjektivität und Unschärfe menschlicher Beobachtungen wird dabei auch berücksichtigt.

1 Allgemeine Entwicklungen und Stand der Forschung

1.1 People as Sensors

Gesellschaftlich-technologische Entwicklungen durch das Phänomen Web 2.0 haben zu einem Paradigmenwechsel sowohl in der Generierung und dem Austausch von räumlichen Informationen als auch in deren Inhalten und Eigenschaften geführt (ELWOOD et al. 2012). Menschen nutzen und konsumieren nicht nur mehr digitale (räumliche) Informationen, sondern werden – häufig unterstützt von mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets – auch zu Produzenten räumlicher Informationen. RESCH (2013) unterscheidet in diesem Zusammenhang die Begriffe ‚People as Sensors‘, ‚Collective Sensing‘ und ‚Citizen Science‘. Dabei beschreibt er ‚People as Sensors‘ als ein Messmodell, in welchem Menschen aktiv als nicht-technische Sensoren agieren. Messungen sind daher meist subjektive Beob-

achtungen, die über mobile Webapplikationen übermittelt und häufig für einen Webdienst weiterverwendet werden. ‚People as Sensors‘ ist damit gleichzusetzen mit GOODCHILDS (2007) ‚Citizens as Sensors‘ und eng verwandt mit ‚Participatory Sensing‘, das begrifflich noch deutlicher auf einen gewissen kollektiven Zweck fokussiert ist. Im Gegensatz dazu zielt ‚Collective Sensing‘ nicht auf die Einzelmessungen bzw. -beobachtungen einzelner Nutzer ab, sondern versucht im Sinne von ‚Crowdsourcing‘-Ansätzen große Mengen an aggregierten, anonymisierten Daten von bzw. über Nutzer für einen bestimmten Zweck mithilfe von Data Mining und ähnlichen Ansätzen zu analysieren.

Neben den technologischen und semantischen Herausforderungen in diesem Bereich wie der Schaffung von standardisierten Messinfrastrukturen, der Definition konsistenter semantischer Kodierungen zur Integration menschlicher Beobachtungen in vorhandene Sensorsysteme oder der Qualitätsbeurteilung von Daten stellt RESCH (2013) auch die Unschärfe und Subjektivität menschlicher Beobachtungen und deren Modellierung als Herausforderungen im Bereich ‚People as Sensors‘ heraus.

1.2 Geodienste für Menschen mit Mobilitätsbehinderung mit Partizipationskomponenten

Ein zentrales Problem bei der Entwicklung und dem Betrieb von Geodiensten für Menschen mit Mobilitätsbehinderung stellt die mangelnde Verfügbarkeit von detaillierten Daten über Barrieren dar (SCHUSTER 2012). Auch laufend notwendige Aktualisierungen der Daten sind eine Herausforderung. Zwar können unter Umständen für manche Barrieretypen auch Daten von amtlichen und kommerziellen Anbietern verwendet werden (beispielsweise detaillierte Oberflächenmodelle), dennoch ist es zumindest mittelfristig nicht absehbar, dass umfangreiche Daten zu baulichen Barrieren in einer quantitativ wie qualitativ ausreichenden Form vorliegen werden, um auf deren Basis beispielsweise eine sinnvolle Fußgängernavigation für Menschen mit unterschiedlichen Behinderungsarten entwickeln zu können.

Die Einbindung von Nutzern in die Erhebung und Aktualisierung relevanter Daten ist einerseits vor dem Hintergrund der Innovationen im Bereich VGI und andererseits gerade auch vor dem Hintergrund einer sehr deutlichen Nutzerzentrierung solcher Systeme naheliegend. Dementsprechend existieren in diesem Umfeld inzwischen einige Forschungsarbeiten mit jedoch unterschiedlichen technischen Herangehensweisen und inhaltlichen Schwerpunkten. Dabei können in Anlehnung an die obige Differenzierung der Begriffe ‚People as Sensors‘ und ‚Collective Sensing‘ auch in diesem Umfeld Arbeiten in diese Bereiche unterschieden werden. Dem Bereich ‚Collective Sensing‘ sind Anwendungen zuzurechnen, welche mittels GPS aufgezeichnete Trajektorien von mobilitätsbehinderten Nutzern analysieren und damit für ähnlich strukturierte Nutzer Wegempfehlungen zur Verfügung stellen (z. B. STEGELMEIER et al. 2006, PALAZZI et al. 2010). Bei der Mehrzahl der vorliegenden Anwendungen sollen Nutzer jedoch aktiv Beobachtungen oder Bewertungen zu Barrieren mitteilen bzw. auch genaue Messungen zu Barrieren durchführen. Diese Ansätze sind dem Bereich ‚People as Sensors‘ zuzurechnen. Der Ansatz von BERGNER et al. (2011) Barrieren mittels der Stressreaktion von Fußgängern (gemessen mit Smartbändern) zu identifizieren, spiegelt beide Bereiche partizipativer Datengenerierung wieder und erweitert diese um Ansätze aus dem ‚Emotional Sensing‘.

Beispiele für Anwendungen mit Bezug zu ‚People as Sensors‘ sind die Routing- bzw. Navigationsprototypen *OurWay* (u. a. HOLONE et al. 2007, HOLONE et al 2009) und *Route-*

Checkr (VÖLKELE & WEBER 2008). OurWay und die Arbeiten hierzu sind dabei sehr stark auf partizipative Datenerhebung bzw. auf die Entwicklung des Systems als soziale Applikation ausgerichtet. Mit *RoutCheckr* wurde versucht, technologische und routenalgorithmi-sche Fragen zu klären, im Besonderen auch in Bezug auf die Bewertungen von Nutzern mit unterschiedlichen Nutzerprofilen.

Openstreetmap stellt durch ihre globale Verfügbarkeit, ihren hohen Bekanntheitsgrad und ihre flexible Anpassbarkeit eine geeignete Plattform dar, entsprechende kollektive Nutzererhebungen über Barrieren zu sammeln und mit anderen Daten zu verknüpfen. Trotz der – datenstrukturell recht heterogenen – Erfassung von Barrieren in einigen Städten durch unterschiedliche Initiativen wurde bis heute kein umfassendes Routingsystem für Menschen mit Mobilitätsbehinderung auf der Basis von OSM entwickelt. Einen räumlich inselhaften Ansatz stellt *rollstuhlrouting.de* (MÜLLER et al. 2010) dar. Die für Laien allerdings doch recht komplizierte Dateneingabe in OSM bzw. die hier umfangreich notwendigen Einzelmessungen an Barrieren erschweren jedoch eine weitere Kartierung in verschiedenen Städten. Der im Routingkern auf *rollstuhlrouting.de* aufbauende Prototypdienst *EasyWheel* (MENKENS et al. 2011), der mobil nutzbare Eingabemasken für die Barrieren in OSM bereitstellt, mindert diese Nachteile. Der Dienst *Wheelmap.org* (SOZIALHELDEN E. V.) stellt zwar in der Quantität der bisher bewerteten Datensätze (über 300.000 im Januar 2013) und der Interfacegestaltung eine bemerkenswerte Anwendung dar, die Beschränkung auf die Nutzergruppe Rollstuhlfahrer und die recht einfache Datenstruktur (POIs in unterschiedlichen Kategorien, die in barrierefrei/bedingt barrierefrei/nicht barrierefrei eingeteilt werden können), machen es allerdings schwierig, daraus weitergehende Assistenzdienste für unterschiedlich strukturierte Nutzer abzuleiten.

2 Participatory Sensing von Fußgängerbarrieren

2.1 Allgemeine Problemstellung und Lösungsansatz

Geringe Nutzerbeteiligungen und heterogene Datenstrukturen und -inhalte können die für einen bestimmten inhaltlichen Zweck bestimmte Verwendung von Daten aus Nutzerpartizipation deutlich erschweren oder auch unmöglich machen. Wird versucht, durch komplexe Nutzerinterfaces den komplexen Dateninhalten Rechnung zu tragen, verringert sich häufig durch die komplizierter gestaltete und damit auch zeitaufwendigere Erhebung die Zahl potenzieller Datenproduzenten. Ein Weg, nutzergenerierte Daten quasi semantisch aufzuladen, besteht in der Kombination dieser Daten mit Daten über den Nutzer selbst. Messungen bzw. Beobachtungen eines Nutzers werden dabei nicht als absolut gesehen, sondern immer in Relation zu Eigenschaften des Nutzers. Auf diese Weise können Daten, die auf den subjektiven Erfahrungen eines Nutzers basieren und daher an sich nur für gleich strukturierte Nutzer gelten, objektiviert werden und somit auf alle Nutzer anwendbar sein. ORTMANN et al. (2012) schlagen beispielsweise in diesem Zusammenhang ein egozentrisches Referenzsystem vor, das die direkte Umprojektion von potenziell möglichen Handlungen eines Nutzers (bzw. dazu korrespondierende Werte) für einen anderen Nutzer (mit anderen Eigenschaften) erlaubt.

Im direkten thematischen Bezug zur partizipativen Erhebung von Fußgängerbarrieren und der Weiterverwendung dieser Daten für ein Fußgängerrountingsystem soll an dieser Stelle

ein Ansatz vorgestellt werden, der vom obigen Ansatz abweicht. Letzterer basiert auf Ähnlichkeiten zwischen Nutzern, die bei der direkten Umrechnung zwischen Nutzereigenschaften genutzt werden. Diese Ähnlichkeiten sind im konkreten Anwendungsfall aufgrund von eher niedrigen Nutzerzahlen und relativ heterogenen Nutzergruppen nur schwer zu definieren bzw. empirisch zu fundieren.

Der im Weiteren vorgestellte Ansatz setzt jede Beobachtung eines Nutzers in Relation zu Eigenschaften des jeweiligen Nutzers. Diese Eigenschaften werden als Potenziale eines Nutzers in Bezug auf räumliche Objekte modelliert. Im konkreten Anwendungsfall (Barrieren) also beispielsweise der maximale Gradient einer Steigung, der vom Nutzer noch problemlos überwunden werden kann. Erfolgt eine Bewertung durch den Nutzer, kann durch das bekannte Potenzial des Nutzers in gewissen Rahmen auf objektive (in diesem Fall baulich-strukturelle) Eigenschaften des Objekts geschlossen werden. Diese Eigenschaften stehen dann anderen Nutzern zur Verfügung. Die reale Umwelt dient also als virtueller objektivierter Referenzrahmen zwischen subjektiver partizipativer Datenerhebung und weiterer inhaltlicher Nutzung durch verschieden strukturierte Nutzer.

2.2 Nutzerselbsteinstufung

Bevor Nutzereigenschaften in Relation zu Beobachtungen von Nutzern gestellt werden können, müssen diese Eigenschaften bekannt sein. Sollen Nutzer die Eigenschaften selbst angeben, stellt sich hier das Problem, dass ein Eingabeinterface zwar einfach und intuitiv gestaltet sein sollte, aber dennoch den möglicherweise komplizierten Inhalten genügen muss. Dies gilt umso mehr, wenn die Eingabemöglichkeiten wie bei mobilen Geräten wie Smartphones eingeschränkter sind.

Im konkreten Anwendungsfall sollen spezifische Eigenschaften der Nutzer in Bezug auf die Überwindungsfähigkeit von verschiedenen Barrieren im Straßenraum bekannt sein. Diese können für verschieden strukturierte Nutzer völlig unterschiedlich ausfallen. Dabei hängt die persönliche Einschätzung, in welchem Maß eine potenzielle Barriere ein wirkliches Hindernis im speziellen Mobilitätsverhalten eines einzelnen Nutzers darstellt nicht nur von der Behinderungsart und dem zur Verfügung stehenden Hilfsmittel (z. B. Rollstuhl, Rollator, Krücken etc.) ab, sondern von weiteren sehr individuellen Eigenschaften des Nutzers und auch der genauen Ausgestaltung des Hilfsmittels. Eine genaue „Vermessung“ aller relevanten Eigenschaften des Nutzers und seines Hilfsmittels vor einer Nutzung eines auf partizipativen Daten beruhenden Routingdiensts ist weder technisch möglich, noch durch den Nutzer selbst leistbar, noch in einem Interface schnell abfragbar.

Um diese Probleme zu umgehen, wird in der vorgestellten Anwendung die Beziehung zwischen Nutzern und Barrieren mittels Nutzerpotenzialen hergestellt, welche die Widerstände angeben, die für einen in körperlichen Details beliebig strukturierter Nutzer bei der Überwindung einer Barriere auftreten. Potenziale im direkten Bezug zur baulichen Umwelt haben den Vorteil, dass diese unabhängig der ganz genauen körperlichen Eigenschaften der Nutzer interpretierbar und vergleichbar sind. Im Wesentlichen werden in der Anwendung die Potenziale für jeden Barrieretyp durch zwei Werte festgelegt: Ab welchem Wert (z. B. Rampensteigung, Stufenhöhe) kann eine Barriere nicht mehr problemlos überwunden werden? Und ab welchem Wert kann die Barriere nicht mehr überwunden werden?

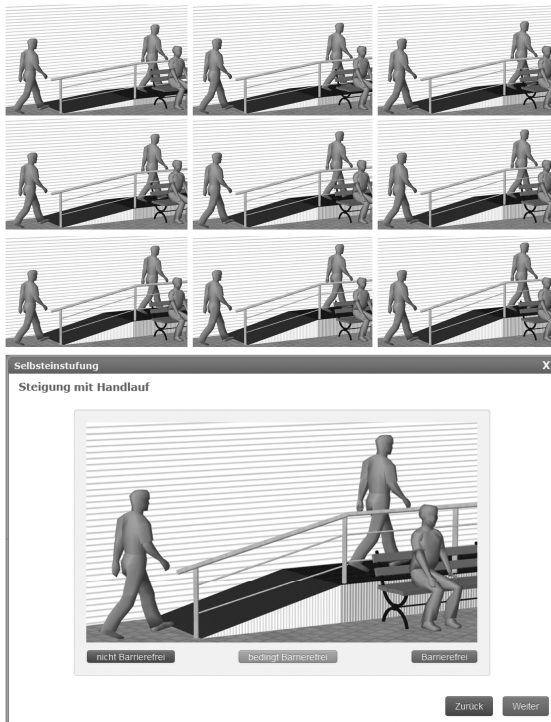


Abb. 1: Ausschnitt einer Bilderserie zur Selbsteinstufung (oben) und Anwendungsscreenshot zur Selbsteinstufung (unten)

Nutzer sollen also für relevante Barrieretypen jeweils diese beiden Werte angeben. Da (mit Ausnahme mancher Rollstuhlfahrer) meist auch mobilitätsbehinderte Nutzer diese Werte über sich selbst nicht kennen, wurde in der Anwendung versucht, mittels virtueller Bilderserien (vgl. Abb. 1) die relevanten Werte eingrenzbar zu machen. Testreihen mit Fotoaufnahmen realer Barrieren scheiterten daran, dass diese aufgrund unterschiedlicher struktureller Merkmale nicht vergleichbar waren und dass die Bildwinkel nicht zum vergleichbaren Erkennen der relevanten Merkmale geeignet ausgewählt werden konnten. Deshalb wurden Bildserien von virtuellen Barriersituationen erstellt, bei denen sich jeweils die zentrale Barriereeigenschaft sukzessive ändert. Um durch die Bilderserie eine spezifische Barriereeigenschaft isoliert einschätzen zu können (z. B. die Steigung einer Rampe), wurde bei den virtuellen Bilderserien versucht, andere, die Barriere negativ beeinflussende Strukturen wie Länge der Barriere, unebener Belag etc. zu minimieren. Zur besseren Einschätzung von Größen- und Lagerrelationen wurden stilisierten Figuren und Straßenmobiliar mit in die Abbildungen aufgenommen. Ein angepasster Auswahlalgorithmus hält die Zahl an notwendigen Klicks pro Einstufung gering.

Die Selbsteinstufung nach Bildern basiert, wie andere Bestandteile des Gesamtansatzes auch, auf der umweltpsychologischen Affordance-Theorie von GIBSON (1977). Diese stellt spezifischen Eigenschaften von Menschen die visuelle Wahrnehmung von Umweltobjekten und deren Eigenschaften gegenüber und leitet daraus Aktionspotenziale dieser Umweltobjekte ab. Bei der Betrachtung einer Rampe bringt demnach ein Mensch seine persönlichen Eigenschaften in Relation zu den Eigenschaften der Rampe (z. B. deren Gradient und ein eventuell vorhandener Handlauf) und leitet daraus ein Aktionspotenzial dieser Rampe ab:

d. h., besitzt die Rampe die Eigenschaft ‚Überquerbarkeit‘ oder nicht (KINSELLA-SHAW et al. 1992). Diese theoretische Sichtweise ist sowohl implizit bei der Betrachtung der Bilderserien, als auch explizit bei der folgenden Bewertung realräumlicher Barrieren relevant.

2.3 Bewertung von Fußgängerbarrieren

Um die Einstufung für den Nutzer einfach und intuitiv zu halten, erfolgt die Bewertung von Barrieren durch ein einfaches Ampelsystem: barrierefrei/bedingt barrierefrei/nicht barrierefrei. Diese Kategorisierung hat sich in vergleichbaren Informationssystemen bzw. auch Printprodukten (z. B. Tourismusführer) bewährt. Stuft ein Nutzer eine Barriere ein, wird auf dessen vorher erfolgte Selbsteinstufung (siehe Punkt 2.2) zurückgegriffen. Wird beispielsweise eine Steigung durch einen Nutzer als ‚barrierefrei‘ eingeschätzt, dessen durch die Selbsteinstufung festgelegtes Potenzial eine Steigung problemlos zu überwinden 12 % beträgt, kann daraus geschlossen werden, dass die Steigung ungefähr einen Gradienten von 0-12 % aufweist. Da allerdings sowohl die Selbsteinstufung des Nutzers als auch die Bewertung der Barriere auf menschlichen Einschätzungen beruhen, muss die damit einhergehende Unschärfe modelliert werden. Dies geschieht mit Möglichkeitsverteilungen (ZADEH 1978). Jede einzelne Bewertung eines Nutzers wird durch eine abschnittsweise definierte Möglichkeitsverteilung repräsentiert (vgl. Abb. 2), welche einen konstanten Möglichkeitsgrad vom Wert 1 („uneingeschränkt möglich“) im Werteintervall aufweist, das durch die Selbsteinstufung festgelegt ist (im obigen Beispiel 0-12 %). Außerhalb des Werteintervalls fallen die Möglichkeitsgrade bis auf den Wert 0 („nicht möglich“) ab. Die Möglichkeitsverteilungen stellen die eigentlichen Beobachtungen der Nutzer in Relation zu deren spezifischen Eigenschaften dar.

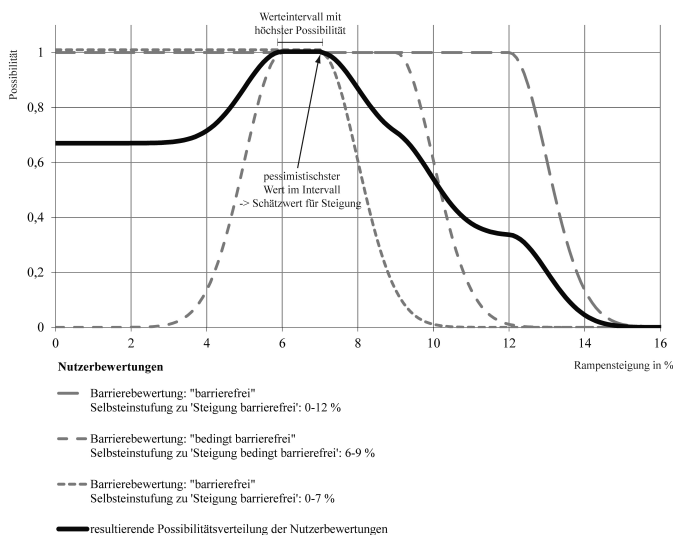


Abb. 2: Möglichkeitsverteilungen der Nutzerbewertungen einer Steigung und resultierende Möglichkeitsverteilung

Die Anwendung ist so konzipiert, dass eine Barriere bereits nach der Bewertung durch einen Nutzer in die Routenberechnungen miteinbezogen wird. Die Genauigkeit der Schät-

zung durch einen Nutzer ist jedoch in den meisten Fällen noch relativ ungenau, da die Schätzung ein unscharfes Werteintervall darstellt. Erfolgt eine Routenberechnung aufgrund der bewerteten Barriere, fließt in die Berechnung allerdings nicht das gesamte Werteintervall mit dem höchsten Possibilitätsgrad ein, sondern aus inhaltlich-logischen Gründen nur der in Bezug auf die Barrierefreiheit pessimistischste Wert des Intervalls (vgl. Abb. 2).

Eigentliches Ziel im Sinne kollektiver Datenerhebung ist es, möglichst viele Einschätzungen von unterschiedlichen Nutzern zu einer Barriere zu erhalten. Dabei ergibt die Summe der Beobachtungen (also Possibilitätsverteilungen) von unterschiedlichen Nutzern zu einer Barriere eine neue Possibilitätsverteilung, deren Werteintervall mit dem höchsten Possibilitätsgrad in günstigsten Fall sehr schmal ist, sodass der wahre Wert eines Barriereattributs möglichst genau bestimmt werden kann (vgl. Abb. 2).

2.4 Beurteilung der Überwindbarkeit von Barrieren und Routing

Die durch die Selbsteinstufung festgestellten Eigenschaften der Nutzer sind neben der Datenerfassung auch bei der Beurteilung der Überwindbarkeit von vorhandenen, bereits bewerteten Barrieren von Bedeutung. Die durch Nutzerbewertungen eingegrenzten Eigenschaftswerte vorhandener Barrieren werden dabei mit den korrespondierenden Potenzialen von Nutzern in Relation gesetzt und daraus Kostenfaktoren errechnet, welche die Widerstände bei der Überwindung dieser Barrieren widerspiegeln. Eine genauere Beschreibung dieser Berechnungen geht über den Rahmen dieses Aufsatzes hinaus. Unter Verwendung eines mit den Barrieren verknüpften Wegegraphen können auf der Grundlage dieser Kostenfaktoren mittels Shortest-Path-Algorithmen nutzerspezifische, barrierearme Routen berechnet werden.

2.5 Anwendungsumsetzung

Um den oben besprochenen Ansatz auf seine Praktikabilität zu testen bzw. in Teilen hierfür noch notwendige empirische Erhebungen durchzuführen, wurde eine prototypische Testanwendung entwickelt. Die Grundfunktionalitäten wurden bereits umgesetzt und verschiedene Testreihen durchgeführt. In Zukunft wird das System schrittweise in inhaltlicher wie technologischer Form weiter verfeinert und ausgebaut.

Die Client-Server-Architektur des Systems ist als Webapplikation auf den webbasierten, mobilen Einsatz auf verschiedenen Plattformen zugeschnitten. Zusätzlich wurde ein Desktopinterface entwickelt. Die Anwendung wird durchgehend mit freier Software realisiert. Neben wissenschaftlich-technologischen Argumenten kann hierfür auch das im vorgestellten thematischen Umfeld nur bedingt vorhandene finanzielle Potenzial für kommerzielle Systeme als Grund genannt werden.

Als Datenbank fungiert PostgreSQL mit dem Aufsatz PostGIS für Geodaten bzw. pgRouting für die Routingfunktionalität. Als Kartenviewer und -editor wird OpenLayers verwendet. Dieser ist in das JavaScript-Framework jQuery bzw. jQuery mobile eingebettet, um insbesondere für mobile Endgeräte die browserbasierte plattformübergreifende Anwendungsentwicklung zu erleichtern. Hintergrunddaten liefert ein eigener WMS (GeoServer).

Als realer Testraum fungiert das Wegesystem des Campus der Universität Augsburg und hier vorliegender Barrieren wie Steigungen, Rampen, Treppen etc. Mit (nicht mobilitätsbe-

hinderten) Studierenden simulierte Testreihen zeigen, dass die vorgestellte Selbsteinstufung, die darauf aufbauenden Bewertungen und daraus resultierende Routenvorschläge des Systems grundlegend funktionieren. Die Testreihen machen jedoch auch deutlich, dass im Detail vor allem hinsichtlich der Vergleichbarkeit von Einschätzungen und der „Feinjustierung“ von aus den Barrieren und den Nutzerelbsteinstufungen resultierenden Routen noch erheblicher weiterer Arbeits- und Forschungsaufwand bestehen. Abbildung 3 zeigt auf der Grundlage von partizipativ erhobenen Barrieren beispielhaft die barriereärmste Route für einen Rollstuhlfahrer.

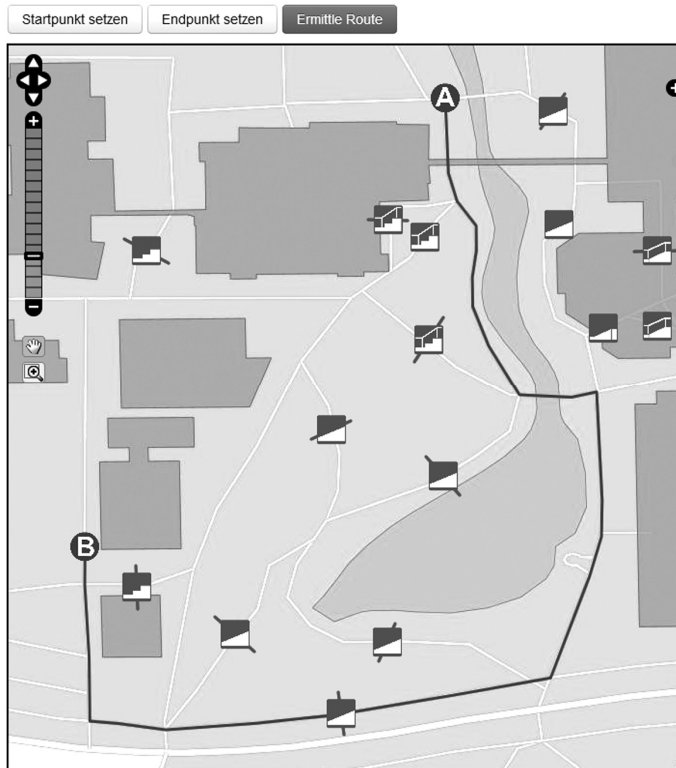


Abb. 3:
Anwendungsscreenshot
– barriereärmste Route

3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Der vorgestellte Ansatz schlägt zur Verbesserung des Informationsgehalts bei nutzergenerierten Daten und zur gleichzeitigen Beibehaltung eines möglichst einfachen Erhebungsinterface die Einbeziehung von Informationen über den Nutzer in die Beobachtungen des Nutzers vor. Im konkreten Anwendungsfall werden die relevanten Informationen über den Nutzer über Nutzerelbsteinstufungen mittels Bilderserien ermittelt. Die unscharfen nutzersensitiven Beobachtungen werden mittels Possibilitätsverteilungen modelliert, welche in ihrer Summe dann auch bei mehreren Beobachtungen verschiedener Nutzer in Bezug auf eine Barriere zur Beurteilung der Barriere herangezogen werden. Die reale Umwelt dient

als objektiver virtueller Referenzrahmen, auf den die Bewertungen der Nutzer mittels der Werte aus der Selbsteinstufung zurückgeführt werden und von dem aus wiederum mittels dieser Werte die nutzersensitiven Einteilungen der Widerstände der Barrieren (als Kostenfaktoren für das Routing) für die Nutzer gewonnen werden.

Kleinere Feldtests haben gezeigt, dass diese Art der Erhebung funktioniert und der Umfang der generierten Informationen für eine Routenberechnung ausreicht, ohne dass aufwendige Messungen durch die Nutzer notwendig sind. Allerdings ist die Anzahl an möglichen Barrieretypen im System noch relativ gering und daher die Aussagekraft eingeschränkt. Auch bestehen bei den systeminternen Parametern und Funktionen, die aktuell nur über die erzeugte Route empirisch validiert sind, noch Unsicherheiten. Auch ist fraglich, ob Nutzer überhaupt daran interessiert sind, Barrieren explizit als „barrierefrei“ bzw. „bedingt barrierefrei“ zu bewerten, da dies keinen wirklichen Mehrwert für sie bedeutet. In dieser Hinsicht würde nur die Bewertung mit „nicht barrierefrei“ Sinn machen, da eine Erst- bzw. Neubewertung einer Barriere mit „nicht barrierefrei“ zumindest mit einer neuen gangbaren Route ‚belohnt‘ wird (HOLONE et al. 2009).

Vor den Hintergrund dieser Einschränkungen sind deshalb weitere Entwicklungen am System notwendig. Dies gilt für die inhaltliche Breite (z. B. weitere Barrieretypen), den technischen Funktionsumfang (z. B. eventuell weiter reduzierte Bewertungen) und die Algorithmik (u. a. Feintuning und empirische Validierung der zugrunde liegenden Funktionen und Parameter). Daneben gilt es für die Zukunft, den erarbeiteten Ansatz mit aktuellen Standardisierungsansätzen (v. a. Sensor Web Enablement) möglichst weitgehend zu harmonisieren. Vor diesem Hintergrund kann der vorgestellte Ansatz auch in anderen Bereichen des ‚Participatory Sensing‘ mit Bezug zu baulichen Umwelten und darüber hinaus eingesetzt werden, um nutzergenerierte Daten durch nutzerspezifische Informationen inhaltlich zu erweitern und diese Daten auf verschiedene Nutzer zugeschnitten zu anzuwenden.

Literatur

- BERGNER, B., ZEILE, P., PAPASTEFANOU, G. & RECH, W. (2011), Emotionales Barriere-GIS als neues Instrument zur Identifikation und Optimierung stadträumlicher Barrieren. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2011. Beiträge zum 23. AGIT-Symposium Salzburg, Berlin/Offenbach*, 430-439.
- ELWOOD, S., GOODCHILD, M. & SUI, D. (2012), Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice. *Annals of the Association of American Geographers* 102/3, 571-590.
- GIBSON, J. (1977), The theory of affordances. In: SHAW, R. & BRANSFORD, J. (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology*. 67-82.
- GOODCHILD, M. (2007), Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *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.

- HOLONE, H., MISUND, G., TOLSBY, H. & KRISTOFFERSEN, S. (2009), Aspects of personal navigation with collaborative user feedback. In: TOLLMAR, K. & JÖNSSON, B. (Eds.), Proceedings of the 5th Nordic Conference on Human-Computer Interaction. ACM Press, New York, N.Y., 182-191.
- KINSELLA-SHAW, J. M., SHAW, B. & TURVEY, M. T. (1992), Perceiving 'Walk-on-able' Slopes. *Ecological Psychology*, 4 (4), 223-239.
- MENKENS, C., SUSSMANN, J., AL-ALI, M., BREITSAMETER, E., FRTUNIK, J., NENDEL, T. & SCHNEIDERBAUER, T. (2011), EasyWheel – A Mobile Social Navigation and Support System for Wheelchair Users. In: SHAHRAM, L. (Hrsg.), Proceedings of 2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations. IEEE Computer Society, 859-866.
- 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.
- ORTMANN, J., DE FELICE, G., WANG, D. & DANIEL, D. (2012), An Egocentric Reference System for Affordances. *Semantic Web Journal*.
http://www.semantic-web-journal.net/sites/default/files/swj243_0.pdf. (8.1.2013).
- PALAZZI, C., TEODORI, L. & ROCCETTI, M. (2010), Path 2.0: A participatory system for the generation of accessible routes. In: Proceedings of ICME 2010, 1707-1711.
- RESCH, B. (2013), People as Sensors and Collective Sensing – Contextual Observations Complementing Geo-Sensor Network Measurements. In: KRISP, J. (Eds.), Advances in Location-Based Services. Berlin/Heidelberg, 391-406.
- SCHUSTER, W. (2012), Partizipative Karten- und Routendienste für Menschen mit Mobilitätsbehinderung – Herausforderungen für Datenmodellierung und Interfacedesign. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.), Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg. Berlin/Offenbach, 128-137.
- SOZIALHELDEN e. V., wheelmap.org. <http://wheelmap.org/> (15.1.2013).
- STEGELMEIER, S., STEIN, M., THOMÉ, M. & WENDT, P. (2006), Trailblazers – A Community Driven Navigation System For Mobility Impaired People. ASK-IT International Conference, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/papers/trailblazers-ask-it.pdf> (8.1.2013).
- VÖLKE, 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.
- ZADEH, A. (1978), Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. 1 (1), 3-28.