

Eric Scheibler

Navigationssystem für blinde Fußgänger und ÖPNV-Nutzer

Navigation system for blind pedestrians and public transport users

Blind_Barrierefrei_Fußgänger_Navigation_ÖPNV

Zusammenfassung. Dieser Artikel beschreibt die prototypische Entwicklung und Evaluation eines neuen Navigationssystems, welches sich speziell an den Bedürfnissen blinder und sehbehinderter Fußgänger orientiert. Dabei wurde im Besonderen auf die genaue Beschreibung der zurückzulegenden Route und auf den Einbezug öffentlicher Verkehrsmittel eingegangen. Ziel der Entwicklung ist ein routenbasiertes Navigationssystem, welches deutschlandweit verwendet werden kann.

Summary. This article describes the prototypical development and evaluation of a new navigation system, which specifically addresses the needs of blind and visually impaired pedestrians. In particular, a detailed description of the route and the inclusion of public transportation were considered. Main objective of the development is a route-based navigation system that can be used throughout Germany.

1. Motivation

Mobilität stellt einen wesentlichen Faktor zur Teilhabe am sozialen und beruflichen Alltag dar. Der Begriff wird definiert als Fähigkeit einer Person, selbstständig und gegebenenfalls durch die Verwendung von Hilfsmitteln einen Wechsel des räumlichen Orts zu vollziehen, wobei eine sogenannte Navigationsaufgabe bewältigt werden muss.

Diese Arbeit konzentriert sich auf blinde und sehbehinderte Fußgänger als Zielgruppe. Sie erfährt bei der Navigation häufig wesentliche Einschränkungen, da Landmarken und Umgebungsmerkmale nur eingeschränkt oder gar nicht wahrgenommen werden können. Daraus ergibt sich eine hohe mentale Belastung beim Erlernen neuer Wege und der Orientierung in unbekannten Gebieten.

Zudem bestehen Probleme bei der Nutzung von Wegbeschreibungen und herkömmlichen Navigationssystemen. Einerseits sind die präsentierten Navigations-

anweisungen für Blinde oftmals ungenügend. Details wie der Aufbau von Kreuzungen oder die Beschaffenheit von Wegen werden nicht erläutert, da sie vom Nutzer bereits visuell wahrgenommen und somit als redundant erachtet werden. Akustische und taktile Landmarken kommen ebenfalls nicht zum Einsatz. Andererseits gibt es Probleme bei der Zugänglichkeit der Benutzeroberflächen.

Dabei wäre ein geeignetes Hilfsmittel zur Bewältigung der Navigationsaufgabe gerade für die Gruppe der Sehgeschädigten vorteilhaft, um die mentale Belastung signifikant zu senken und Unsicherheiten in unvertrauten Umgebungen abzubauen. Dadurch könnte eine größere Anzahl von Betroffenen ermutigt werden, auch unbekannte Orte selbstständig aufzusuchen.

Daher wurde ein Prototyp für ein neues Navigationssystem konzipiert, welches den Nutzer bei der Lösung der Navigationsaufgabe unterstützt. Der Fokus liegt zum einen auf der detaillierten Beschreibung der zurückzulegenden Route und zum anderen auf dem Einbezug des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV).

2. Verwandte Arbeiten

In den letzten Jahren wurden bereits vermehrt Navigationshilfsmittel für Blinde und Sehbehinderte entwickelt. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Bedienschnittstellen der mobilen Smartphone-Betriebssysteme Android, iOS und Symbian inzwischen für diese Nutzergruppe zugänglich wurden. Dies erspart den Entwicklern die aufwendige Anpassung der Navigationshardware, wie es zuvor bei Hilfsmitteln wie dem Trekker der Fa. HumanWare und seinen Nachfolgeprodukten nötig war. Im Folgenden werden einige dieser Programme kurz vorgestellt.

Eines der Ersten war das Programm Loadstone GPS, welches auf Nokia's Betriebssystem Symbian läuft. Loadstone liefert kein Kartenmaterial mit. Stattdessen legt der Nutzer selbst für ihn wichtige Punkte an. Diese werden danach zu Routen zusammengefasst und können anschließend der Reihe nach abgelaufen werden. Ende 2010 wurde ein auf Loadstone aufbauendes Open-Source-Projekt namens LoroDux vorgestellt, welches zusätzlich die Integration von Points

of Interest (POI) aus der OpenStreetMap (OSM) ermöglicht (Hänßgen, 2010).

Die iPhone App MyWay wurde vom Schweizer Blindenverband in Auftrag gegeben. Die Funktionsweise lehnt sich stark an die von Loadstone und LoroDux an. Wie bei diesen Programmen liegt der Fokus auf der Erstellung eigener Routen durch das Setzen von Landmarken. Aber ähnlich wie bei LoroDux ist der Import von zuvor am PC erstellten OSM POI-Listen möglich.

Das Programm Ariadne GPS für Apples iPhone und iPad verfolgt einen etwas anderen Ansatz. Ariadnes Hauptfeature stellt die Erkundung eines Kartenausschnittes dar. Der Nutzer kann den Verlauf von Straßen und Wegen audiohaptisch auf dem Display ertasten und ist so in der Lage, sich ein Bild von seiner Umgebung zu machen.

Mit keiner der speziell für Blinde bereitstehenden Anwendungen ist allerdings ein Routing möglich. Dazu muss auf Mainstream-Anwendungen wie die Fußgängernavigation von Navigon der Firma Garmin ausgewichen werden. Jedoch sind dessen Routinganweisungen primär für sehende Nutzer bestimmt und weisen beispielsweise bei der Beschreibung von Kreuzungen deutliche Lücken auf.

Neben den praktischen Ansätzen gibt es auch eine Vielzahl an Forschungsprojekten, welche sich dem Problem angenommen haben. Beispielhaft werden an dieser Stelle vier Projekte vorgestellt.

Das ARGUS Projekt (Assisting personal Guidance System for people with visual impairment) verfolgt einen routenbasierten Ansatz (Otaegui et al., 2012). Der Nutzer wird auf einem sicheren Weg durch städtische und ländliche Gebiete geführt und rechtzeitig vor Hindernissen gewarnt. Die Route besteht aus kontinuierlich zur Verfügung gestellten akustischen und haptischen Anweisungen. Neben der sicheren Passage zum gewünschten Ziel soll es dem Nutzer auch ermöglicht werden, sich eine mentale Karte seiner Umgebung anzulegen.

Derzeit läuft außerdem das Projekt InMoBS, an dem u.a. die TU Braunschweig beteiligt ist (InMoBS Team, 2013). InMoBS steht für Innerstädtische Mobilitätsunterstützung für Blinde und Sehbehinderte. Auch hier soll der Nutzer

bei der Navigation durch innerstädtische Gebiete unterstützt werden. Die Forschungsschwerpunkte unterscheiden sich jedoch von denen des Argus-Projekts. Ein Schwerpunkt stellt die Erforschung der hochgenauen Personenortung dar. Das europäische Satellitenortungssystem Galileo spielt dabei eine entscheidende Rolle. Außerdem ist die Vernetzung von Licht-Signal-Anlagen an innerstädtischen Verkehrsknotenpunkten geplant. Der Nutzer soll so sowohl direkt zu den Ampelmasten geroutet werden, wie auch einen besseren Überblick über die Kreuzung erhalten.

Im Jahr 2008 erfolgte die Entwicklung von RouteCheckr, einem System zur Berechnung personalisierter Routen für mobilitätseingeschränkte Fußgänger (Völkel, Weber 2008). Zur Gruppe der mobilitätseingeschränkten Personen gehören u.a. blinde, sehbehinderte, gehbehinderte und ältere Menschen, welche jeweils unterschiedliche Anforderungen an eine barrierefreie Route stellen. Daher wurde ein Routingalgorithmus entwickelt, welcher neben der Länge des zurückzulegenden Weges auch andere Kriterien wie beispielsweise die Sicherheit des Weges und das Vorhandensein von Hindernissen mit einbezieht. Bei der Erfassung dieser zusätzlichen Daten wird ein kollaborativer Ansatz verfolgt, bei dem die Nutzer selbst für sie wichtige Wegattribute erfassen und diese mit allen anderen teilen können.

Das 2013 abgeschlossene Forschungsprojekt MOBILITY adressiert blinde Fußgänger in Gebäuden (z.B. Bahnhöfen, Flughäfen) und stellt dafür Routing-Lösungen bereit (Prescher et al., 2013). Das Kartenmaterial ist vorher aber entsprechend detailliert zu annotieren. Für die Positionsbestimmung mittels WLAN-Rohsignalen sind zudem Signalstärken (Fingerprints) in allen begehbaren Bereichen zu erheben. Das System setzt auf die Bedienung mit einem Smartphone. Es wurde bisher aber nicht auf den Einsatz im Straßenverkehr angepasst.

Die folgende Aufzählung fasst die Rechercheergebnisse zusammen:

- Die speziell für Blinde und Sehbehinderte entwickelten Lösungen bieten kein oder nur ein sehr eingeschränktes Routing, dienen eher zur Erkundung der Umgebung, sind veraltet oder sehr preisintensiv.

- Die verfügbaren Mainstream-Routing-Angebote berücksichtigen wenig bis gar nicht die Bedürfnisse blinder Nutzer.
- Die Forschungsprojekte haben entweder kein flächendeckendes Routing zum Ziel oder befinden sich noch in der Entwicklungsphase. Zur ersten Gruppe werden auch Projekte gezählt, welche die Installation von zusätzlicher Hardware in der Routingumgebung erfordern.
- Der ÖPNV wird bisher nicht ausreichend in die Streckenplanung einbezogen.

3. Anforderungsanalyse

Das neu entwickelte System soll Anforderungen blinder und sehbehinderter Nutzer an Navigationssysteme aufgreifen und auf geeignetes Kartenmaterial zurückgreifen.

3.1 Nutzeranforderungen

Im Folgenden werden die Hauptanforderungen blinder und Sehbehinderter an ein Navigationssystem aufgelistet. Die Daten wurden hauptsächlich aus drei verschiedenen Umfragen zusammengetragen: Der Deutsche Blinden- und Sehbehindertenverband veröffentlichte 2008 die Ergebnisse eines Fragebogens, welcher sich mit den Anforderungen blinder und Sehbehinderter an ein GPS System befasste (DBSV, 2008). Wenn nicht anders vermerkt, stammen die Anforderungen aus diesem Dokument. Im gleichen Jahr stellte Thorsten Völkel in seiner Doktorarbeit die Resultate einer Umfrage zur Mobilität Sehbehinderter vor (Völkel, 2008). Schließlich wertete das InMoBS-Projekt im Jahr 2013 einen weiteren Fragebogen mit ähnlicher Thematik aus (InMoBS Team, 2013).

Zunächst ist festzustellen, dass die Mehrzahl von Blinden und Sehbehinderten überhaupt an Unternehmungen in unbekannten Umgebungen interessiert ist. Nahezu alle Befragten würden ein auf die Bedürfnisse Sehbehinderter abgestimmtes Navigationssystem einsetzen (Völkel, 2008).

A1: Das Navigationssystem muss den Nutzer selbständig und sicher an sein Ziel bringen und sowohl zu Fuß wie auch in öffentlichen Verkehrsmitteln selbständig einsetzbar sein.

A2: Eine präzise Positionsbestimmung ist unbedingt erforderlich (z. B. Genauigkeit adäquat für die Breite eines Gehwegs, und Bestimmung der richtigen Seite einer Straße). Als wünschenswert wird eine Abweichung um einen Meter genannt. Liegt kein ausreichend genaues Signal an, so ist dies dem Nutzer mitzuteilen.

A3: Weiterhin ist der öffentliche Personennahverkehr in die Routenplanung einzubeziehen. Dies gilt insbesondere in gut erschlossenen Gebieten, wo der ÖPNV eine wichtige Rolle bei der Beförderung einnimmt. Auf diese Weise kann ein Großteil einer unbekannten Strecke mit dem Bus oder der Bahn zurückgelegt werden und die Bewältigung einer unbekannten Route wird dem Nutzer erleichtert. Der Einbezug und ggf. sogar Vorzug des ÖPNV gilt besonders, wenn sich die Verkehrsbetriebe für die Barrierefreiheit ihres Angebotes einsetzen (Völkel, 2008), (Ausserer et al., 2006).

A4: Das Kartenmaterial muss einem hohen Detailgrad unterliegen, also beispielsweise auch Wege fernab von Straßen enthalten. Daneben sind Informationen über die Beschaffenheit, Breite und Steigung der Wege, Lage der Fußwege, Treppen sowie Unterführungen zu integrieren (Strothotte et al., 1995). Außerdem sind blindenspezifische Attribute wie taktile Leitlinien und akustische Ampeln zu berücksichtigen.

A5: Auch die detaillierte Beschreibung von Kreuzungen wird als unbedingt notwendig eingestuft. Dies beinhaltet u. a. die Anzahl und Namen der Straßen, den Kreuzungsaufbau bzw. die Kreuzungsart sowie das Vorhandensein von Mittelinseln. Ferner möchte die Mehrzahl der Befragten über namentliche Querstraßen auf der Route informiert werden sowie ihren eigenen Standort markieren (InMoBS Team, 2013).

A6: Das Kartenmaterial muss auf dem aktuellen Stand gehalten werden.

A7: Die Zugänglichkeit der Bedienschnittstelle des Ausgabegerätes muss gewährleistet sein.

3.2 Kartenmaterial

Das verwendete Kartenmaterial wird vom Geoinformationssystem OpenStreetMap bereitgestellt. OpenStreetMap ist ein Projekt zur Erstellung einer freien Weltkarte. Die Daten werden von der Internet-Community zusammengetragen, stehen unter der Open Database License (ODbL) und sind somit für jeden kostenlos abrufbar. Zudem können Korrekturen und Ergänzungen vorgenommen werden. Neben Straßen und Wegen sind bereits sowohl eine Vielzahl von Points of Interest (POI) wie auch blindenspezifische Attribute wie akustische Ampelanlagen und taktile Leitlinien verzeichnet (Anforderung A4 aus Abschnitt 3.1).

Die freie Lizenz der OSM bietet verglichen mit kommerziellen Kartendiensten zwei entscheidende Vorteile: Zum einen sind der Abruf des Kartenmaterials sowie dessen zukünftige Updates kostenlos. Zum anderen wird der Zugriff auf die Kartenrohdaten ermöglicht. Dies erlaubt einen hohen Grad der Individualisierbarkeit, der von keinem kommerziellen Kartenanbieter geboten wird. So lassen sich beispielsweise detaillierte Kreuzungsbeschreibungen erstellen, wie in Anforderung A5 aus Abschnitt 3.1 gefordert.

4. Aufbau des prototypischen Navigationssystems

Ziel des neuen Systems ist das Lösen der in Abschnitt 1 definierten Navigationsaufgabe unter Berücksichtigung der Anforderungen aus Abschnitt 3.1.

Das Gesamtsystem besteht aus einer Server- und einer Clientkomponente. Zum Server gehören:

- Ein Webserver, der die Clientanfragen entgegennimmt und beantwortet.
- Ein Programm, das ausgehend von Start und Ziel eine Route berechnet, ÖPNV Verbindungen und die nächsten Abfahrten einer Haltestelle bereit-

stellt sowie die POI in der Nähe eines Koordinatenpaares auflistet.

- Eine Datenbank, welche das Kartenmaterial vorhält.

Der Client wählt den Start- und Zielpunkt der Route, übermittelt beides an den Server und erhält nach kurzer Wartezeit die abzulaufende Route zurück. Diese wird anschließend Punkt für Punkt abgelaufen. Unterwegs sind stets Entfernung, Richtung und weitere Informationen zum nächsten Routenpunkt abrufbar.

4.1 Fußgängeroute

Ausgehend von der importierten OpenStreetMap Datenbank wird in einem ersten Berechnungsschritt ein Routinggraph angelegt. Dessen Ecken repräsentieren Wegpunkte entlang eines Weges. Sie können beispielsweise eine Kurve oder eine Kreuzung mehrerer Straßen darstellen. Die Kanten des Graphen symbolisieren die eingeschlossenen Wegstücke.

Die für den Routingalgorithmus benötigte Kantengewichtung (Kostenfunktion) setzt sich aus zwei Faktoren zusammen: Zum einen aus der Länge des Wegstückes in Kilometern und zum anderen aus einem Gewicht, das dessen Barrierefreiheit einschätzt. Letzteres ist nötig, da der kürzeste Weg vom Start zum Ziel nicht notwendigerweise optimal sein muss. Die Barrierefreiheit leitet sich von den Anforderungen Blinder und Sehbehinderter ab und ist nur teilweise auf andere Zielgruppen anwendbar. Die Skala für die Bewertung der Barrierefreiheit wurde in sechs Stufen aufgeteilt. Jede der Kanten des Graphen wird anhand ihres Wegtyps einer dieser Kategorien zugeordnet:

1. Sehr gut: Dazu zählen Tertiärstraßen und noch kleinere Nebenstraßen bzw. Straßen durch Wohngebiete. Sie zeichnen sich durch ein geringes Verkehrsaufkommen aus. Des Weiteren finden sich oft Bürgersteige zu beiden Straßenseiten. Straßennamen erleichtern die Orientierung und auftretende Kreuzungen sind übersichtlich aufgebaut und einfach zu überqueren.
2. Gut: Diese Kategorie beinhaltet alle Arten von befestigten Wegen, auf denen kein Verkehr herrscht. Darunter fallen beispielsweise asphaltierte oder

betonierte Fuß- und Wanderwege. Solche Wege führen oft durch ruhige Gebiete und sind auf Grund der Bodenbeschaffenheit leicht zu begehen.

3. Neutral: Sekundärstraßen gelten auf Grund ihrer erhöhten Priorität im Straßennetz und dem damit verbundenen höheren Verkehrsaufkommen als neutral. Aber auch Fußgängerzonen werden dieser Kategorie zugeordnet, da die Navigation für Blinde auf Grund von im Weg stehenden Hindernissen oftmals erschwert wird. Des Weiteren ist der Straßenverlauf wegen fehlender Leitlinien wie Bordsteinkanten nicht uneingeschränkt nachverfolgbar.
4. Schlecht: Hierzu zählen vor allem Treppen und Privatwege. Treppen sind für Blinde und Sehbehinderte prinzipiell kein größeres Hindernis, benötigen allerdings die gesteigerte Aufmerksamkeit. Daher wird bei annähernd gleicher Länge statt dessen eine Rampe bevorzugt. Anliegerstraßen werden oft als erstes oder letztes Wegsegment benötigt, da sie üblicherweise als Zufahrten zu Gebäuden dienen. Dennoch sind sie wegen ihrer beschränkten öffentlichen Nutzbarkeit eher zu meiden.
5. Sehr schlecht: Darunter fallen vor allem Primärstraßen und unbefestigte Fuß-, Wald- und Feldwege. Auf Primärstraßen herrscht der dichteste Verkehr und sie sind auf Grund komplexer Kreuzungssituationen schwer zu überqueren. Außerdem ist der Nutzer einem erhöhten Lärmpegel ausgesetzt.
6. Unpassierbar: Die letzte Kategorie sammelt alle, für Fußgänger nicht passierbaren Wegtypen. Dies sind vor allem Straßenbahn- und Eisenbahnschienen.

Als nächstes wird der Umweg-Faktor bestimmt. Dieser entscheidet, wie hoch der Einfluss der Wegekategorie auf die Gesamtkosten ist. Dabei gilt:

Länge eines Kategorie 1 Weges = Länge eines Kategorie 5 Weges * Umweg-Faktor

Der Umweg-Faktor bestimmt also die Länge des Umweges, den der Nutzer für

einen barrierefreien Weg in Kauf nimmt. Bei einem 100 Meter langen Wegstück der Wegekategorie 5 und einem Umweg-Faktor von 2 würde der Nutzer stattdessen ein maximal 200 Meter langes Wegstück der Kategorie 1 akzeptieren. Während der Eine aber eher einen barrierefreien Weg bevorzugt, möchte ein Anderer lieber auf dem kürzesten Weg zum Ziel gelangen. Daher wird dem Nutzer die Gelegenheit gegeben, den Umweg-Faktor selbst zu bestimmen. Zu diesem Zweck werden fünf Werte für den Umweg-Faktor definiert. Diese reichen von 1x für den kürzesten Weg bis zu 4x für eine maximal vierfache Weglänge. Tabelle 1 zeigt die Wichtungstabelle. Die Spalten stellen die Umweg-Faktoren von 1x bis 4x dar. Die Zeilen stehen für die definierten Wegekategorien von 1 = sehr gut bis 6 = unpassierbar. Die Tabellenzellen beinhalten die für die Kostenfunktion benötigten Gewichte w.

		Umweg-Faktor →				
		4x	3x	2x	1.5x	1x
↓ Wegklasse	1	60	50	33	20	0
	2	30	25	16	10	0
	3	0	0	0	0	0
	4	-30	-25	-16	-10	0
	5	-60	-50	-33	-20	0
	6	200	200	200	200	200

Tabelle 1: Tabelle zur Bestimmung der Routing Gewichte. Spalten: Umweg-Faktor, Zeilen: Wegekategorie (1 = sehr gut – 6 = unpassierbar), Zellen: Gewichte w.

Die Kostenfunktion für die Berechnung der Kantengewichte lautet $c = l * (100 - w)$.

Der Parameter l beinhaltet die Länge des Wegstückes in km. Das Gewicht w ergibt sich aus dem gewählten Umweg-Faktor und der jeweiligen Wegekategorie und ist aus Tabelle 1 abzulesen. Die Wegekategorie 6 für unpassierbare Wege beschreibt eine Ausnahme. Unabhängig vom gewählten Umweg-Faktor ergeben sich für diese Wegekategorie in jedem Fall negative Kosten. Auf diese Weise werden Wegstücke dieser Kategorie vom Routing ausgeschlossen.

Ziel ist es, die Kosten c_{gesamt} über alle Wegknoten zu minimieren. Zur Lösung der Navigationsaufgabe eignen

sich sowohl der Dijkstra- als auch der A* Algorithmus. Beide finden den kürzesten Pfad in einem kantengewichteten Graphen und stehen für das Routing zur Wahl.

4.2 ÖPNV Route

In diesem Abschnitt folgt eine konzeptionelle Beschreibung der Teilschritte, welche zur Integration des ÖPNV erforderlich sind.

Ausgehend von den übermittelten Start- und Zielkoordinaten werden zuerst die nächsten Verbindungen abgefragt. Die Fahrplaninformationen stammen von der Deutschen Bahn und sind so deutschlandweit verfügbar. Die Anfrage liefert eine Liste von möglichen Verbindungen zurück. Diese werden im nächsten Schritt anhand einer Heuristik bewertet. Die auf diese Weise ermittelte optimale Verbindung wird um die zu Fuß zurückzulegenden Teilstrecken ergänzt und schließlich an den Client übertragen. Im Folgenden wird der Aufbau der Bewertungsfunktion näher beschrieben.

Die Routenabschnitte mit der höchsten mentalen Belastung sind zum einen die zu Fuß zurückzulegenden Wege zu den Haltestellen und zum anderen die Umsteigesituationen. Die Fahrten mit den öffentlichen Verkehrsmitteln fallen hingegen weniger ins Gewicht. Die Heuristik muss daher zwischen der Länge des Fußweges und der Umstiege abwägen. Dabei ist die Komplexität des jeweiligen Umsteigevorgangs zu berücksichtigen.

Um die Komplexität der Umsteigevorgänge beschreiben zu können, wurden die beteiligten Verkehrsmittel in zwei Verkehrsmittelklassen aufgeteilt. Klasse A umfasst alle Verkehrsmittel, bei denen die genaue Abfahrtsposition bekannt und per Routing erreichbar ist. Dazu gehören Stadt- und Fernbusse sowie Straßenbahnen. Eine Haltestelle dieser Verkehrsmittelklasse besteht zumeist aus mehreren Stopppositionen (z. B. stadtein- und stadtauswärts). Für jede Stoppposition sind in jedem Fall deren genaue Position und optimaler Weise auch die Liste der abfahrenden Linien in der OpenStreetMap verzeichnet. Mit Hilfe dieser Daten ist ein exaktes Routing zu der betreffenden Abfahrtsposition möglich.

Zur zweiten Verkehrsmittelklasse gehören alle sonstigen Verkehrsmittel wie zum Beispiel S- und U-Bahnen sowie Regional- und Fernzüge. Deren Stopppositionen sind zumeist überdacht und daher für ein satellitenbasiertes Navigationssystem nicht erreichbar. Da derzeit noch kein flächendeckendes Indoor-Routing (wie im Projekt MOBILITY, Prescher et al., 2013) zur Verfügung steht, muss bei Beteiligung dieser Verkehrsmittelklasse am Umsteigevorgang gegebenenfalls fremde Hilfe in Anspruch genommen werden.

Die folgende Aufzählung definiert anhand dieser Einteilung die Kriterien für eine Bewertungsfunktion zur Abwägung der verschiedenen Faktoren einer ÖPNV Verbindung:

Allgemein:

- 1 Punkt für 100 Meter Fußweg. Die zurückzulegende Strecke vom Startpunkt zur Haltestelle, beim Umsteigen oder von der Haltestelle zum Zielpunkt wird lediglich geschätzt, indem die kürzeste Entfernung zwischen den Punkten (Luftlinie) Verwendung findet.
- 1 Punkt für 5 Minuten Wartezeit: Dies gilt nur für die Zeit bis zum Verbindungsstart, d. h. für die Differenz zwischen aktueller Uhrzeit und der Abfahrt an der Starthaltestelle.
- 1 Punkt für 10 Minuten Fahrzeit: Zeitdifferenz zwischen Ziel- und Starthaltestelle inkl. Wartezeit bei Zwischenaufenthalten.

Umstiege, wenn die genaue Position von Start- und Zielhaltestelle bekannt sind (Gleisnummer oder Stoppposition):

- 2 Punkte: Gleicher Bahnsteig d. h. der Fahrgast muss nach dem Aussteigen lediglich stehen bleiben und auf die nächste Bahn warten.
- 4 Punkte: Gegenüberliegender Bahnsteig bzw. bei Bus oder Straßenbahn die gegenüberliegende Haltestelle. Dies gilt allerdings nur, wenn mindestens 5 Minuten zum Umsteigen bleiben.
- 6 Punkte: Anderer Bahnsteig oder Haltestelle, ausschließlich eine Verkehrsmittelklasse bei mindestens 10 Minuten Umsteigezeit.
- 8 Punkte: Anderer Bahnsteig oder Haltestelle, Beteiligung von beiden Verkehrsmittelklassen bei mindestens 10 Minuten zum Umsteigen.

Umstiege, falls die genaue Position mindestens einer Haltestelle nicht bekannt ist:

- 4 Punkte: Bei der gleichen Station und mindestens 5 Minuten Zeit zum Umsteigen.
- 6 Punkte: Bei verschiedenen Stationen, ausschließlich einer Verkehrsmittelklasse und mindestens 10 Minuten fürs Umsteigen.
- 8 Punkte: Bei verschiedenen Stationen, Beteiligung beider Verkehrsmittelklassen und mindestens 10 Minuten Umsteigezeit.

Bei Nichteinhaltung der Mindestumsteigszeit werden zu der bisherigen Punktzahl zusätzliche 100 Punkte addiert. Die betreffende Verbindung würde nur dann gewählt, wenn überhaupt keine Alternative mit adäquaten Umsteigezeiten existiert.

4.3 Darstellung der Route auf dem Client

Dieser Abschnitt erläutert den letzten Teil des Routings: Die Verfolgung der erstellten Route auf dem Clientsystem. Nach dem Empfang der berechneten Route wird diese in dem für das Routing vorgesehenen Bereich der Clientanwendung dargestellt. Dieser Bereich gliedert

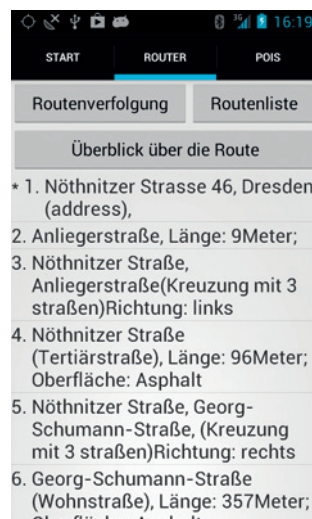


Abbildung 1: Screenshot des RoutingClients, Routenübersicht. Screenshot des prototypischen Android Clients. Eine Route wurde geladen und der Router Tab ist ausgewählt. Die ersten Routinganweisungen werden untereinander in einer Liste dargestellt.

sich nochmals in zwei Untermenüpunkten: Routenverfolgung und Routenliste. Zur Ausgabe und Interaktion wird ein Screenreader mit Touch-Bedienung und Sprachausgabe vorausgesetzt.

Die in Abbildung 1 dargestellte Routenliste bietet einen Überblick über die gesamte Route. Jedes Routelement wird aus Platzgründen lediglich anhand seiner wichtigsten Eigenschaften beschrieben. Bei einer Kreuzung sind dies beispielsweise deren Name, die Anzahl der Straßen und die Routinganweisung. Es ist aber jederzeit möglich, sich sämtliche Objektattribute auf einer Detailseite anzeigen zu lassen. Das mit einem „*“ markierte Listenobjekt symbolisiert die aktuelle Routenposition.

In der Routenverfolgungsansicht findet die Navigation von Punkt zu Punkt statt. Der per Finger erkundbare Bildschirmbereich ist dreigeteilt. In Abbildung 2 wird dies erkennbar: Oben stehen statische Informationen, welche das nächste Wegstück und den darauffolgenden Wegpunkt beschreiben. Diese beinhalten u. a. Namen und Länge des nächsten Segments sowie die anschließende Routinganweisung.

Die Mitte bilden dynamische Informationen über Richtung und tatsächliche Entfernung des nächsten Routenpunktes. Diese Informationen werden aktualisiert, sobald eine neue GPS Position oder ein abweichender Kompasswert vorliegen. Sobald der Nutzer in die Nähe einer Kreuzung gelangt, werden außerdem Richtung und Name der zugehörigen

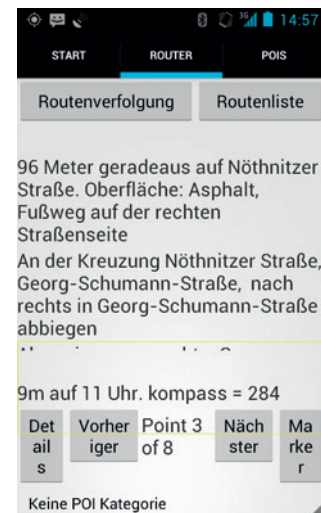


Abbildung 2: Bedienoberfläche des Prototyps, Routenverfolgungsansicht.

Straßen angezeigt. Die Daten passen sich dabei der jeweiligen Blickrichtung des Nutzers an und dienen zur besseren Orientierung im Kreuzungsbereich.

Unten im Display befinden sich schließlich die Buttons zur Steuerung. Über den Details Button lassen sich auch an dieser Stelle weitere Informationen über den nächsten Wegpunkt anzeigen. Die benachbarten Schalter dienen zur Wahl des vorherigen bzw. nächsten Routenpunktes. Aus der daruntergelegenen Combobox kann der Nutzer eine POI Kategorie auswählen. Danach wird er während der Routenverfolgung über in der Nähe liegende POI dieser Kategorie informiert.

5. Evaluation

Um die Gebrauchstauglichkeit des erstellten Prototyps zu evaluieren, wurde nach dessen Fertigstellung eine Pilotstudie durchgeführt. Der Nutzertest gliederte sich in die folgenden Teilabschnitte:

- Zuerst wurde eine Einführung in das Projekt und den Aufbau des Prototyps gegeben. Anschließend wurden dem Probanden im Rahmen eines Interviews einige Fragen gestellt. Diese basierten auf einem vorbereiteten Fragebogen.
- Danach erfolgte der Test, bei welchem zwei gestellte Navigationsaufgaben zu lösen waren.
- Zum Schluss wurde ein weiteres Interview durchgeführt, welches der Auswertung der gelösten Aufgaben diente.

Die Probanden sollten die Strecke von der Fakultät Informatik der TU Dresden zum Haupteingang des Dresdner Hauptbahnhofs zurücklegen und dabei auf die öffentlichen Verkehrsmittel zurückgreifen. Die Aufgabe gliederte sich in zwei Teile: Zunächst sollten Start- und Zielpunkt festgelegt und die Route berechnet werden. Anschließend folgte das Ablaufen der erhaltenen Route.

An der Evaluation nahmen drei Personen teil. Zwei davon waren zwischen 20 und 30 Jahre, die Dritte zwischen 30 und 40 Jahre alt. Zwei Probanden waren Studenten, der Dritte hatte sein Studium bereits beendet. Alle Teilnehmer sind

blind. Sofern ein Restsehvermögen vorhanden ist, wirkte es sich nicht auf das Orientierungsvermögen aus. Weitere körperliche Einschränkungen lagen bei keinem der Probanden vor.

Bei der Einschätzung der generellen Orientierungsfähigkeiten in fremden Umgebungen gaben Zwei an, dass sie sich gut orientieren können. Die übrige Testperson schätzte ihre Orientierungsfähigkeiten auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schlecht) als sehr gut ein.

Die erste Teilaufgabe wurde noch innerhalb der Fakultät Informatik bearbeitet. Alle drei Probanden waren in der Lage, Start und Ziel festzulegen. Zwei Teilnehmer wünschten sich allerdings eine detailliertere Schritt-für-Schritt-Anleitung für die Auswahl eines POI als Zielpunkt.

Anschließend wurde die Route vom Server berechnet. Dies nahm etwa 30 Sekunden in Anspruch und wurde von allen Probanden als ausreichend schnell beurteilt. Zunächst wurde den Teilnehmern Zeit gegeben, um sich mit der erstellten Route in der Überblicksansicht vertraut zu machen. Anschließend folgte der A-B-Test. Bei den ersten zwei Kreuzungen erfolgte noch eine kurze Erläuterung der Daten der Routenverfolgungsoberfläche (siehe 4.3). Danach konnten alle Teilnehmer selbstständig der Route bis zum Ziel folgen. Dies schloss auch die Fahrt mit den öffentlichen Verkehrsmitteln ein. Die in den Routinganweisungen angegebene Abfahrthaltestelle der Straßenbahn wurde aufgefunden und anhand der folgenden Anweisungen konnten sowohl die korrekte Straßenbahnlinie als auch die passende Anfahrthaltestelle ermittelt werden.

Die Auswahl des Start- und Zielpunktes bewerteten alle Teilnehmer als leicht (auf einer Skala von 1 = sehr leicht bis 5 = sehr schwierig). Die in der zweiten Teilaufgabe gestellte Navigationsaufgabe bewältigten die Probanden alle mit leichten Unsicherheiten. Einem der Probanden war die Route im Vorhinein bereits bekannt. Dem Zweiten waren Teilstücke der Route vertraut und die dritte Testperson hatte keinerlei Ortskenntnisse.

Als nächstes erfolgte die Bewertung der Ausführlichkeit der Routinginformationen auf einer Skala von 1 = sehr ausführlich bis 5 = ungenügend. Zwei

der Probanden schätzten diese als gut, einer sogar als sehr gut ein. In diesem Zusammenhang wurden die dynamischen Informationen über Name und Richtung der Kreuzungsstraßen positiv hervorgehoben. Anhand dieser Informationen konnten sich die Probanden einen schnellen Überblick über den Aufbau der jeweiligen Kreuzung verschaffen.

Abschließend wurden die Probanden gebeten, den Navigationsprototyp mit ihren bisherigen Strategien zur Auffindung eines unbekannten Ortes zu vergleichen. Alle drei Probanden bejahten den Mehrwert des Prototyps deutlich. Besonders hervorgehoben wurden in diesem Zusammenhang die Steigerung der Selbstständigkeit sowie die direkte Integration des ÖPNV in die Route.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte prototypische Umsetzung eines Navigationssystems für blinde und sehbehinderte Fußgänger umfasst zum einen die Berechnung einer möglichst barrierefreien Fußgängerroute und zum anderen die Heuristik zur Bewertung einer ÖPNV-Verbindung. Weitere Untersuchungen mit größerer Teilnehmerzahl stehen noch aus. Anhand der durchgeführten Pilotstudie zur Evaluation zeichnete sich jedoch die Gebrauchstauglichkeit des Systems für blinde und sehbehinderte Fußgänger ab. Das System wird weiter entwickelt und kann unter <http://walkersguide.org> öffentlich frei bezogen werden (Quellcode unter GNU GPL).

Literatur

- Ausserer, I., et al. „Telematik im Öffentlichen Verkehr: Eine Möglichkeit zu mehr Chancengleichheit im Verkehr für Menschen mit Körper- und Sinnesbeeinträchtigungen.“ In: Endbericht TELECHANCE. Wien: FACTUM Verkehrs- und Sozialanalysen, 2006, S. 25–27.
- DBSV u.a. „Anforderungen an satellitengestützte Navigationssysteme für blinde und sehbehinderte Menschen.“, 2008. http://www.dbsv.org/fileadmin/dbsvupload/Worddateien/FIT/FIT_Anforderungen_an_Navigationssysteme_2008.doc (Letzter Zugriff: 03.06.2014.)

Hänßgen, Daniel. „Ein Orientierungssystem für Menschen mit Sehbehinderung auf Java ME: Konzeption und Implementierung.“ Master's thesis. Fachhochschule Hannover, 2010.

InMoBS Team. „Auswertung der InMoBS-Fragebogenaktion.“ In: InMoBS – Innerstädtische Mobilitätsunterstützung für Blinde und Sehbehinderte, 2013. <http://www.inmobs.de/pages/ergebnisse/fragebogenaktion.php> (Letzter Zugriff: 03.06. 2014.)

Otaegui, Oihana, et al. „ARGUS: Assisting personal Guidance System for people with visual impairment.“ In: REAL CORP 2012 „RE-MIXING THE CITY“. S. 1137–1141, Schwechat, 2012.

Prescher, Denise, et al. „Benutzerzentriertes Design der nicht-visuellen Navigation in Gebäuden.“ In: Mensch & Computer 2013: Interaktive Vielfalt. S. 37–46. München: Oldenbourg Verlag., 2013.

Strothotte, Thomas, et al. „MoBIC: user needs and preliminary design for a mobility aid for blind and elderly travelers.“ In: The European Context for Assistive Technology: Proceedings of the 2nd Tide Congress. Bd. 1, S. 348. Paris : IOS Press, 1995.

Völkel, Thorsten. „Multimodale Annotation geographischer Daten zur personalisierten Fußgängernavigation.“ Ph.D. Dissertation. Technische Universität Dresden, 2008. Qucosa: Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, 2008.

Völkel, Thorsten und Weber, Gerhard. „Route-Checker: personalized multicriteria routing for mobility impaired pedestrians.“ In: Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (Halifax, Nova Scotia, Canada, October 13–15, 2008). Assets '08. ACM, New York, NY, 185–192.

Dipl.-Inf. Eric Scheibler hat an der Fakultät Informatik der TU Dresden studiert. Nach erfolgreichem Abschluss seiner Diplomarbeit am Lehrstuhl Mensch-Computer Interaktion zum Thema „Navigationssystem für blinde Fußgänger und ÖPNV-Nutzer“ befasst sich mit der Weiterentwicklung des vorgestellten Systems.

E-Mail: email@eric-scheibler.de

