



Tina Sovec; Melanie Horn

## **Förderung der Mobilität von blinden und sehbehinderten Menschen im öffentlichen Personennahverkehr**

111 – Umwelt und Gesundheit: Interdisziplinäre Perspektiven über die Interaktion zwischen umweltrelevanten Faktoren und Bevölkerungsgesundheit

### **Abstract**

Blinden und sehbehinderten Menschen soll die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel mittels Handysignalen erleichtert werden. Ziel ist eine verbesserte Navigation im In- und Outdoorbereich, die es dem Nutzer bzw. der Nutzerin ermöglicht, selbstständig eine Reise anzutreten und durchzuführen. Mit Hilfe von verschiedenen Geräten soll auch die Kommunikation mit dem öffentlichen Personenverkehrsmittel ermöglicht werden, um dadurch dem blinden Menschen die notwendigen Informationen, wie zum Beispiel Abfahrtszeitpunkt, Abfahrtsort, Haltestellenangaben oder den Wunsch in das Fahrzeug ein- bzw. auszusteigen zu vermitteln, damit der Benutzer bzw. die Benutzerin den gewünschten Zielort selbstständig erreichen kann. Durch diese Hilfsmittel bleiben Sehbehinderte und Blinde mobil und können dadurch auch weiterhin am gesellschaftlichen Leben teilnehmen.

### **Keywords:**

Blinde und sehbehinderte Menschen, Öffentlicher Personennahverkehr, Bordinformationssysteme, Routenplanung

### **Einleitung**

Blinde und sehbehinderte Menschen werden leider noch immer sehr oft aus unserer Gesellschaft ausgegrenzt. Sie haben nicht nur in ihrem persönlichen Umfeld durch ihre Einschränkungen mit Schwierigkeiten zu kämpfen, sie haben vor allem außerhalb ihrer vier Wände oft unüberwindbare Hindernisse zu bewältigen. Möchten Blinde und Sehbehinderte mobil sein, sind sie oft von Dritten abhängig, die mit ihnen zum Einkaufen, zum Arzt, zu Behördengängen oder auf Reisen gehen. Daher verzichten gerade wegen dieser Abhängigkeit von anderen diese Menschen auf ihre Mobilität außerhalb ihres Zuhauses. Doch dieses Zurückziehen und damit Ausgrenzen aus der Gesellschaft und die dadurch massiv eingeschränkten sozialen Kontakte können zu Krankheiten (z.B. Depressionen, Aggressionen) führen. Um

das zu verhindern muss auch sehbehinderten und blinden Personen die Mobilität erhalten bleiben. Ziel ist es, das auch sie sich frei im Verkehr bewegen können, öffentliche Verkehrsmittel benützen können und somit Teil der Gesellschaft bleiben.

#### Problemstellung

Blinden und Sehbehinderten wird die Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs durch die oftmals ausschließlich optische Informationsbereitstellung sehr erschwert. Wichtige Informationen wie Verspätungen und Standorte der Fahrzeuge sind für sie nicht zugänglich. Da es aber auch für diese Menschen die Möglichkeit der freien Mobilität geben sollte um deren Selbstständigkeit zu erhalten, müssen Hilfsmittel entwickelt werden, die es diesen Personen ermöglicht öffentlichen Personennahverkehre zu nutzen und somit am öffentlichem Leben teilzunehmen. Wie können diese Hilfsmittel aussehen? Wie kann es blinden und sehbehinderten Menschen ermöglicht werden mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu kommunizieren um dadurch zu den benötigten Informationen zu kommen?

#### Zielsetzung

Um diese Mobilität zu ermöglichen müssen blinde und sehbehinderte Reisende in der Lage sein mit dem öffentlichen Verkehrsmittel zu kommunizieren. Nur dadurch erhalten sie die benötigten Informationen, wie zum Beispiel Abfahrtszeitpunkt, Abfahrtsort, Haltestellenangaben oder den Wunsch in das Fahrzeug ein- bzw. auszusteigen um damit den gewünschten Zielort zu erreichen. Es werden also Hilfsmittel benötigt, die den Sehbehinderten und Blinden die benötigten Informationen liefern. Diese Hilfsmittel müssen von der Größe und dem Gewicht her dem Tragekomfort entsprechen, müssen eine angebrachte Einsatzdauer haben, kompatibel sein mit Smartphone Betriebssystemen und der Preis muss erschwinglich sein. Diese Vorgaben müssen erfüllt werden um diesen Personen den Einsatz der Hilfsmittel zu ermöglichen.

#### Methodik

Anhand von Vorgängerprojekten konnten deren Resultate herangezogen werden um darauf weitere Lösungsansätze aufzubauen. Ebenso wurde ein Vergleich mit internationalen Projekten, die ähnliche Systeme herangezogen haben, hergestellt und die Vor- und Nachteile für den Nutzer und die Nutzerin bewertet. Durch die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen wurden Navigations- und Positionshilfen entwickelt, welche die Anforderungen der NutzerInnen zufriedenstellen konnten. Mithilfe von Tests wurden verschiedene Sensoren und Geräte auf deren Verwendbarkeit getestet und entwickelt.

#### Technische Beschreibung der Hilfsmittel

Mithilfe von GPS Signalen, die Blinde und Sehbehinderte im Outdoorbereich leiten, und RFID-Tags, die die Indoornavigation zum Beispiel in Bahnhöfen übernehmen, bis hin zu Empfängern und Sendern, die die Kommunikation zwischen AnwenderInnen und dem Fahrzeug des öffentlichen Verkehrsmittels überhaupt erst ermöglichen, kann die Mobilität zugesichert werden. Durch diese technischen Hilfsmittel soll das Reisen im öffentlichen Verkehr für Menschen mit besonderen Bedürfnissen in Zukunft vereinfacht werden. Das Resultat ist eine barrierefreie Anwendung für mobile Geräte, welche die In- und Indoornavigation, die Abfrage von Verkehrsinformationen, die Kommunikation mit öffentlichen Verkehrsmitteln und eine intuitive Bedienung vereint.

Die sichere Navigation für Blinde in Innen- und Außenräumen ist bislang auf Bereiche beschränkt, die entweder mit baulichen Maßnahmen dafür vorbereitet sind (z.B. durch taktile Leitlinien) oder die mit viel Training und der Hilfe Dritter (z.B. Blindenhund) erlernt werden müssen. In letzter Zeit werden auch vermehrt GPS Geräte verwendet, um die Navigation durch die Straßen zu erleichtern. Diese sind aber nur im beschränkten Maße für die Blindennavigation einsetzbar, da sie vor allem im urbanen Gebiet noch nicht über die notwendige Verfügbarkeit und Genauigkeit verfügen. Ziel ist es daher, ein Gerät zu entwickeln, welches auch in Gegenden wo kein GPS Signal empfangen werden kann die Navigation zu ermöglichen und es somit Blinden und Sehbehinderten zu erlauben mit diesem Hilfsmittel selbständig eine Reise tätigen zu können.

#### Navigations- und Positionierungshilfen

Auf Basis der eingesetzten Trägheitsnavigationstechnologie kann eine vollkommen autonome Navigation auch im Indoorbereich, also in sogenannten „GPS-toten“ Räumen, erfolgen. Ein kleiner am Fuß befestigter Sensor liefert die Beschleunigung, Winkeländerung und die Stärke des Erdmagnetfeldes in drei Richtungen, sowie den Luftdruck als zusätzliche Hilfe für die Berechnung von Höhenänderungen. Mithilfe von Algorithmen kann aus den erhaltenen lokalen Messwerten die Bewegung des Sensors in einem dreidimensionalen Raum berechnet werden. Aber auch bei dieser Technologie ist wegen der beschränkten Messgenauigkeit die Navigation ungenau.

Um eine genügende Genauigkeit in der Blindennavigation erreichen zu können, sind essentielle Kriterien zu erfüllen. Eines der wichtigen Kriterien ist die Qualität des am Fuß des Nutzers befestigten Sensors. Im Laufe der Forschungsarbeit wurden verschiedene Sensoren getestet und nach folgenden Merkmalen bewertet:

- Tragekomfort
- Einsatzdauer
- Größe und Gewicht
- Art der Datenübertragung (mit Kabel oder drahtlos)
- Messbereich und Messgenauigkeit
- Kompatibilität mit Smartphone Betriebssystemen.

Als am besten bewertete wurden die Sensoren der Firma Xsens und MemSens. Beide sind sehr einfach am Schuh zu befestigen, haben ein Gewicht von nur 30 g und können drahtlos (Xsens mit ZigBee und MemSens mit Bluetooth) die Daten an ein Smartphone senden. Die Einsatzdauer der Geräte beträgt um die 12 Stunden. Aus diesen beiden wurde dann der MemSens ausgewählt, da dieses Gerät eine höhere Kompatibilität mit Smartphone Standards aufwies als das Xsens. Da die Entwicklungen im Sensorenbereich aber rasch voranschreiten ist in naher Zukunft mit noch genaueren und vor allem preiswerteren Sensoren zu rechnen.

Des Weiteren ist es möglich Gebäudepläne als Grundlage für die Navigation zu hinterlegen. Dadurch kann die Spur der navigierenden Person mit den Grundrissdaten interagieren. Das heißt, dass zum Beispiel Treppen und Türen als solche erkannt werden und der Benutzer bzw. die Benutzerin informiert werden kann, wo er was findet. Ebenso können Hindernisse erkannt werden als auch automatische Repositionierungen erfolgen, was Blinden sehr bei ihrer Navigation durch einen Raum hilft.

Ein dritter wichtiger Forschungsschritt war die Entwicklung eines Softwaretools zur Übernahme von Karten und Grundrissen verschiedener Quellen (z.B. CAD-Pläne, Satellitenbilder) für die Routenplanung. Dieses Tool ermöglicht es auch Karten von Google Maps herunterzuladen und diese offline mit Gebäudeplänen zu verbinden und anschließend für die Navigation zu nutzen.

Folgende Erkenntnisse dieser Forschung können als Ergebnisse angeführt werden:

- Die Trägheitsnavigation eignet sich ideal um außerhalb vom GPS Reichweiten Signale zu positionieren und damit zu navigieren.
- Die Genauigkeitsanforderungen können erfüllt werden (auch bei unterschiedlichen Wetterbedingungen und Bewegungsformen).
- Der Trage- und Bedienungskomfort für den Nutzer bzw. die Nutzerin ist sehr hoch.
- Die Ausbildung des Nutzers bzw. der Nutzerin um das System verwenden zu können beträgt maximal einen Tag.
- Die Kosten sind tragbar und sollten in den nächsten Jahren noch sinken (ca. 2.500,00 € pro Ausrüstung).

Das in diesem Forschungsprojekt entwickelte System hat folgende Eigenschaften:

- Zielansage am Handy
- Haltestellenansage
- Einstiegs-/Ausstiegswunsch
- Informationen und Statusmeldungen durch das IBIS-System (integriertes Bordinformationssystem)
- Rasche Signalübertragung
- Auffindung aller Linien in der Umgebung (Liniennummer und Fahrtrichtung)
- Lokalisierung des gewünschten Fahrzeuges per Außenlautsprecher
- Reichweite bis 100 m (vor allem wichtig bei Mehrfachhaltestellen)
- Kommunikation per Smartphone und barrierefreier App
- Kommunikation mit dem Fahrer bzw. der Fahrerin
- Rückmeldung auf jede Anfrage direkt auf das Telefon des Benutzers bzw. der Benutzerin (keine Beeinträchtigung anderer Fahrgäste)
- Aktive Signalisierung eines Ein- oder Ausstiegswunsches direkt beim Fahrer oder der Fahrerin
- Mehrsprachigkeit
- Generell mögliche Erweiterungen (z.B. Internetnutzung, Kombination mit Indoornavigation, Einbindung in übergeordnetes Routing – GPS, Anpassung des Services auch für Gehbehinderte, alte Menschen oder Touristen).

Wireless Local Area Network (WLAN)

Die WLAN-Technologie (Wireless Local Area Network) ermöglicht eine Netzkommunikation ohne Verkabelung, d.h. die Endgeräte sind über Funk an der regelnden Basisstation (WLAN Router) angemeldet und kommunizieren über diese. Daher bietet WLAN die Möglichkeit die Produktivität zu steigern und Kosten zu senken bzw. zu sparen.

Ein WLAN wird von einem Router bereitgestellt und kann an die Anforderungen angepasst werden (z.B. Zugangsberechtigungen). Sobald das WLAN eingerichtet ist, können sich Endgeräte, die mit Funknetzwerkarten ausgestattet sind, im Netz registrieren und erhalten ihren Zugang um Netzwerkressourcen wie zum Beispiel LAN (Local Area Network) nutzen zu können.

Der Nachteil der WLAN-Technologie sind die oft sehr eingeschränkten Funkausbreitungen. Zum Beispiel Wände im Indoorbereich oder wetterbedingte Einflüsse wie Regen oder Nebel im Outdoorbereich können vor allem in Kombination mit größeren Entfernungen zu fehlenden Funkverbindungen zwischen Router und Endgerät führen, was sich in Verbindungsabbrüchen zeigen kann.

#### Integriertes Bordinformationssystem (IBIS)

Das integrierte Bordinformationssystem wird zur digitalen Datenverarbeitung und seriellen Übertragung von Informationen auf Fahrzeuge, Straßenbahnen, Züge und U-Bahnen des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) eingesetzt. Es kann Fahrgästen Informationen über Fahrzeugort, Zeit, Fahrziel und der Leitstelle Informationen über Fahrplanabweichungen, betriebliche Anweisungen und technische Störungen übermitteln.

Da ein Großteil der Fahrzeuge des ÖPNV mit Leitsystemen nach IBIS Standard ausgerüstet sind, gibt es ein breites Einsatzfeld an Lösungen für blinde und sehbehinderte Menschen. Leider erfolgt zurzeit der Informationsaustausch zwischen blinden oder sehbehinderten Menschen und dem öffentlichen Verkehr hauptsächlich optisch. Daher ist die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel für Blinde sehr erschwert. Mit Hilfe des neuen Systems soll der öffentliche Verkehr auch für diese Personen leichter zugänglich gemacht werden, da die Informationen in akustischer Art an die NutzerInnen vermittelt werden können.

Mit einem Smartphone als Endgerät können folgende Informationen an diese Gruppe von Menschen übermittelt werden:

- Angabe über ankommende Fahrzeuge
- Lokalisierung von Fahrzeugen
- Informationen über die einzelnen Fahrzeuge (Liniennummer und Fahrtrichtung)
- Aktuelle Informationen während der Fahrt (Haltestellen, Uhrzeit)
- Absetzen eines Einstiegs- bzw. Ausstiegswunsches
- Rückmeldungen auf Anfragen durch das Fahrzeug bzw. den Fahrer bzw. der Fahrerin.

#### Smartphone Betriebssysteme

Grundsätzlich stellen Touchscreen Geräte, durch ihr Bedienerkonzept der indirekten Interaktion mit den Inhalten auf dem Bildschirm, eine oft unüberwindbare Hürde für Blinde und sehbehinderte NutzerInnen dar. Daher können diese Menschen die Vorteile eines Smartphones nicht nutzen.

Die im iOS Betriebssystem (entwickelt für iPhone, iPad, iPad mini und iPod touch) integrierte Funktion „VoiceOver“ ermöglicht blinden und sehbehinderten Menschen eine gute Interaktion mit den angezeigten Inhalten. Der Inhalt kann sozusagen mit dem Finger „erforscht“ werden und Informationen werden akustisch an den Benutzer bzw. die Benutzerin wiedergegeben.



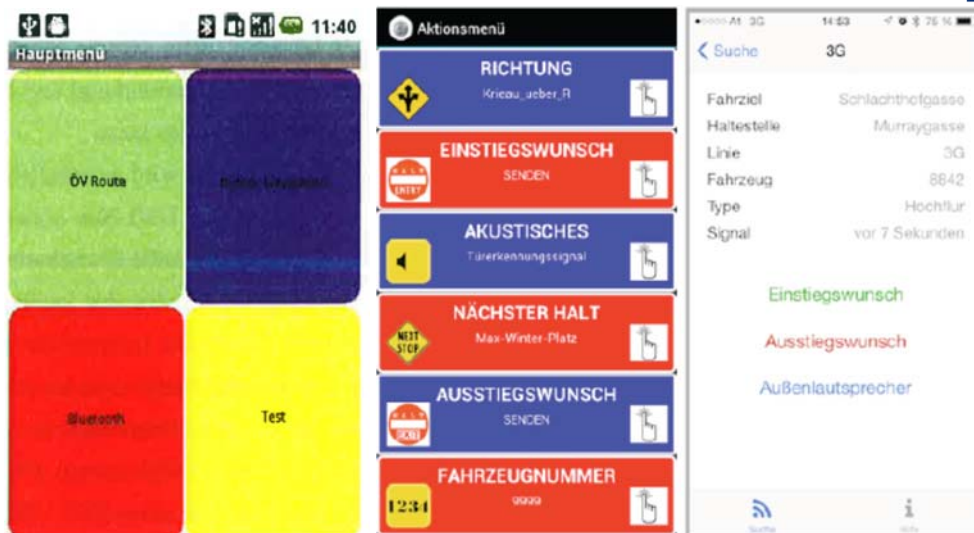


Abb. 1: Aussehen des Hauptmenüs der Android Applikation (ways4all Android App).

Die gesamte Navigation innerhalb der Applikation erfolgt blindengerecht, d.h. der Nutzer bzw. die Nutzerin kann mit Fingerstreichen durch die Menüs navigieren. Beim Berühren der Schaltfläche werden die Funktionen ausgesprochen (Talk Back) und nach einem nochmaligen Antippen wird die Funktion aktiviert und ausgeführt. Die Bildschirmdarstellung ist in einem hochwertigen Hochkontrastdesign, hierdurch können sich Blinde und Personen mit Sehschwäche dank einer eigens entwickelten Bedieneroberfläche und Audioausgabe durch den öffentlichen Personennahverkehr bewegen. Die Akustikfunktion des Gerätes gibt alle für den Nutzer bzw. die Nutzerin wichtigen Informationen korrekt wieder und unterstützt die sprachgeführte Bedienung der App. Eingabebestätigungen und Fahrplaninformationen werden als Hinweise angezeigt und vorgelesen. Somit können sich die NutzerInnen ohne weiteres im Verkehrsnetz zurechtfinden.

### RFID-Tags

Ein RFID System besteht auf der einen Seite aus einem Datenträger (Tag) und auf der anderen Seite einem Reader mit Antenne. RFID arbeitet mit schwachen elektromagnetischen Wellen, die von einem Lesegerät abgestrahlt werden. Bringt man einen Transponder in die Reichweite dieser Antenne, kann man Informationen berührungslos vom Speicher des Transponders lesen oder auch Daten darauf speichern. RFID-Technologie ermöglicht die automatische Initialisierung der Benutzerposition in der Karte der aktuellen Umgebung und die Erkennung von Objekten, die mit RFID-Tags ausgestattet sind.

Durch die Indoor-Navigationsfunktion innerhalb der Applikation kann für den Benutzer bzw. die Benutzerin eine Route vom aktuellen Standort zum benötigten Verkehrsmittel berechnet werden. Die aktuelle Position wird durch den grade aktiven RFID Tag bestimmt, durch dessen Aktivierung auch Informationen zum aktuellen Standort angezeigt werden können. Der sehbehinderte Nutzer bzw. Nutzerin wird durch die gesprochenen Anweisungen in bestimmten Abständen geleitet und kommt so an sein bzw. ihr gewünschtes Ziel.

### Anwendung des Navigationssystems

Das Forschungsprojekt liefert eine ganzheitliche Lösung, um das Reisen im Öffentlichen Verkehr für Menschen mit besonderen Bedürfnissen – im aktuellen Fall blinde und sehbehinderte Menschen - in Zukunft zu vereinfachen. Diese stehen beim Reisen im öffentlichen Raum vor besonderen Herausforderungen. Können diese Hürden gemeistert werden, haben auch weitere Zielgruppen wie Touristen und

andere KundenInnen des Öffentlichen Verkehrs ein neues, praktisches Hilfsmittel zur Pretrip- Planung und für den Ontrip zur Verfügung. Das Gesamtsystem besteht aus mehreren Hauptkomponenten: der Routenplanung, der In- und Outdoor- Navigation, der Fahrzeugkommunikation und einer intuitiven Software, die alles vereint.

Mit Hilfe von Fahrplaninformationen (VOR, ÖBB, u.a.) und Kartenmaterial (Open Street Map, Google Maps, u.a.) kann der Benutzer bzw. die Benutzerin seine Reise planen. Im Freien können die SystemnutzerInnen mit Hilfe einer speziellen Fußgänger-Navigation über GPS navigieren und so ihren Weg finden. Das dabei verwendete Kartenmaterial z.B. Open Street Map soll auch via Editierfunktionen ein Feedback zulassen, um zu ermöglichen, das bestehende System ständig zu erweitern und zu aktualisieren. Verlässt man den Empfangsbereich der satellitengestützten Navigation - wie zum Beispiel beim Betreten eines Indoorbereiches - wird eine Indoornavigation zur Verfügung gestellt. Die Indoornavigation wird technisch mit Trägheitsnavigation, RFID-Tags und QR-Codes (Quick Response – 2D Barcodes) umgesetzt. Das System benötigt grundsätzlich keine Infrastruktur und kann somit autonom funktionieren. Um die Trägheitsnavigation zu verbessern, werden zusätzlich Gebäudepläne und Referenzpunkte verwendet. Mögliche Referenzpunkte können RFID-Tags oder QR-Codes sein.

Um die Mobilitätskette zu vervollständigen wird auch die direkte Kommunikation mit dem öffentlichen Verkehrsmittel ermöglicht z.B. der Einstiegswunsch einer sehbehinderten Person. Die Anwendung besteht aus einem Server und einer mobilen Komponente. Über die Serveranwendung werden via Internet die Routenabfragen und die Verknüpfung von zusätzlichen nützlichen Informationen durchgeführt und an das mobile Endgerät gesendet. Die mobile Anwendung – basierend auf der Opensource Plattform Android – ist die Schnittstelle zum Benutzer bzw. Benutzerin und ermöglicht eine intuitive und barrierefreie Bedienung. Sprachausgabe und die Verknüpfung von realer und virtueller Information ermöglichen eine sinnvolle Bedienung nach dem 2 -Sinne Prinzip.

### Schlussfolgerungen

Der Einsatz von WLAN-Technologien in Verbindung mit Smartphones als Nutzerendgeräte bietet viele Vorteile. Einer davon ist, dass die Entwicklungskosten im Vergleich zu anderen Navigationslösungen für blinde und sehbehinderte Menschen relativ niedrig sind, da keine neuen Komponenten entwickelt werden müssen, sondern die gesamten Bausteine bereits auf dem Markt kostengünstig erworben werden können. Ebenso wird eine vereinfachte und auch sehr schnell erlernbare Nutzung des Navigationssystems durch den Einsatz des Smartphones des Nutzers bzw. der Nutzerin ermöglicht.

Dieses Forschungsprojekt zeigt einen möglichen Weg der Realisierung zu einem universellen System, das mit entsprechenden Erweiterungen auch zusätzliche Nutzergruppen (z.B. RollstuhlfahrerInnen, Touristen, etc.) zugänglich gemacht werden kann. Vor allem Touristen können beim Erreichen bestimmter definierter Punkte Informationen über Sehenswürdigkeiten der Umgebung abrufen.

Mithilfe der Anbindung an das fahrzeuginterne Bordinformationssystem kann das System jederzeit mit neuen bzw. aktuellen Daten versorgt werden und in aufgearbeiteter Form an den Nutzer bzw. die Nutzerin weitergegeben werden. Dadurch wird Blinden und Sehbehinderten die Möglichkeit der selbstbestimmten Mobilität, die Erleichterung der Navigation und die Verwendung von öffentlichen Personennahverkehren ermöglicht.

## Literaturverzeichnis

Hassan A. Karimi (2015): Indoor wayfinding and navigation; CRC Press; NewYork.

Antona M.; Stephanidis C. (2015): Universal access in human-computer interaction; Springer; Los Angeles.

Ackermann K., Bartz C., Feller G. (1997): Behindertengerechte Verkehrsanlagen. Planungshandbuch für Architekten und Ingenieure, Düsseldorf.

Ertl W. (2000): Mobilität blinder und sehbehinderter Menschen im öffentlichen Raum. <http://www.kremser.wonne.cc/leitsysteme/vorwort-ertl.html>, (27.04.2001)

Kremser W. (2000): Auf blinden Fahrgast wurde vergessen. <http://www.kremser.wonne.cc/oebb/fahrgastvergessen0101.html>, (27.04.2001)

Kremser W., Ertl G. (2000): Hindernisse im öffentlichen Raum. Gefahrenquellen für nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer, insbesondere für sehbehinderte und blinde Menschen. <http://www.kremser.wonne.cc/hindernisse/hindernisse-titelseite.html>, (15.03.2001)

Ertl G., Graff D., Gruggenberger K., Hofbauer G., Janoschek D., Kavalir R.: Österreichischer Blinden- und Sehbehindertenverband - ÖBSV (2005): Nicht sehen und doch ankommen – Barrierefreie Mobilität für blinde und sehbehinderte Menschen. <http://cdn4.vol.at/2005/10/nsuda.pdf>

Plan & rat – Büro für kommunale Planung und Beratung (2005): Mobilitätsbedürfnisse von Kindern und Jugendlichen im Straßenverkehrs- und Baurecht. <http://www.mehr-freiraum-fuer-kinder.de/wp-content/uploads/2014/07/Studie-Mobilita%CC%88tsbedu%CC%88rfnisse-von-Kindern-und-Jugendlichen-im-Stra%C3%9Fenverkehr.pdf>

Düwal K., Mertel S., Erben C., Heinrich G., Jarling K. (2002/2003): Reduzierung von Mobilitätsbarrieren – das Pilotprojekt, Informations- und Leitsystem für Menschen mit geistiger Behinderung am Bahnhof Lüneberg, Lüneberg, 2003.

Latuske R., ARS Software: Bluetooth, ZigBee und IrDA – Vergleich und Industrieanwendungen, 2003.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2004): Städte der Zukunft – Kompass für den Weg zur Stadt der Zukunft, Bonn, 2004.

Miesenböck J. (2007): Diplomarbeit – Reisebarrieren von Menschen mit Behinderung, Johannes Kepler Universität Linz, Linz, 2007.

Bán D. (2007): Passenger orientation and navigation systems in the public transport. International summary of guidance systems designed for people with special needs. ELTE, Budapest – EHESS, Paris.

Baum Retec AG (2007): Barrierefreie Leit-, Orientierungs- und Kommunikationssysteme. <http://www.baum.de/de/produkte/ols/index.php> (05/2007)

Bühler C., Heck H., Sischka D., Becker J. (2006): BAIM - Information for People with Reduced Mobility in the Field of Public Transport. In: Miesenberger, K., Zagler, K.: Computers Helping People with Special



Needs, 10 th International Conference, ICCHP 2006, Linz, Austria, July 11-13, 2006, Proceedings, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.

Gill J. (2007): Accessibility for Visitors who are blind or partially sighted – How technology can help, London. [http://www.tiresias.org/publications/accessibility\\_visitors/ Accessibility%20for%20Visitors.pdf](http://www.tiresias.org/publications/accessibility_visitors/Accessibility%20for%20Visitors.pdf).

Kremser W. (2006): POPTIS - Taktiles und akustisches Leitsystem der Wiener Linien.

Forschungsforum Mobilität für Alle - Chancengleichheit im Verkehr, Wien 20.11.2006.

Stahl C., Heckmann D. Using Semantic Web Technology for Ubiquitous Location and Situation Modeling. In The Journal of Geographic Information Sciences, CPGIS: Berkeley, Vol. 10, No. 2., December 2004, pages 157-165.

Stahl C., Baus B., Brandherm B., Schmitz M., Schwarz T. Navigational – and Shopping Assistance on the Basis of User Interactions in Intelligent Environments. In The IEE International Workshop on Intelligent Environments (June 29, 2005, Colchester, UK), IEE, UK, pages 182-191.

Hölscher C., Meilinger T., et al. (2006): Up the Down Staircase: Wayfinding Strategies and Multi-Level Buildings. Journal of Environmental Psychology 26(4), 284-299.

Klippel A., Richter K.-F., & Hansen S. (2009). Cognitively ergonomic route directions. In H. A. Karimi (Hrsg.), Handbook of Research on Geoinformatics (S. 230-238). Pittsburgh, USA: Idea Group Inc.

Rehrl K., Häusler E. und Leitinger S. (2010b): Comparing the Effectiveness of GPS-enhanced Voice Guidance for Pedestrians with Metric- and Landmark-Based Instruction Sets. In: Proceedings of 6th International Conference on Geographic Information Science, in print, Zurich.

Rehrl K., Häusler L., Leitinger S. (2010a): GPS-based Voice Guidance as Navigation Support for Pedestrians, Alpine Skiers and Alpine Tourers. In: Proceedings of Workshop on Multimodal Location Based Techniques for Extreme Navigation, Workshop held at the 8th International Conference on Pervasive Computing, Helsinki, Finland, 2010.

Rehrl K. et al. (2009): An analysis of direction and motion concepts in verbal descriptions of route choices. K. Stewart Hornsby et al. (Eds.): COSIT 2009, LNCS 5756, pp. 471–488, Springer Berlin-Heidelberg.

Rehrl K., Brunsch S. und Mentz H.-J. (2007): Assisting Multimodal Travelers: Design and Prototypical Implementation of a Personal Travel Companion. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume 8(1), pp.31-42.

Walder U. (2009): "Forschung im Facility Management, IPS - ein Indoor-Positionierungs-System auf der Basis von Inertialsystemen", WING business 1/09, Graz, 2009.

Walder U., Bernoulli T., Wießflecker T. (2009) "An Indoor Positioning System for Improved Action Force Command and Disaster Management", Proceedings of 6th ISCRAM Conference, Gothenburg, 2009.

Kiers M., Krajnc E., Bischof W., Dornhofer M. (2010) A New Approach for an RFID Indoor Positioning System Without Fixed Coordinates for Visually Impaired and Blind People, Proceedings of IPIN Conference, ETH Zürich, 2010.