Bus-ID:

RFID-basierte akustische Unterstützung blinder und sehbehinderter Menschen für Orientierung und Information beim Zugang zum ÖPNV und an Ampeln

Technische Grundlagen

Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay, Dipl.-Ing. Rando Meister, M.Sc. Martin Hennig,
Dipl.-Psych. Cornelia Vogel

Hamburg 2014

Zuwendungsempfänger: Helmut-Schmidt-Universität

Förderkennzeichen: 13 EZ 1120A

Vorhabenbezeichnung:

RFID-basierte akustische Unterstützung blinder und sehbehinderter Menschen für Orientierung und Information beim Zugang zum ÖPNV und an Ampeln – Teilprojekt Technische Grundlagen

Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2011 – 31.08.2014

Berichtszeitraum: 01.09.2011 – 31.08.2014

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay,

Dipl.-Ing. Rando Meister,

M.Sc. Martin Hennig,

Dipl.-Psych. Cornelia Vogel

Inhalt

I. Kurze Darstellung 4
I.1 Aufgabenstellung 4
I.2 Voraussetzungen 5
I.3 Planungen und Ablauf des Auftrages 5
I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des FE-Auftrages 7
I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 9
II. Eingehende Darstellung 11
II.1 Erzielte Ergebnisse 11
II.1.1 HSU-0-1 Erforschung der Zuverlässigkeit der Lokalisierung im Freifeld 11
II.1.2 HSU-0-2 Konzeption der Anwendungsszenarien 19
II.1.3 HSU-0-3 Untersuchung verschiedener Bedienkonzepte 24
II.1.4 HSU-0-4 Erprobung der Bedienkonzepte durch potentielle Nutzer 30
II.1.5 HSU-1-1 Ankopplung an ein Fahrgastinformationssystem 33
II.1.6 HSU-1-2 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests 36
II.1.7 HSU-2-1 Erforschung von Installationsvarianten von RFID-Empfängern an Busbahnhöfen 42
II.1.8 HSU-2-2 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests 47
II.1.9 HSU-3-1 Untersuchungen zur sicheren Erfassung von RFID in unterirdischen Anlagen 54
II.1.10 HSU-3-2 Konzeption der räumlichen Verteilung von RFID-Empfängern und Lautsprechern in unterirdischen Verkehrsanlagen 61
II.1.11 HSU-3-3 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests 68
II.1.12 HSU-4-1 Modellierung von Handlungsabläufen an RFID-gesteuerten Blindenampeln 75
II.1.13 HSU-4-2 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests 78
II.2 Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse 83
II.3 Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem FE-Gebiet 84
II.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des FE- Ergebnisses nach § 11 85

I. Kurze Darstellung

I.1 Aufgabenstellung

Für ein eigenständiges und selbstbestimmtes Leben sind blinde und sehbehinderte Menschen auf die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln angewiesen. Beim Zugang zu Bus und Bahn werden sie jedoch mit den unterschiedlichsten Arten von Barrieren konfrontiert. In der ersten Phase des Forschungsprojektes Bus-ID konnte erfolgreich ein Funktionsmuster eines RFID-Systems für den Einsatz an Bushaltestellen hergestellt werden.

In der zweiten Phase von Bus-ID ging es um die Erstellung einer kompakten, integrierten Hardware-/Software-Lösung, die nachfolgend kommerzialisierbar ist. Die bisherigen Forschungsergebnisse zeigen noch Bedarf an Methoden, die Funksignale verlässlich reproduzierbar in eng definierten Reichweiten zu detektieren. Die Schwankungen in der örtlichen Lokalisierung und Erfassung der Signale des Transponders waren erheblich und konnten die Tauglichkeit im Alltag signifikant beeinträchtigen. Insbesondere Witterungseinflüsse sowie Abschirmungseffekte durch Personen, Fahrzeuge und Gebäude im Umfeld der Haltestelle konnten die Systemleistungen erheblich mindern. Eine zuverlässige Erkennung der RFID-Transponder in einer durch die Anwendung vorgegebenen Entfernung ist eine Voraussetzung für einen gebrauchstauglichen Einsatz dieser Technologie im geplanten Kontext der Unterstützung blinder und sehbehinderter Personen, ist aber auch darüber hinaus von grundsätzlicher Bedeutung für die RFID-basierte Lokalisierung von Personen und Objekten.

Die Aufgabe des Instituts für Automatisierungstechnik (IfA) der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr (HSU) bestand darin, bereits gesammelte Forschungsergebnisse zur stabilen Signalübertragung zu vertiefen und durch die Analyse neuartiger Methoden zur ortsgenauen Lokalisierung zu erweitern, um dem Kooperationspartner RTB GmbH belastbare Erkenntnisse und Empfehlungen für die Weiterentwicklung des geplanten Systems zur Verfügung stellen, u. a. in Form von Algorithmen für die Auswertung und Verarbeitung der Funksignale für unterschiedliche Anwendungsszenarien und den bidirektionalen Datenaustausch.

Auf Grund des modularen Systemaufbaus war das Konzept von Bus-ID nicht auf den Einsatz an Bushaltestellen begrenzt. Die zweite Phase von Bus-ID befasste sich mit zentralen Themenkomplexen, die substantiell für die Mobilität blinder und sehbehinderter Menschen sind und die im Alltag oft miteinander verbunden sind. Dies sind die Orientierung an Busbahnhöfen, in unterirdischen Verkehrsanlagen und an Straßenkreuzungen sowie die Nutzung von dynamischen, digitalen Informationen (wie z. B. Fahrplanabweichungen). Hierbei ergänzt die eingesetzte RFID-Technik bereits existierende Orientierungshilfen, wie z.B. Blindenleitstreifen an Busbahnhöfen oder akustische Signalgeber an Lichtsignalanlagen, um für den Nutzer zugleich eine differenziertere und umfassendere Assistenz zu bieten. Das IfA war in diesem Kontext zuständig für die technische Konzeption von Systemvarianten sowie für deren Evaluation in Form von Feldtests.

I.2 Voraussetzungen

Der bewährte Verbund der Bus-ID-Partner wurde dahingehend erweitert, dass (a) der Deutsche Blinden- und Sehbehindertenverband (DBSV) einbezogen wird, um die überregionale Perspektive sicherzustellen, und (b) mit der RTB GmbH & Co. KG ein hinsichtlich der Verkehrstechnologie erfahrenes, innovatives Unternehmen dazu stößt, durch dessen Marktposition der Weg von der Forschung im Labor in die Praxis und Rehabilitation deutlich beschleunigt und vereinfacht wird.

Als aktive Partner im Verbund waren beteiligt:

der **Deutsche Blinden- und Sehbehindertenverband e.V.**
Dachverband der Selbsthilfevereine des Blinden- und Sehbehindertenwesens
Rungestraße 19, 10179 Berlin

das **Büro Prof. Dr.-Ing. Helmut Kramer, Dipl.-Ing. Friedhelm Albrecht Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG t**
Ingenieursplanung
Glockengießerwall1, 20095 Hamburg

die **Helmut-Schmidt-Universität**
Institut für Automatisierungstechnik
Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg

die **RTB GmbH & Co. KG**
Entwicklung und Vertrieb innovativer Straßenverkehrstechnik
Schulze-Delitzsch-Weg 10, 33175 Bad Lippspringe

Die Leitung des Verbundprojektes lag beim Institut für Automatisierungstechnik, Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay.

Das Institut ist im Gesamtvorhaben zum Großteil für die technische Konzeption zuständig. Zur Bearbeitung seiner Arbeitspakete konnte das technisch und ingenieurwissenschaftlich erfahrene Personal die institutseigene Elektronik-Werkstatt sowie die zentralen Werkstätten der Helmut-Schmidt-Universität nutzen.

I.3 Planungen und Ablauf des Auftrages

Der Arbeitsplan des Forschungsvorhabens bestand insgesamt aus 33 Arbeitspaketen (AP), die fünf Anwendungsfeldern wie folgt zugeteilt wurden:

Anwendungsfeld 0 - Grundlegende Aufgaben mit Querschnittscharakter

AP DBSV-0-1: Spezifikation der Anforderungen aus Nutzersicht
AP DBSV-0-2: Begleitung der Feldtests
AP DBSV-0-3: Auswirkung auf die O&M-Schulungen
AP DBSV-0-4: Bundesweiter Erfahrungsaustausch
AP HSU-0-1: Erforschung der Zuverlässigkeit der Lokalisierung im Freifeld
AP HSU-0-2: Konzeption der Anwendungsszenarien
AP HSU-0-3: Untersuchung verschiedener Bedienkonzepte
AP HSU-0-4: Erprobung der Bedienkonzepte durch potentielle Nutzer

AP dIng-0-1: Ermittlung der Anforderungen der Verkehrsunternehmen
AP dIng -0-2: Konzeption der Anwendungsszenarien
AP dIng -0-3: Organisation der Feldtests bei Verkehrsunternehmen und –verbünden
AP dIng -0-4: Operatives Projektmanagement im Verbund
AP dIng -0-5: Öffentlichkeitsarbeit
AP RTB-0-1: Forschende Weiterentwicklung des Funktionsmusters zum Prototypen
AP RTB-0-2: Erweiterung der Funktionalität des Transponders
AP RTB-0-3: Technische Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit

Anwendungsfeld 1 - Einfach- und Mehrfachhaltestellen mit digital verfügbaren Zusatzinformationen

AP HSU-1-1: Entwurf und Realisierung einer Ankopplung an ein Fahrgastinformationssystem
AP HSU-1-2: Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests für Haltestellen mit Kopplung an ein Fahrgastinformationssystem
AP RTB-1-1: Schaffung eines Zugangs zu dynamischen Daten
AP RTB-1-3: Technische Unterstützung der Feldtests

Anwendungsfeld 2 - Orientierung an Busbahnhöfen

AP HSU-2-1: Erforschung von geeigneten Installationsvarianten von RFID-Empfängern an Busbahnhöfen
AP HSU-2-2: Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests an einem Busbahnhof
AP dIng-2-1: Ermittlung der Grundkonzepte für die Fußgängerführung an Busbahnhöfen
AP RTB-2-1: Technische Unterstützung der Feldtests

Anwendungsfeld 3 - Orientierung in unterirdischen Verkehrsanlagen

AP HSU-3-1: Untersuchungen zur sicheren Erfassung von RFID-Signalen in unterirdischen Verkehrsanlagen
AP HSU-3-2: Konzeption der räumlichen Verteilung von RFID-Empfängern und Lautsprechern in unterirdischen Verkehrsanlagen
AP HSU-3-3: Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests in einer unterirdischen Verkehrsanlage
AP RTB-3-1: Technische Unterstützung der Feldtests

Anwendungsfeld 4 - Verbesserte Möglichkeit zur Überquerung von Fußgängerüberwegen mit Ampeln

AP HSU-4-1: Modellierung von Handlungsablaufen an RFID-gesteuerten „Blindenampeln“
AP HSU-4-2: Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests an einer bedarfsgesteuerten Ampel
AP dIng-4-1: Anforderungsermittlung aus Sicht der Kommunen und der Nutzer
AP RTB-4-1: Erweiterung bestehender Lösungen für „Blindenampeln“ um RFID-Erfassung
AP RTB-4-2: Technische Unterstützung der Feldtests

Die Planung und der Ablauf folgten im Wesentlichen dem in Antrag beschriebenen Projektplan. Aufgrund einiger praktischer und inhaltlicher Erwägungen wurde nur die Reihenfolge einiger Arbeitspakete leicht modifiziert.

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des FE-Auftrages

Orientierungshilfen für blinde und sehbehinderte Menschen im Straßenraum und im öffentlichen Nahverkehr sind schon viele Jahre Gegenstand wissenschaftlicher Forschung, praktischer Erprobung sowie von Gesetzesmaßnahmen und Normierungen – und zwar in Deutschland, Europa sowie weltweit. Zentral waren erstens die Bemühungen um die Standardisierung von taktilen Hilfen im Boden, Leitstreifen oder auch Bodenindikatoren genannt (DIN 32984: Bodenindikatoren im öffentlichen Verkehrsraum. Mai 2000). Zweitens hat die Einführung von Zusatzeinrichtungen für blinde und sehbehinderte Menschen an Lichtsignalanlagen begonnen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV: Richtlinien für Lichtsignalanlagen(RiLSA). Köln 1992 Teilfortschreibung 2003, DIN32981, ISO23600_2007-12).

Die technischen Standards für diese Zusatzeinrichtungen legen folgendes fest:

- Akustische Signale müssen ihre Lautstärke dem schwankenden Umgebungslärmpegel selbstständig anpassen.
- Außerdem sollen die akustischen Freigabesignale nur nach Betätigung von separaten Zusatzanforderungstasten (Zusatztaster unter dem normalen Anforderungstaster) für den nächsten Umlauf einmalig zugeschaltet werden.

Akustische Orientierungssignale werden jedoch sehr häufig nachts abgeschaltet, da Konflikte mit Anwohnern befürchtet werden. Vielerorts werden entgegen der Richtlinien und Normen überhaupt keine akustischen Signale verwendet. Anbieter dieser Zusatzeinrichtungen sind neben RTB GmbH & Co. die Firmen KG LIC Langmatz (www.lic-langmatz.de), SER Elektronik GmbH (www.ser-elektronik.de) und Prismateknik AB (Schweden, www.prismateknik.se).

Während es auf dem Gebiet der Ampeln bereits marktgängige Produkte gibt, besteht noch wenig bis kein System, dass dem angestrebten Produkt für Bushaltestellen gleicht. Erste Versuche mit elektronischen Orientierungshilfen, die von blinden Benutzern bei sich getragen werden, liegen schon weit zurück. Sie haben sich jedoch aus verschiedenen Gründen nicht bewährt, u. a. weil sie Kopfhörer verwendeten. Deren Akzeptanz ist bei sehgeschädigten Personen nur sehr gering, da sie das für die Orientierung überaus wichtige Gehör blockieren. Erstmalig zum praktischen Einsatz kamen tragbare elektronische Hilfen für den Nahverkehr in Dresden, Prag (System der Fa. Apex, s. unten) sowie in Linz.

Mittlerweile gibt es eine ganze Reihe von Praxis- und Forschungsprojekten zur Orientierung im Straßenraum und zur Verbesserung der Zugänglichkeit zum ÖPNV. Diese lassen sich ordnen in:

a) **Systeme zum Zugang zu (dynamischen) Fahrgastinformationen**

   Diese Systeme setzten an der Haltestelle vorhandene schriftliche Informationen in gesprochene Sprache um. Hierzu zählen das o. g. genannte Linzer System DISA, die Vorleseeinrichtung der Fa. Eprovi (www.vorleseeinrichtung.de), die in Nürnberg installiert ist, das mittlerweile abgeschlossene Forschungsvorhaben mAIS (www.maissh.de) und einige weitere Projekte zur Umrüstung einzelner Haltestellen, z. B. in Münster oder Magdeburg. Diese Systeme beruhen meist auf einer Text-to-Speech-Funktion, die durch einen stationären Anforderungsknopf ausgelöst wird. DISA kann zusätzlich durch eine

Funkfernbedienung ausgelöst auch ein Ortungssignal zum Erkennen der Haltestelle senden und im mAIS-Projekt wurde die Übertragung der Fahrplandaten auf das Mobiltelefon des Benutzers getestet. Im Vorhaben BAIM bzw. BAIMplus (www.baim-info.de) werden außerdem die speziellen Informationsbedürfnisse mobilitätseingeschränkter Nutzer analysiert und Möglichkeiten erprobt, die an Haltestellen vorhandene Informationstechnik anzupassen und zu erweitern.

b) **Systeme zum Abruf von Fahrgastinformationen und zum Zugang zum Fahrzeug**

In dieser Gruppe ist das prominenteste System das oben genannte TYFLOSET der Fa. Apex (www.apex-jesenice.cz), das in Dresden und Prag eingesetzt wird. Mit einer Funkfernbedienung können Informationen über einfahrende Fahrzeuge abgerufen werden und Fahrzeugtüren geöffnet werden. Kurz vor der Installation steht das System PAVIP der Fa. Bones (www.bones.ch). Dieses arbeitet mit passiver RFID-Technik und bietet sowohl Fahrplaninformationen als auch Informationen über einfahrende Fahrzeuge und Informationen im Fahrzeug.

c.) Navigationssysteme für blinde und sehbehinderte Menschen

Als umfassendste Hilfe gelten Fußgängernavigationssysteme, die teilweise schon als Geräte auf dem Markt angeboten werden, teilweise noch Bestandteile von Forschungsprojekten sind. Grundsätzlich stellen sie eine Technologie dar, die auch dafür geeignet ist, die Orientierung blinder und sehbehinderter Menschen im öffentlichen Raum zu unterstützen. Wie die Praxis zeigt, weisen Systeme für Fußgänger heute jedoch noch einige Schwächen auf. Fußgänger bewegen sich weitaus flexibler im Raum als Autos und benötigen entsprechend detailliertere präzisere Informationen. Problematisch sind auch die Ungenauigkeit von GPS in engen Straßenschluchten und Straßenunterführungen und in der Nahfeld-Orientierung, wie z.B. an Haltestellen des ÖPNV, sowie die fehlende Ortung in Innenräumen. In die Gruppe der eigens für sehbehinderte oder blinde Benutzer entwickelten Geräte gehören solche, die mit eigenem digitalen Kartenmaterial arbeiten, wie *Trekker* bzw. das neuere Modell *Trekker Breeze (*www.tieman.de), und solche, die als Zusatzsoftware für das Mobiltelefon erhältlich sind. Entweder käuflich wie Wayfinder (www.wayfinder.com) oder als Gratissoftware und Open-Source Projekt wie Loadstone (www.loadstone-gps.com). Speziell für die Orientierung in Gebäuden wurde mit Unterstützung des Innovationsprogrammes des Saarlandes bei der Eyeled GmbH (www.eyeled.de) ein Navigationssystem entwickelt, das mit spezieller Software, in Gebäuden installierten Bluetooth-Baken und Mobiltelefon arbeitet. Aktuell große Beachtung findet das neu auf dem Markt verfügbare KapTen GPS-System von Kapsys (www.kapsys.com), das für das iPhone konzipiert ist. Es funktioniert ausschließlich sprachgesteuert und bereitet Daten speziell für Fußgänger und ÖPNV-Nutzer auf, was es für blinde und sehbehinderte Nutzer interessant macht. Allerdings setzt die Aufbereitung der ausgegeben Informationen voraus, dass der Benutzer sehen kann, sich also umsehen kann und den genannten Markierungspunkt entdecken wird.

Außerdem in diese Gruppe gehören eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die unterschiedliche Schwächen der kommerziellen Produkte aufgreifen und neue Lösungen suchen. Nav4Blind (www.nav4blind.de) will blinde Menschen umfassend in einem 30 - 50 cm genauen Korridor führen, dazu wird eigene Hardware entwickelt und u.a. die Digitalisierung von Katasterplänen und deren Aufarbeitung für die Bedürfnisse

von sehbehinderten und blinden Menschen betrieben. TANIA (A Tactile Acoustical Indoor and Outdoor Navigation and Information Assistant for the Blind, Deafblind, and Visually-impaired Users) der Universität Stuttgart (www.vis.informatik.uni-stuttgart.de) ist ein Assistenzsystem bestehend aus einem sehr positionsgenauen GPS-System, einer Stereokamera und einem Inertialsensor. Damit können relative Bewegungen des Benutzers erfasst werden und per Mustererkennung Hindernisse in seiner Umgebung erkannt und gemeldet werden. Ebenfalls mit Intertialsensoren, einem speziellen Fußsensor und GPS wird auch in einem Forschungsprojekt der Universität Karlsruhe gearbeitet (www.ite.uni-karlsruhe.de). Besonders mit den Orientierungs- und Merkstrategien blinder Benutzer, wie sie in O&M Trainings erlernt werden (Routen und Angaben als „kognitive Laufzettel“), befasst sich das von Studenten der Hochschule Darmstadt, Zentrum für Advanced Learning, Medien und Simulation (IGDV), entwickelte System Easee. Es läuft auf dem Mobiltelefon, das per Bluetooth mit einem Headset verbunden ist, und dirigiert den Nutzer per Sprachausgabe an sein Ziel. Hinzu kommt ein am Langstock befestigter GPS-Empfänger. Speziell um die Bedienung von GPS-Geräten und Schnittstellen zu Mobiltelefonen sowie PDAs geht es im Projekt Blind Walk der TU Dresden, Institut für Angewandte Informatik (www.iai.inf.tu-dresden.de).

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Der regelmäßige Erfahrungsaustausch mit den potentiellen Betreibern und Nutzern eines Orientierungssystems für blinde Menschen im ÖPNV war Teil des Arbeitsplans und wurde vor allem durch die Feldtests und die Befragungen von Verkehrsunternehmen realisiert. (s. Abschnitt 2.1). Insbesondere der Hamburger Blinden- und Sehbehindertenverein (BSVH) und die Bezirksgruppe Kassel/Nordhessen des Blinden- und Sehbehindertenbund in Hessen e. V. (BSBH) haben das Projekt nicht nur bei den Feldtests unterstützt, sondern sich auch an der Diskussion von Teilergebnissen aktiv beteiligt.

Darüber hinaus bestanden Kooperationen mit dem Hamburger Verkehrsverbund (HVV), der Hamburger Hochbahn (HHA) sowie den Verkehrsbetrieben Hamburg-Holstein AG (VHH). Zwischenergebnisse des Projektes wurden dort präsentiert, die Feldtests wurden praktisch und organisatorisch vor allem von der HHA unterstützt. Auch mit dem Hersteller der im Projekt eingesetzten RFID-Transponder Fa. Nanotron Technologies GmbH in Berlin, bestand ein kontinuierlicher Erfahrungsaustausch.

Im Rahmen der Aktivitäten des BMBF-Begleitprojektes wurden Projektergebnisse auf Konferenzen und in Workshops vorgestellt (z. B. TAR 2013, Technical Assisted Rehabilitation) und spezielle Fragestellungen zu den typischer Nutzergruppen und der Evaluation von Gebrauchstauglichkeit gemeinsam erörtert.

Auf der Ebene von Forschung und Technik wurden speziell Kontakte zum Forschungsverbund Nav4Blind in Nordrhein-Westfahlen (www.nav4blind.de) geknüpft, der sich die Entwicklung, Umsetzung und Verbreitung eines satellitengestützten Navigationssystems für blinde und sehbehinderte Menschen zum Ziel gesetzt hat. Außerdem hat Bus-ID an dem vom Projekt InMoBS *Innerstädtische Mobilitätsunterstützung für Blinde und Sehbehinderte* (www.inmobs.de) veranstalteten Workshop für Anwender, Entwickler und Entscheider in Braunschweig im Mai 2013 teilgenommen und dort intensiv Erfahrungen zu unterschiedli-

chen Forschungsansätzen (Navigation mit Smartphone versus infrastrukturbasierte Orientierungshilfen) diskutiert.

Durch die Projektpräsentationen auf der Messe für Blindenhilfsmittel Sight City (www.sightcity.net) in den Jahren 2013 und 2014 wurde das Projekt einer breiten Fachöffentlichkeit vorgestellt und Kontakte zu anderen Herstellern, wie z. B. Fa. Bones (Hersteller des PAVIP Systems, s. Abschnitt 1.4) in der Schweiz geknüpft.

II. Eingehende Darstellung

II.1 Erzielte Ergebnisse

II.1.1 HSU-0-1 Erforschung der Zuverlässigkeit der Lokalisierung im Freifeld

Dieses Arbeitspaket diente dazu, eine zuverlässige Detektion der RFID-Transponder in einer parametrierbaren Entfernung zwischen RFID-Transponder und RFID-Empfänger zu ermöglichen.

Im ersten Schritte wurden am Markt verfügbare RFID-Systeme auf Eignung geprüft. Dieser Prüfung vorangestellt wurden die Anforderungen an den Transponder, den Reader, die Datenübertragung und das Gesamtsystem, die sich aus dem Einsatz in Bus-ID ergeben. Diese sind stichwortartig in Tabelle II-1 zusammengefasst.

Tabelle II-1: Anforderungen an das verwendete RFID-System

Systemteil	Anforderung
Transponder **(Anwenderanforderung)**	Ausreichend Zusatzfunktion
	Keine Ausrichtungsrelevanz
	Kleine Abmaße
	Unkomplizierte Tragbarkeit
	Leichte Bedienung
	Lange Lebensdauer
	Niedriger Preis
Reader **(Anbieteranforderung)**	Gängige Schnittstellen
	Wenig Infrastruktur
	Geringer Energieverbrauch
Datenaustausch **(Projektanforderung)**	Zuverlässige Pulkerfassung
	Hohe Reichweite
	Verlustfreie Durchdringung
Gesamtsystem **(Projektanforderung)**	Genaue Lokalisierung
	Andauernde Herstellerzuverlässigkeit
	Hohes Softwarelevel

In einer umfassenden Internet- und Literaturrecherche wurden Hersteller und Vertriebe für aktive RFID-Systeme zur Echtzeitlokalisierung identifiziert. Es wurden 23 verschiedene Firmen kontaktiert, von denen sich 13 zurückmeldeten. Nach weiteren Analysen von Informationsmaterial zeigte sich, dass die Systeme von sieben Firmen adäquate Real-Time-Location-Systems (RTLS) auf Basis aktiver RFID darstellen. In Tabelle II-2 sind die wichtigsten

Eigenschaften dieser Systeme als Übersicht aufgelistet. Neben Namen und Firma werden die verwendeten Lokalisierungsprinzipien aufgezeigt. Dazu ist die kleinstmögliche Infrastruktur beschrieben. + 1 bedeutet, dass ein *Masterreader* erforderlich ist, +K steht für Kabelkommunikation der Reader, -K für kabellose Kommunikation. Die Lokalisierungsgenauigkeit ist in Metern angegeben und beschreibt die Abweichung von der eigentlichen Transponderposition.

Tabelle II-2: Wesentliche Eigenschaften analysierter RFID System für RTLS

System	Firma	Lokalisierungs-prinzip(ien)	Min. Reader-anzahl	Genauigkeit (+/-)
BlackFIR	PPS	AoA, Laufzeit	1	1,5 m
CS 5000	CSL	ToA (, RSSI)	4, -K	2,0 m
Dart UWB	Zebra Technologies	TDoA	4+1, +K	0,3 m
IntelliFIND	Identec Solutions	RSSI	4+1, -K	1,5 m
Locat. Pack	Purelink	TDoA (, RSSI)	3, +K	2 m
nanoPAL	Nanotron	TDoA	3, +K	2 m
Series 3000	Value-ID	RSSI	3, -K	25 %

Es zeigte sich, dass fast alle Hersteller das freie ISM-Band bei 2,4 bis 2,5 GHz nutzen, sich ansonsten aber in Lokalisierungsverfahren, -genauigkeit, Ausstattung und Software stark unterscheiden. Die Marktführer in den verschiedenen betrachteten Anforderungen sind noch einmal in der folgenden Tabelle II-3 zusammengestellt.

Danach wurden die Anforderungen aufbereitet und mittels eines paarweisen Vergleiches in eine Rangfolge gebracht und gewichtet. Im Anschluss daran wurden die einzelnen Systeme hinsichtlich ihrer Erfüllung der Anforderungen bewertet. In einer Präferenzmatrix wurden dann alle Informationen zusammengetragen und verknüpft, wodurch sich ein Ranking der RTLS ergab, aus dem die drei Systeme *Location Pack* von *Purelink, Dart UWB* von *Zebra Technologies und CS 5000* von *CSL* als führend hervorgingen.

Tabelle II-3: State of the Art-Übersicht

Systemteil	Eigenschaft	State of the Art	Marktführer
Transponder	Transponderrobustheit	IP 67	Zebra Technologies
	Transponderfeatures	Sensoren, Knöpfe, LEDs, Speicher	Value-ID
Reader	Arealüberwachung	4000 m² pro Reader	Purelink
	Stromversorgung	64 *Sensoren* über ein *Hub* mit Power over Ethernet	Zebra Technologies
	Kommunikation	Wireless	Identec Solutions, Value-ID
Datenaustausch	Frequenz	ISM-Band bei 2,4 und 5,8 GHz	–
	Pulkerfassung	65535 Transponder	CSL
Gesamtsystem	Lokalisierungsprinzip	AoA, Laufzeitmessung, ToA, TDoA, RSSI	–
	Lokalisierungsgenauigkeit	+/- 0,3 Meter	Zebra Technologies
	Transponderortungen pro Sekunde	250	Nanotron
	Readeranzahl zur Ortung	1 (Single Point Locator)	PPS
	Überwachbare Arealgröße	Beliebig	CSL
	Softwarelevel	Bluefairy	Purelink
	Quellcode	Kostenlose Bereitstel-lung	CSL
	Starterkitpreis	3995 Dollar	CSL
	Systemlanglebigkeit	Updatefähig, Rückwerts kompatibel	–

Die drei besten RFID-Systeme zur Echtzeitlokalisierung haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. So ist das *Location Pack* von *Purelink* zu empfehlen, wenn ein gutes Allroundsystem mit ausgereifter Software benötigt wird. Ist eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit erforderlich, sollte eher zum *Dart UWB* von *Zebra Technologies* tendiert werden. Dafür sind dann aber Abstriche bei den Transponderzusatzfunktionen zu machen. Wenn eine RFID-

Lösung für große Areale gesucht ist, sollte das *CS 5000* von *CSL* favorisiert werden. Dieses System wurde am Ende aufgrund der nachfolgenden Faktoren als das beste und weiter zu testende System ausgewählt:

- Die verschiedenen Readerausführungen in Kombination mit der Aufteilung des zu überwachenden Areals in Zellen ermöglichen die optimierte Anpassung an Areale mit vielen Hindernissen, wie z. B. an U- und Busbahnhöfen.
- Die Armbandversion des Transponders scheint die beste Lösung für den Tragekomfort eines Transponders an einer Person zu sein und besitzt zudem einen (Alarm-)Knopf.
- Die geringe Transponderbatterielebensdauer von ca. einem Monat als größter Nachteil ist noch tolerierbar.
- Die kabellose Reader Kommunikation erleichtert die Installation der Systeminfrastruktur.
- Die Reader besitzen vom Werk aus die IP-Schutzklasse 67 und sind somit auch für den Outdooreinsatz prädestiniert.
- Der Quellcode der Software ist ohne Aufpreis verfügbar und anpassbar. Somit kann das System problemlos weiterentwickelt werden.

Im Anschluss an die Marktrecherche und die erste Bewertung der angebotenen Systeme wurden das CS 5000 und in einem abschließenden Vergleich noch das in Teilen baugleiche Systems NanoPan von Nanotron in verschiedenen Testumgebungen evaluiert. Dieser Vergleich bot sich an, da das CS 500 für seine Reader Nanotron-Hardware verwendet. Beide Systeme verwenden zur Messung des Abstandes von Transponder zum Anker das ToF-Verfahren (Time of Flight, deutsch: Laufzeitmessung)[1]. Die zweidimensionale Lokalisierung erfolgt mit Hilfe von Trilateration. Beide Systeme verwenden zu Übertragung der zur Abstandsmessung und zur weiteren Datenverarbeitung notwendigen Funksignale ein Verfahren der Frequenzmodulation, das Chirp Spread Spectrum (CSS), das nach IEEE 802.14 normiert. Beide Systeme senden auf dem 2,4-GHz-Frequenzband. In beiden Fällen können Anker mit Antennen mit unterschiedlicher Richtwirkung (Öffnungswinkel von 80°-360°) eingesetzt werden. Die Software erlaubt die Konfiguration des Beacons (Ankersignals), der CSMA (Carrier Sense Multiple Access) Registration Time (Zeit in der es für neue Transponder möglich ist sich in der Zelle anzumelden) und der TDMA Ranging Time (Zeit, die für die Durchführung von Abstandsmessung pro Transponder zur Verfügung stehen).

Die Validierung wurde zur eindimensionalen Analyse zuerst outdoor auf dem Sportplatz der Helmut-Schmidt-Universität (s. Abbildung II-1) und dann indoor in einem Flur des Instituts für Automatisierungstechnik durchgeführt. Hierbei wurden die eindimensionale Abstandsmessung und die Effizienz der verwendeten Antennen näher betrachtet. Daran schloss sich eine zweidimensionale Analyse an (s Abbildung II-2), in der die Lokalisierungs- und Optimierungseigenschaften outdoor auf dem Sportplatz und indoor in der Turnhalle des Campus untersucht wurden.

[1] Die Messmethode ToF Time of Flight (dtsch. Laufzeitmessung) ermittelt die Differenz von der Startzeit eines Signals am Transponder zum Ankunftszeit am Reader unter Einbeziehung der konstanten Lichtgeschwindigkeit. ToF ist bei dynamischen Abstandsmessungen erheblich genauer als technisch weniger aufwendige Methode der Feldstärkemessung (engl. RSSI Received Signal Strength Indication), bei der die empfangene Feldstärke am Reader mit der Entfernung des Transponders in Verbindung gebracht wird.

Die Dokumentation und Interpretation der Messergebnisse erfolgte in Form von Messwertengraphen wie in Abbildung II-3 und Abbildung II-4 illustriert.

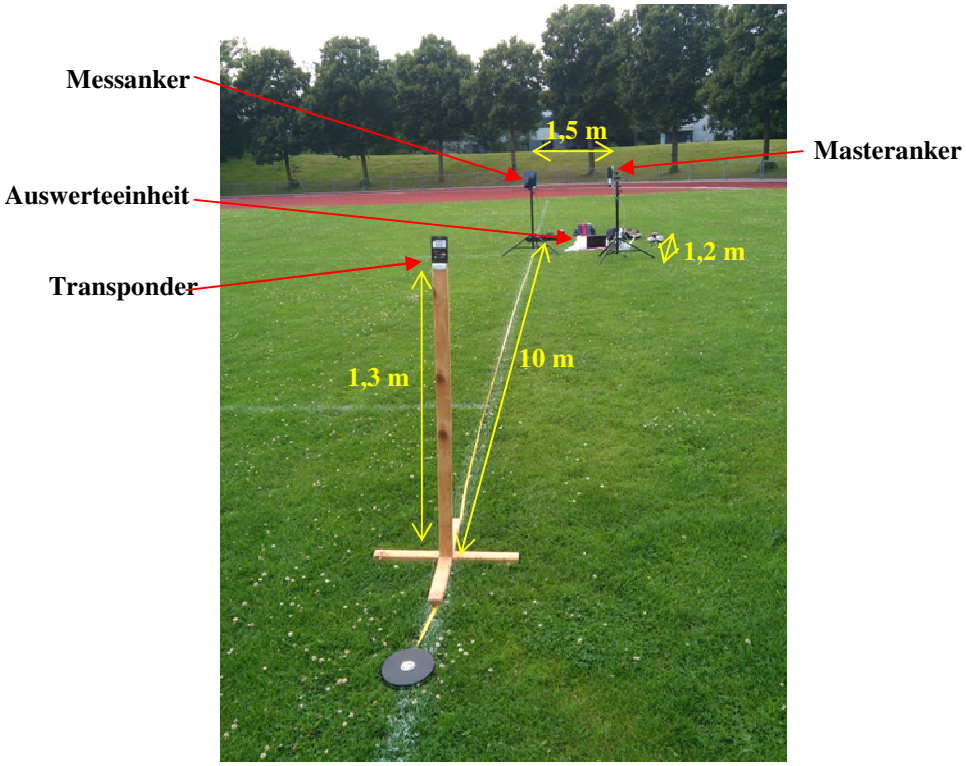


Abbildung II-1: Aufbau der eindimensionalen Validierung (Sportplatz)

<u>Ergebnisse</u>

Das CS500 war fähig, eindimensionale Abstandsmessungen im angegebenen Toleranzbereich des Herstellers durchzuführen. Das *NanoPAN* liefert generell höhere Messfehler, bedingt durch seine Abhängigkeit von der Positionierung der Systemkomponenten. Auch das *CSL*-System weist diese Problematik auf. Generell ist die Systemanfälligkeit für Mehrwegeausbreitung jedoch nicht so hoch wie die des *Nanotron*-Systems. Die Messungen mit dem Nanotron-System weisen allerdings weniger Fehlmessungen und eine geringere Standardabweichung auf.

Bei Hindernissen misst das *CSL RTLS* die Entfernung mittels eines Signals über Mehrwegeausbreitung, da die elektromagnetischen Wellen auf dem direkten Signalweg aufgrund des Hindernisses zu stark abgeschwächt oder auch abgeschattet werden. Da diese Signalauswahl durch die Versuche bestätigt ist, kann mittels Raumstruktur und -abmaßen der neue mögliche Messwert der Distanz vorab berechnet werden. Dies kann genutzt werden, um Fehlmessungen über Mehrwegeausbreitung auszufiltern.

Die Aufzeichnung der Transponderbewegungen mittels des *CSL RTLS* ist genauer und weist geringere Messfehler auf als die des *NanoPAN*. Zwar erreicht das *NanoPAN* hier bessere Ergebnisse als bei den statischen Messungen und wieder deutlich weniger Fehlmessungen, jedoch zeigt sich auch hier die Störungsanfälligkeit für Mehrwegeausbreitung bedingt durch die Komponentenpositionen.

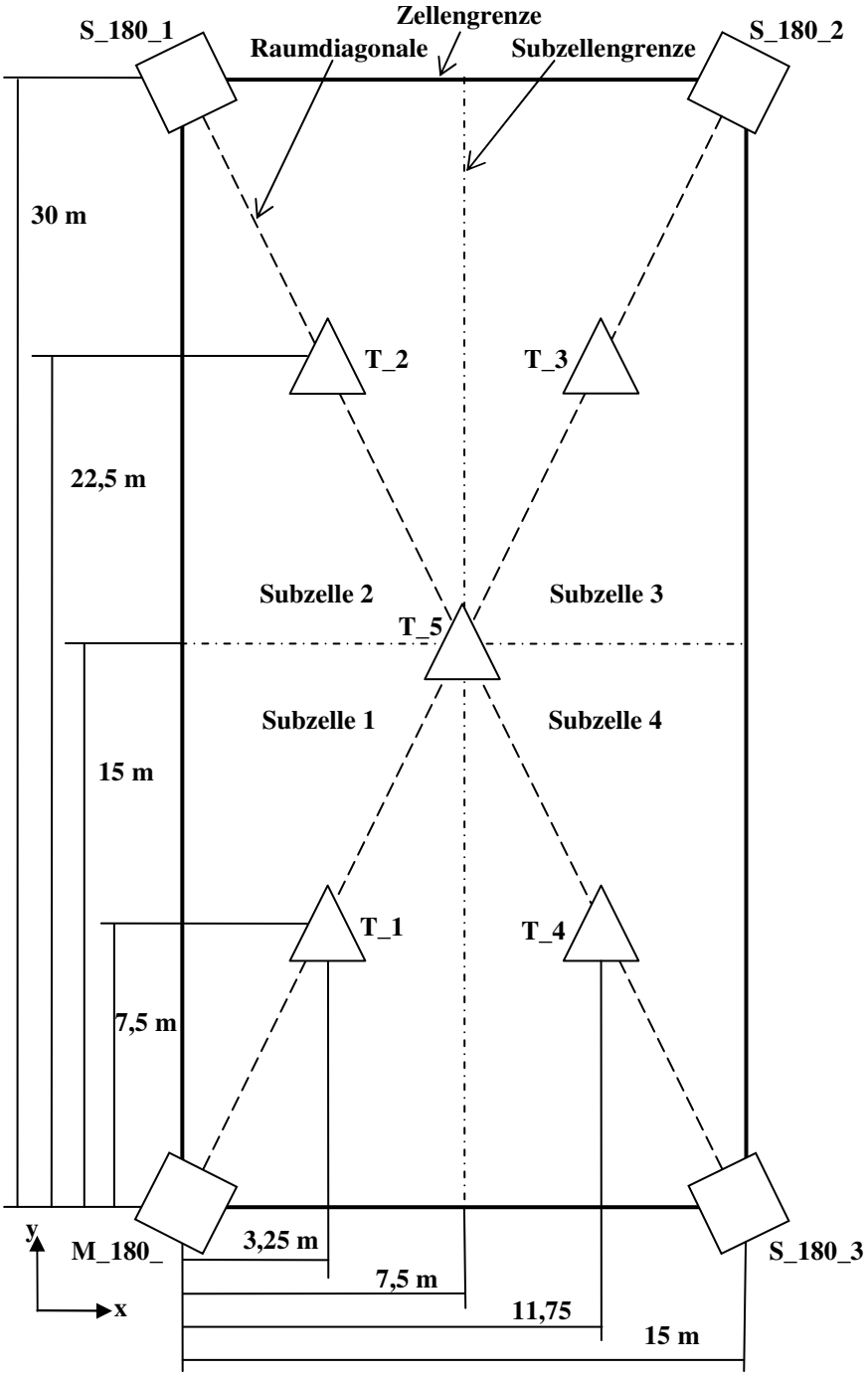


Abbildung II-2: Schematische Draufsicht des zweidimensionalen Versuchs (Maßstab 1:200)

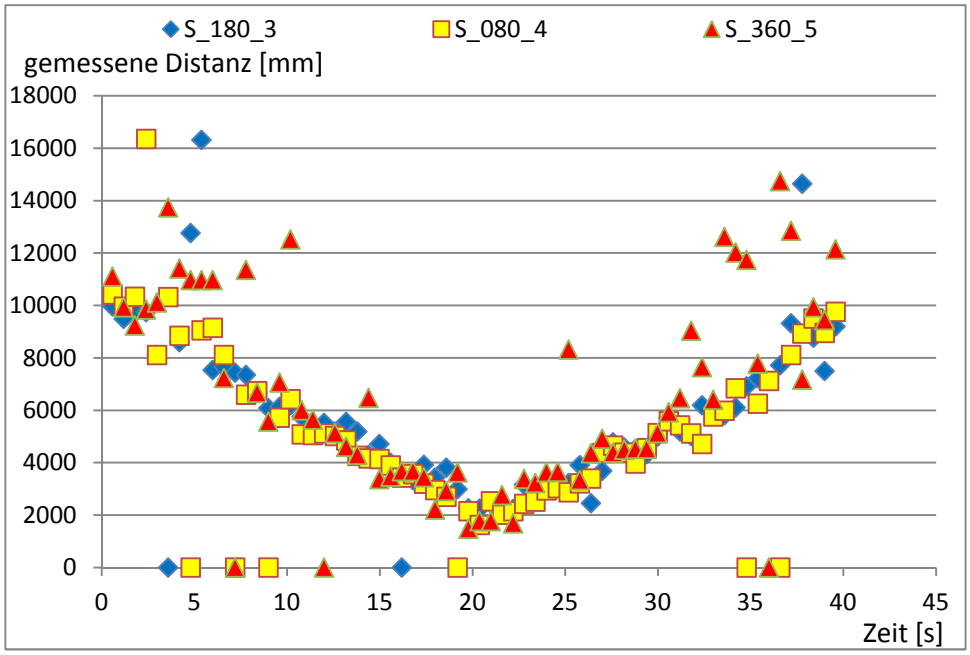


Abbildung II-3: Messung dynamischer Transponderbewegungen mit dem CSL RTLS

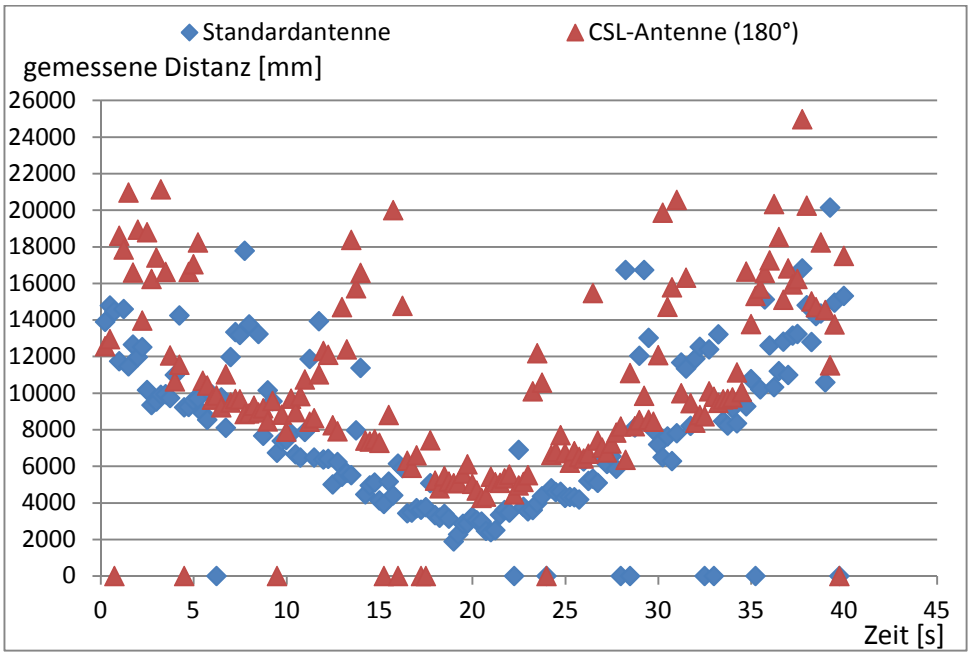


Abbildung II-4: Messung dynamischer Transponderabweichungen mit dem NanoPAN

Die Messungen mit dynamischen Hindernissen zeigen, dass das *CSL*-System genauere Abstandsmessungen aufweist. Das *Nanotron*-System hat mit seiner Standardantenne jedoch deutlich weniger Fehlmessungen. Generell liefern beide Systeme mit der 360°-Antenne die besten Ergebnisse, das *CSL RTLS* jedoch nur auf Transponderhöhe.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das *CSL RTLS* durch seine Signalauswahl geringere Messwertabweichungen erreicht als das *NanoPAN*. Zudem weist das *NanoPAN* durch seine Signalauswahl immer eine geringere Standardabweichung und weniger Fehlmessungen auf, sodass sie durch die Implementierung eines Offsets einfach aufbereitet werden können.

Die hier durchgeführten Versuche zeigen auf, dass insbesondere bei statischen Messungen in Indoor-Umgebungen beim *CSL RTLS* aus quantitativer Sicht eine größere Standardabweichung und mehr Fehlmessungen auftreten als beim *NanoPAN*. Die Rohdaten der dynamischen Messungen mit dem *CSL RTLS* sind jedoch genauer als die mit dem *NanoPAN*. Qualitativ werden diese Rohdaten zudem durch Filter von *CSL* gut aufbereitet. Dadurch können die hohen Messwertabweichungen durch Mehrwegeausbreitung ausgesondert werden. Dies erlaubt die Einstellung eines niedrigeren Schwellwertes bei der Signalauswahl, da dann die Vielzahl schwacher Signale nicht mehr mittels des Komparators ausgefiltert werden muss, um die Standardabweichung der Messwerte zu minimieren. Es können dann mehr Signale zum *Rangen* verwendet und anschließend hinsichtlich der ermittelten Entfernung aussortiert werden. So können auch die vorher nicht betrachteten schwächeren Signale auf dem direkten Messweg zur Abstandsmessung genutzt werden, wodurch die Genauigkeit der Messungen zunimmt. Die geringe Standardabweichung wird dann durch die Filter gewährleistet.

Die Wirkung von Filtern wurde am CSL – System untersucht. Der Hersteller bietet zum einen zwei Ranging Filter (Rolling Average Filter, Rolling Minimum Filter) an, die den durch Rauschen bedingten Messfehler korrigieren. Zum anderen können mit verschiedenen Location Filtern (Regional Specific Anchor, Boundary Filter u.a.m.) die durch Ranging Filter bereinigten Werte weiter optimiert werden.

Die Analyse der Wirkweise der genannten Filter ergab, dass das *CSL RTLS* in der Lage ist trotz vieler Fehlmessungen und Messfehler konstante Abstandsmessungen im Toleranzbereich zu erzeugen. Auch bei Messungen mit dynamischen Hindernissen sind die Resultate vielversprechend. Daher kann sich ein Reverse Engineering zur Ermittlung der Filterfunktionsweisen lohnen um die Daten des *NanoPAN* entsprechend aufzubereiten.

<u>Fazit</u>

Die Versuche haben gezeigt, dass das *CSL RTLS* sowohl bei statischen als auch bei dynamischen Messungen bessere Messgenauigkeiten liefert als das *NanoPAN*. Im Gegenzug dazu sind die Messungen des *NanoPAN* zum einen robuster, was eine generell geringere Anzahl an Fehlmessungen beweist, und haben zum anderen bei statischen Messungen auch eine geringere Standardabweichung. Ein Hauptgrund für die Genauigkeit des *CSL RTLS* ist die Signalauswahl zum *Rangen*. Das *CSL*-System verwendet vermutlich einen niedrigeren Schwellwert, als das verglichene *Nanotron*-System. So werden beim *CSL RTLS* auch durch destruktive Mehrwegeausbreitung abgeschwächte Signale zum *Rangen* verwendet, welche vom *NanoPAN* nicht beachtet werden. Zudem ist das *CSL*-System in der Lage, die aus der Signalauswahl resultierende größere Standardabweichung der Messfehler mittels Datenaufbereitung durch Filter zu kompensieren. Dies führt zu einer konstanten Genauigkeit im angegebenen Toleranzbereich des Herstellers. Die Analyse der Datenaufbereitung zeigt jedoch, dass diese produktiven Eigenschaften nicht ohne weiteres eingesehen werden können, da sie nur als kompilierte DLLs vorliegen.

Zur Weiterführung des *Bus-ID*-Projektes war es aufgrund des schlechten Herstellersupportes von *CSL* nicht zielführend auf dieses neue System zu vertrauen. Zudem war es wegen der schweren Zugänglichkeit zur Funktionsweise nur bedingt für die Forschung geeignet. Da jedoch die Signalauswahl in Kombination mit den Filtern zu guten Messergebnissen führten, wurde *NanoPAN* weiter betrachtet und durch Wissensschöpfung aus der Arbeitsweise des *CSL RTLS* optimiert.

II.1.2 HSU-0-2 Konzeption der Anwendungsszenarien

Anwendungsszenarien Ampeln

Die Bedarfsampel (Abbildung II-5) ist der einfachste Anwendungsfall. Der blinde Mensch kommt in den Empfangsbereich des Readers und löst mit dem Transponder, den er trägt, entweder ein Orientierungssignal („Tocken“) aus, das rechtzeitig und in ausreichender Lautstärke ertönt, oder ein in abgesenkter Lautstärke vorhandenes Signal wird in seiner Lautstärke erhöht. Das Aussenden des Tock-Signals wird durch das Freigabesignal (Grünphase) unterbrochen. Das System bietet die Möglichkeit, die Anforderung für das Freigabesignal automatisch auszuführen, so dass das Suchen nach dem Taster entfällt. Es ist zu prüfen, wie diese Funktion von den Benutzern beurteilt wird. Nach dem Überqueren oder im Falle, dass der Transponder-Träger die Ampel nur passiert, wird das Tocken entfernungsgesteuert abgestellt.

Für den Fall, dass sich der blinde Mensch im Empfangsbereich aufhalten möchte, ohne die Ampel zu benutzen (auf der Parkbank sitzen, auf den Bus warten, am Kiosk einkaufen usw.) gibt es eine Ausschaltfunktion.

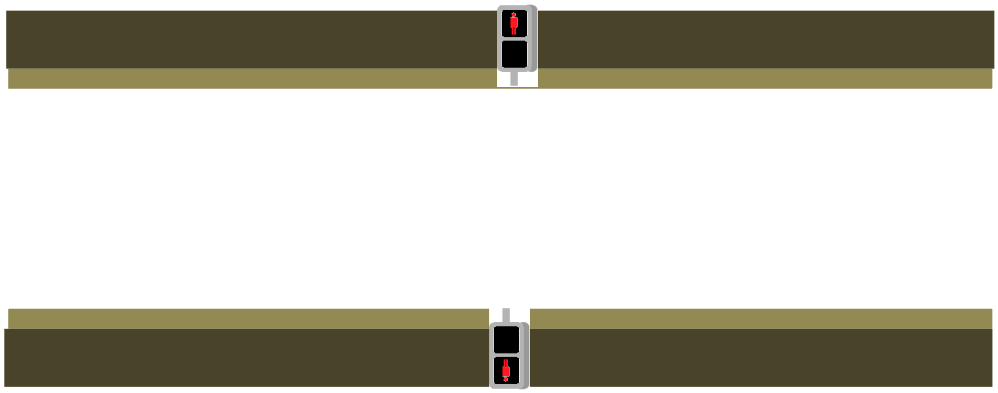


Abbildung II-5 Anwendungsfall Bedarfsampel

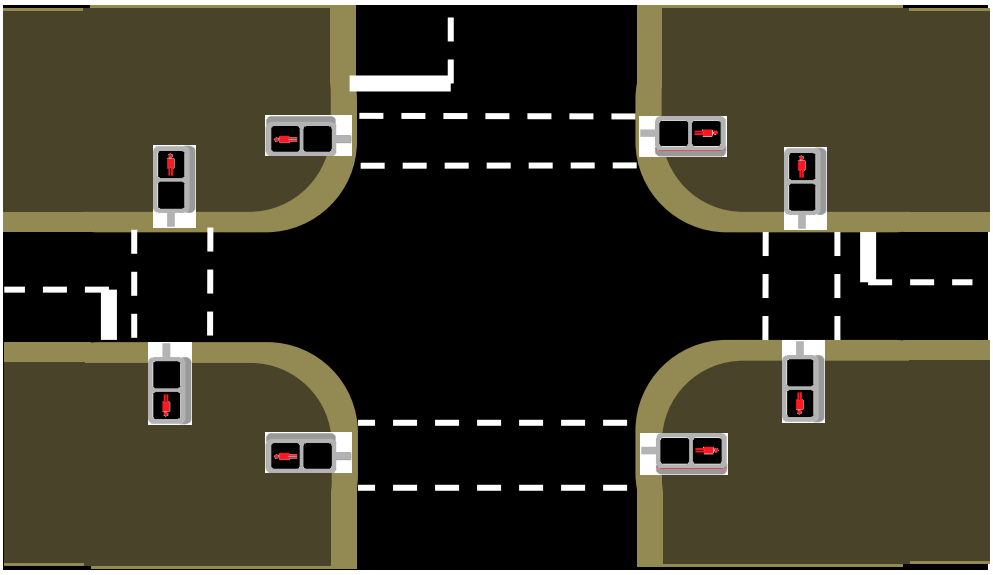


Abbildung II-6 Anwendungsfall ampelgeregelte Kreuzung

An der ampelgeregelten Kreuzung (Abbildung II-6) liegt der Fall vor, dass vom Transponder immer das Tocken mehrerer Ampeln ausgelöst wird. Die Ansteuerung erfolgt entfernungsgesteuert. Immer die jeweils nächste Ampel wird aktiviert bzw. in der Lautstärke angehoben. Die anderen verstummen oder werden wieder abgesenkt. Dort, wo Reader sehr nahe beieinander liegen und beide aktiv sind, ist die Unterscheidung – wie bislang - durch Richtungshören und das Ertasten des Pfeils auf dem Anforderungstaster möglich. Für alle Situationen, die der Abbildung II-6 sinngemäß entsprechen, gilt, dass das Tocken nur durch das Freigabesignal unterbrochen wird und ansonsten alle Ampeln ein Orientierungssignal senden, solange ein Transponder im Empfangsbereich ist. Für eine automatische Auslösung der Grünphase muss das System erkennen können, welche Richtung der Benutzer nehmen möchte. Andernfalls bleibt es bei einer manuellen Anforderung der Freigabe.

Ein Sonderfall der ampelgeregelten Kreuzung sind die Kreuzungen mit Rechtsabbiegerspur (Abbildung II-7). Die Ampeln auf der Mittelinsel müssen besonders laut tocken, um gehört zu werden. Optimal wäre, wenn das akustische Signal mit einem Warnhinweis kombiniert wird, der auf den nicht ampelgesicherten Zebrastreifen aufmerksam macht.

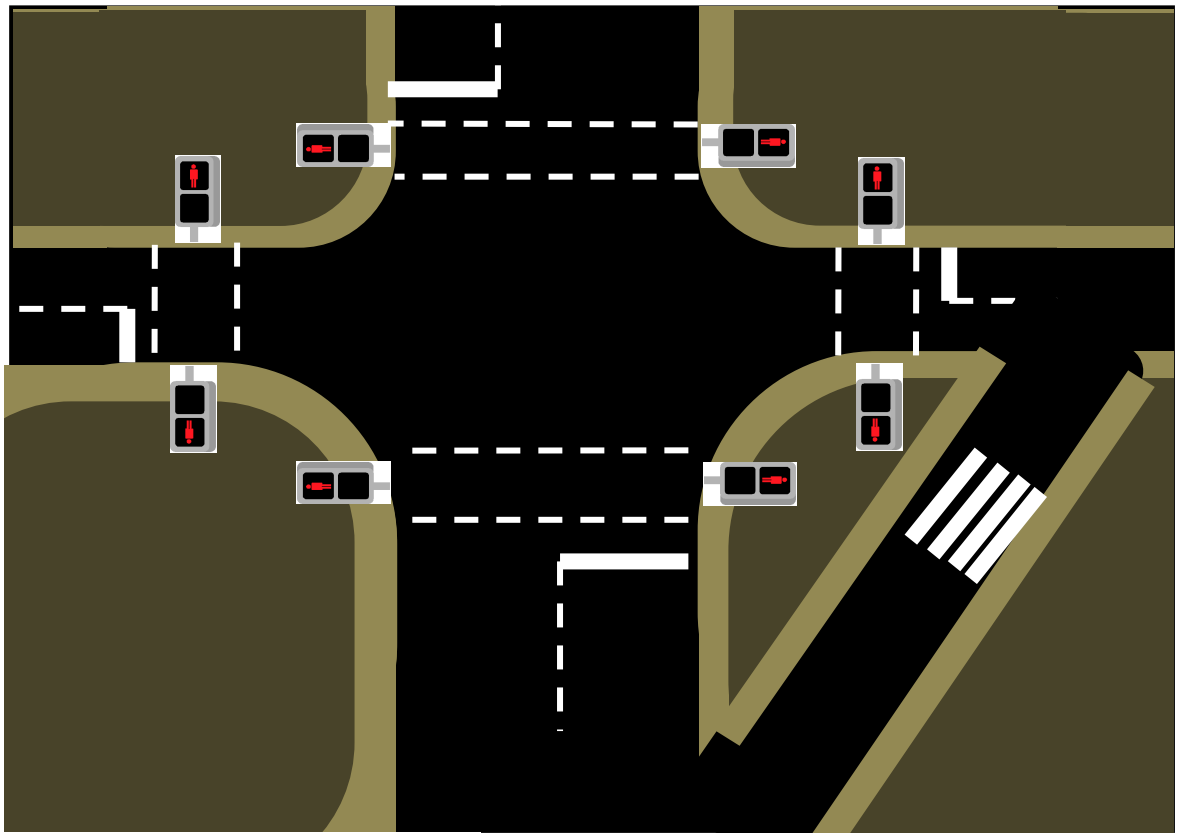


Abbildung II-7: Zugang zur Lichtsignalanlage über Zebrastreifen (Rechtsabbiegerspur)

Anders als bei der Suche nach einer Bushaltestelle, hat der blinde Fußgänger bei der Suche nach ampelgeregelten Überwegen an Kreuzungen eine Reihe von akustischen Informationen, die ihn in der Nähe von Ampelmasten bringen: Motorengeräusche an der Haltelinie,

Querverkehr, anfahrende Fahrzeuge. Daher wird, wie sich aus den Versuchsergebnissen aus Bus-ID I ableiten lässt, eine Reichweite des Orientierungssignals von drei bis vier Meter ausreichen. Anders ist es bei Bedarfsampeln für Überwege, die nicht an Kreuzungen stehen. Hier muss die Reichweite mindestens der Breite des Gehweges entsprechen.

Generell sollten Ampeln weiterhin das bekannte Ortungs- und das bekannte Freigabesignal ausstrahlen. Als neue Möglichkeit soll die automatische Anforderung der Grünphase erprobt werden, wofür ein zusätzliches Erfassungssignal notwendig ist.

Anwendungsszenarien Busbahnhöfe

An Bushahnhöfen ergeben sich mehrere Anwendungsszenarien in Abhängigkeit vom aktuellen Handlungsziel (Umsteigen von / zur Schnellbahn, Umsteigen Bus, Übergang Straßenraum). Der Umfang und Detaillierungsgrad von notwendigen Orientierungshilfen variiert je nachdem wie weit das räumliche Setting bekannt ist. Zusätzlich sind die wichtigsten Fahrgastinformationen, nach Möglichkeit dynamisch, bereitzustellen.

Die unterschiedlichen Handlungsketten sind nachfolgend in Abbildung II-8 dargestellt.

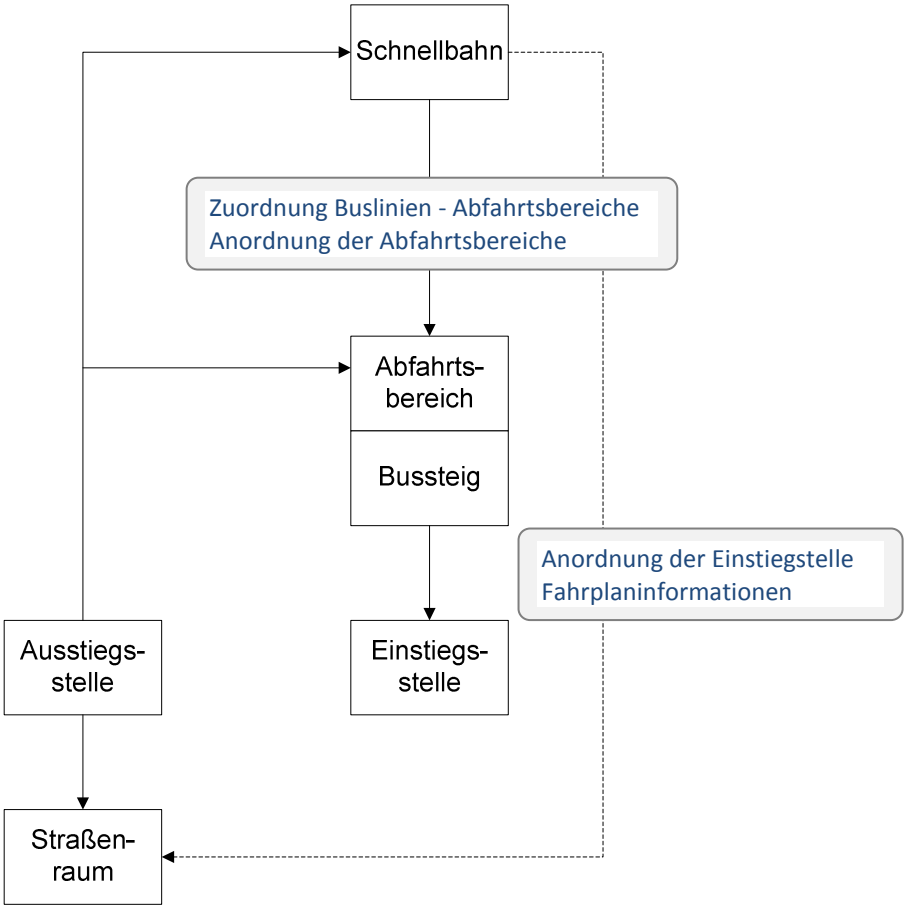


Abbildung II-8: Handlungskette Busbahnhof

Der Bedarf an Orientierungsassistenz an den Abfahrtsbereichen / Bussteigen ist identisch mit dem an Bushaltestellen im Straßenraum und kann aus den Ergebnissen von Bus-ID I

hergeleitet werden. Zusätzlich muss das System Unterstützung liefern zum Auffinden der Abfahrtsbereiche / Bussteige sowie der Übergänge zur Schnellbahn und in den Straßenraum.

Anforderungsszenarien Unterirdische Verkehrsanlagen

In Tabelle II-4 sind Handlungsabläufe in unterirdischen Schnellbahnhaltestellen sowie notwendige Orientierungs- und Planungshilfen aufgelistet. Orientierungshilfen beziehen sich auf die Lokalisierung von Objekten und die Navigation durch den Raum. Planungshilfen sind Informationen für die Fahrt mit dem ÖPNV.

Tabelle II-4: Handlungsabläufe und Systemanforderungen unterirdischer Verkehrsanlangen

	Orientierungshilfen	Planungshilfen	Systemanforderung.
1. Betreten der Schalterhalle			
a) Schalterhalle ebenerdig **b) Treppenzugang im Straßenraum**	Zugang markieren (Orientierungssignal oder Name der Haltestelle)	1.) Liniennamen 2.) Richtungen 3.) nächste Abfahrt je Richtung	Erfassen des Transponders aus allen Gehrichtungen
2. Durchqueren der Schalterhalle Richtung Bahnsteig			
a) Schalterhallen mit zusätzlichen Ausgängen zum Straßenraum **b) Schalterhallten ohne zusätzliche Ausgänge zum Straßenraum**	1) Treppen zu den jeweiligen Bahnsteigen markieren 2) (optional) Aufzug/ Rolltreppen markieren 3) An den Bahnsteigzugängen Hinweis, an welcher Seite welche Linien in welche Richtungen fahren	1) Linien und Richtungen für jeden Bahnsteig 2) Wichtige Zwischenhalte für jede Linie /Richtung (Verkehrsknotenpunkte)	Sequentielle Akustik in fester Reihenfolge oder bei Annäherung
3. Betreten des Bahnsteigs			
a) Mittelbahnsteig **b) Außenbahnsteig**	1.) Notruf/ Infosäule markieren 2.) Kurzzugbereich markieren	1.) Nächste Abfahrtzeit je Linie/Richtung 2.) Kurzfassung Fahrpläne und Fahrzeiten an Infosäule abrufbar	Fahrplaninformationen
4. Betreten des Fahrzeugs			
a) Fahrzeuge je nach ihrer Länge **b) Fahrzeuge einer Linie und Richtung mit unterschiedlichen Endhaltestellen**	1.) Einfahrende Linie (falls mehrere Linien an einem Bahnsteig) 2.) Zuglänge (Kurzzug, Vollzug)	1.) Einfahrende Line 2.) Endstation falls Linien unterschiedliche Endstationen haben	Zugriff auf Daten über die Fahrzeuge

	Orientierungshilfen	Planungshilfen	Systemanforde-rung.
5. Verlassen des Bahnsteigs Richtung Schalterhalle			
1.) **Bahnsteige mit nur einem Ausgang** 2.) **Bahnsteige mit je einem Ausgang an beiden Enden** 3.) **Bahnsteige mit mittigen Ausgän-gen**	1.) Richtungen der Aus-gänge 2.) Aufzug markieren	-----	*(keine weiteren)*
6. Verlassen der Schalterhalle Richtung Ausgang			
Schalterhallte mit ein oder mehreren Ausgän-gen	Richtungen der Ausgänge	------	*(keine weiteren)*

II.1.3 HSU-0-3 Untersuchung verschiedener Bedienkonzepte

Zur Bearbeitung des Arbeitspaketes wurden erstens die allgemeinen Anforderungen formuliert, die sich einerseits aus der Fachliteratur und andererseits aus den vorliegenden Ergebnissen vorangegangener und paralleler Arbeitspakete ergeben haben, und zweitens eine Reihe von Prototypen entworfen.

Kompatibilität und Codierung

Die Kompatibilität zwischen einem Bediengerät, der Wirklichkeit und den Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers wird u. a. durch die Anordnung der Bedienelemente, die Beschriftung und die Sinnfälligkeit der Verbindung von Eingabeweisen und Systemreaktionen hergestellt. Zur Kompatibilität gehört die Rückmeldung des Systems auf Eingaben des Benutzers. Bei haptischen Elementen kann diese realisiert werden durch:

- ein geeignetes Betätigungsgeräusch, z. B hörbares und taktiles „Klick“,
- die spürbare Überwindung des Druckpunktes,
- eine progressive Stellteilcharakteristik,
- eine ausreichend hohe Betätigungskraft,
- ein Rastmoment (als Schutz vor Fehlbedienungen).

Bei der Bestimmung der optimalen Abmessungen sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Größe des Stellteils relativ zu einwirkenden Extremität (incl. Schutzkleidung),
- Größe des Auslenkungsbereichs;
- Montageabstand,
- Auslegung von Betätigungswiderständen hinsichtlich optimaler propriozeptiver Bewegungskontrolle,
- die beabsichtigte Greifart (Kontaktgriff, i.d.R. mit einem Finger, Zufassungsgriff mit mind. 2-3 Fingern usw.)

Die relevanten Empfehlungen zu anthropometrischen Maßen in der Fachliteratur sind zusammengefasst in Tabelle II-5. Um Wetterfestigkeit zu garantieren und um das Gerät möglichst flach zu halten, sollten die Bedienelemente möglichst als Taster realisiert werden, die mit einem Finger bzw. dem Daumen gedrückt werden und sollten aufgrund der Empfehlungen einen Durchmesser von 1 cm bzw. eine Fläche von 1 x 1 cm^2 nicht unterschreiten.

Tabelle II-5: Anthropometrische Gestaltungsempfehlungen zu Drucktastern und -schaltern

	Neudörfer[2]	Schmidtke [3]	Lanc [4]	Neumann & Timpe [5]
Durchmesser (mm)	D.knöpfe 7-20, D.taster 10 – 28	12- 15	13 – 50 (opt. 20 -30)	min 12, opt. 20 – 30
Schaltweg (mm)	3-8 /6-8	3 -10	----	------
Höhe (mm)	------	3-25	Opt. 4-5	min 5, max. 25
Lichter Abstand (mm)	15-25	25-50	-----	min 13, opt. 5

Aus den parallelen oder zuvor abgeschlossenen Arbeitspakten ergab sich, dass das Benutzergerät folgende manuelle Funktionen bieten muss:

1. Erkennen des Ladezustandes,
2. Ein- und Ausschalten des Gerätes,
3. Wiederholen eines Signals/ Ansage,
4. Abbrechen eines Signals / Ansage,
5. Vorwärtsspringen zur nächsten Ansage,
6. Rückwärtsspringen zur vorigen Ansage.

Weitere Benutzeranforderungen, die auf das Design Einfluss haben, sind:

- Der Transponder muss wetterfest sein, damit man ihn am Armband am Handgelenk tragen kann.
- Neben dem Tragen am Handgelenk muss das Tragen um den Hals und in der Tasche möglich sein.
- Die Gesamtgröße sollte, damit das Tragen am Handgelenk möglich ist, ein Maß von ca. 6 x 6 x 1,5 cm nicht überschreiten.

<u>Dimensionierung</u>

Hinsichtlich der Dimensionierung war zu bedenken, dass die Anzahl der Bedienelemente kleiner sein würde als die Anzahl der Funktionen, damit entfiel die Variante jede Funktion auf ein Bedienelement zu legen. Somit verblieben noch die folgenden Alternativen

a) **Unterschiedliche Bedienarten lösen unterschiedliche Funktionen aus**

Dieselbe Taste könnte bspw. bei einmaligem Drücken eine andere Funktion auslösen als bei zweimaligem Drücken. Das erfordert aber eine längere Einübung durch den Benutzer, damit es nicht zu Fehlbedienungen kommt.

[2] Neudörfer, Alfred: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte. Dordrecht: Springer-Verlag, 2011
[3] Schmidtke, Heinz: Lehrbuch der Ergonomie. München: Hanser-Verlag, 3. Aufl. 1993
[4] Lanc, Otto: Ergonomie – Psychologie der technischen Welt. Stuttgart: Kohlhammer 1975
[5] Neumann, Jochen; Timpe, Klaus-Peter: Psychologische Arbeitsgestaltung. Berlin:VEB Verlag der Wissenschaften, 1987

b) **Mehrfachbelegung von Bedienelementen**

Die ausgelöste Funktion ist abhängig vom jeweiligen Systemzustand, z. B. eine Taste für Wiederholen und Abbruch: bei laufender Ansage hat die Taste die Bedeutung „Abbruch“, nach Abschluss einer Ansage die Bedeutung „Wiederholung“

Variante B wurde für das weitere Vorgehen ausgewählt.

Die Anordnung der Bedienelemente sollte sich an dem Design von anderen Geräten orientieren, die unter blinden und sehbehinderten Menschen stark verbreitet sind und daher den Benutzern vertraut sind, wie z. B. Sprachaufnahmegeräte und Hörbuchspieler wie Milestone (Fa. Bones) und ein Daisy-Player von Plextalk (s. Abbildung II-9). Dadurch wird die Gefahr von Verwechslungen und Fehlbedienungen weiter reduziert.

Abbildung II-9: Handelsübliche Geräte für Sprachaufnahme und -wiedergabe

Die Analyse zeigt, dass Vorwärts- und Rückwärts-Funktionen durch rechte und linke Pfeiltasten realisiert wurden. Die Bedienung der Tasten wird dem Benutzer deutlich rückgemeldet, durch ein hörbares Klicken, durch entsprechend lange Schaltwege und / oder Betätigungswiderstände sowie einen deutlich erkennbaren Druckpunkt. Der Ein- und Ausschalter ist durch seine Position erkennbar. Der Ladezustand wird durch eine akustische Rückmeldung kenntlich gemacht, die entweder automatisch beim Ein- und Ausschalten ertönt oder über eine gesonderte Taste abgerufen werden kann.

<u>Entwürfe</u>

Für die Entwicklung der zu testenden Prototypen wurden mehrere Entwurfszyklen durchlaufen. Für die erste Bewertung durch blinde oder sehbehinderte Experten wurden dazu 3-Drucke hergestellt.

Der erste Entwurf (s. Abbildung II-10) hatte folgende wesentlichen Merkmale:

- runde Grundform,
- drei Taster für Vorwärts, Rückwärts, Wiederholen und Abbruch,
- ein Schalter für Ein und Aus,
- sowie Schlaufen zur Befestigung an einem Armband oder Halsband.

Abbildung II-10: Erster Entwurf Bediengerät

In der zweiten Entwurfsserie (s. Abbildung II-11) wurden folgende Vorgaben berücksichtigt:

1. Design in erster Linie für Tragen am Handgelenk, weil der Arm ohnehin zum Tragen des Langstocks vorgestreckt wird, dadurch sind die Sende/Empfangsbedingungen am besten.
2. Form eckig, weil damit am meisten Platz für eckige Bauteile (Spule, Akku) besteht.
3. Abmaße: 55 x 53 x 14 mm, damit noch Luft für den Einbau eines Vibrators bleibt.
4. Beschriftung für die Tasten, um Verwechslungen zu vermeiden.

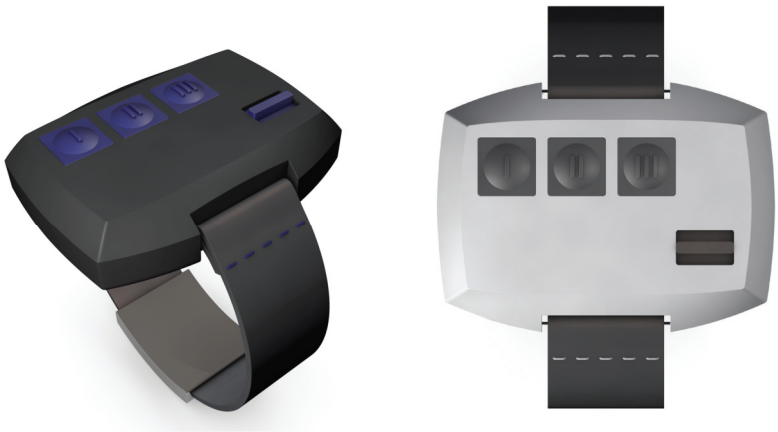


Abbildung II-11: Zweiter Entwurf Bediengeräte

Der wesentliche Nachteil dieser Modelle lag in den sehr kleinen Bedienelementen. Im nächsten Entwurfszyklus wurde der An-/Ausschalter als Kippschalter an der Seite realisiert und die Codierung der Tasten mit Pfeilen umgesetzt (s. Abbildung II-12). Die entsprechenden Prototypen wurden von den Zentralen Werkstätten der Helmut-Schmidt-Universität gedruckt und für die Feldversuche mit einer Platine ausgestattet. Dabei wurde ein 3D Drucker verwendet, welcher zwei unterschiedliche Materialen zu einem wassergeschützten

Gehäuse verarbeiten kann. Dies hat den Vorteil, dass ein flexibles Material den Weg des Taster-Drucks aufnimmt und den Schalter der Platine überträgt. Das PCB Design der Platine ist eine Weiterentwicklung eines Transponders der Firma Nanotron (HRD). In Kooperation mit der Firma Nanotron wurde das Design angepasst und durch die zentralen Werkstätten der HSU neu bestückt.

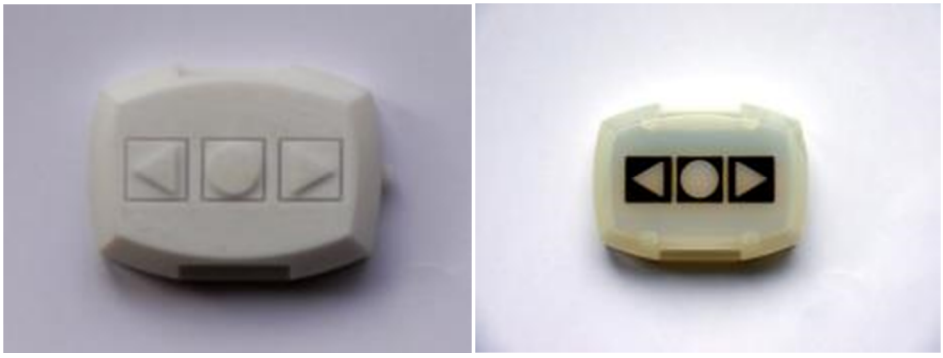


Abbildung II-12: Zwei gedruckte Gehäusevarianten für das Bediengerät

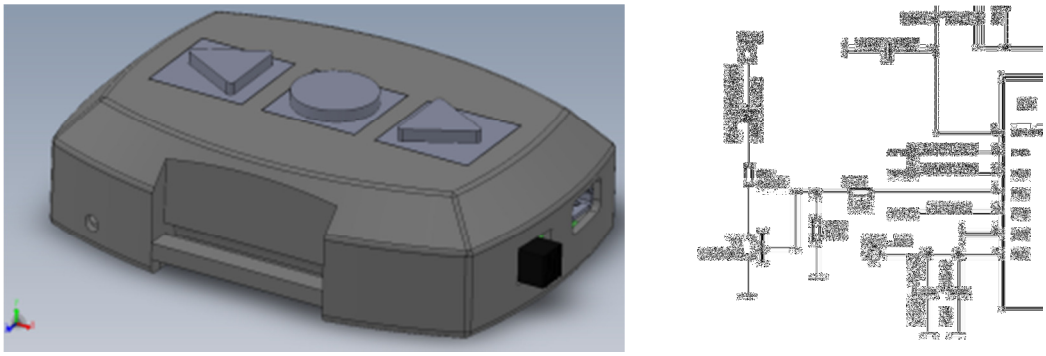


Abbildung II-13: Finaler 3D Entwurf des Gehäuses und HRD Schaltskizze der Schnittstellen

Abbildung II-144: HRD PCB Design in SMD Technologie

Folgende Anpassungen des Hardwaredesigns wurden durchgeführt:

- Implementierung von 3 Tastern, Entprellung der Taster über die Software
- Anpassung des max. Ladestroms 250mA und Ladezeit 3,6h für größeren Akku
- Thermosicherung für Entladung des Akkus max. 375mA
- Implementierung eines Schiebeschalters für On / Off
- Implementierung eines Aktors an Kollektor T1 (Vibrationsmotor)
- Entfernung der LED, sowie des Micro Match Steckverbinder, SMD Taster

In Kooperation mit der Firma Nanotron wurde ebenfalls die Firmware neu angepasst sowie ein Protokoll zur Steuerung des Vibrationsmotors implementiert. Die Ansteuerung des PINs erfolgt über ein Funkprotokoll an Hand von 3 Parametern:

[1 Byte][1 Byte][2 Byte][2 Byte][1 Byte]

[Magic1][Magic2][duration][pause][repetition] (MSB first)

Magic1 = 0xFF

Magic2 = 0xFF

duration = gibt an wie lang der Pin am STM8 (PA4) HIGH ist

pause = gibt an wie lang der Pin am STM8 (PA4) LOW ist

repetition = gibt an wie oft sich duration + pause wiederholen

Der Vibrationsmotor wird über den Anker angesteuert. Es wurden zwei Varianten des haptischen Feedbacks implementiert. Der Vibrationsmotor vibriert kurz nachdem eine Taste auf dem Transponder gedrückt und über die Funkschnittstelle an den Anker übertragen wurde. Dieser sendet dann ein Bestätigungssignal (mit Ansteuerung des Vibrationsmotors) an den Transponder zurück. Als zweite Variante wurde ein zyklisches Feedback-Signal an den Vibrationsmotor gesendet. Die Frequenz der Vibration befindet sich dabei in Abhängigkeit von der physischen Entfernung zwischen Transponder und Anker. Je mehr man sich auf den Anker zubewegt, desto höher steigt die Frequenz.

Das ankergesteuerte Verhalten hat dabei einen praktischen Vorteil gegenüber dem transpondergesteuerten Verhalten. Soll in Zukunft das ankergesteuerte Verhalten, z.B. über das haptische Feedback, verändert werden, ist es technisch einfacher eine Veränderung am Anker vorzunehmen als an allen ausgelieferten Transpondern.

II.1.4 HSU-0-4 Erprobung der Bedienkonzepte durch potentielle Nutzer

Die letzten beiden der in AP HSU 0-3 dargestellten Prototypen wurden von insgesamt 52 blinden oder sehbehinderten Personen erprobt und bewertet. Im Einzelnen wurden erstens die Größe und die Form beurteilt, die bei beiden Geräten identisch waren. Zweitens die Erkennbarkeit der Tasten, ihre haptische Rückmeldung sowie drittens die Erkennbar des An- / Ausschalters. Außerdem wurde ermittelt, wie gut die Befragten das Bedienkonzept intuitiv nachvollziehen konnten. Die Abbildung II-15 bis Abbildung II-17 sowie Tabelle II-6 und Tabelle II-7 zeigen die Einzelresultate. Aus praktischen Gründen konnten nicht immer allen Teilnehmer alle Fragen gestellt werden. Daher weichen die Summen der Resultate im Einzelfall von N=52 ab.

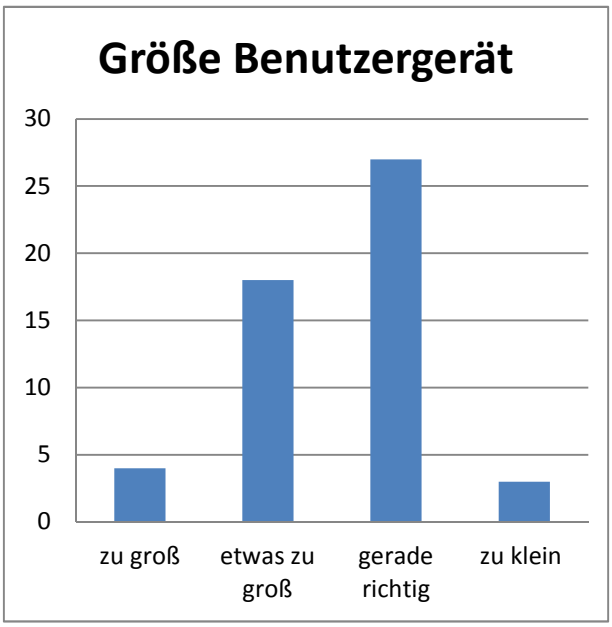


Abbildung II-15: Beurteilung der Größe des Bediengerätes

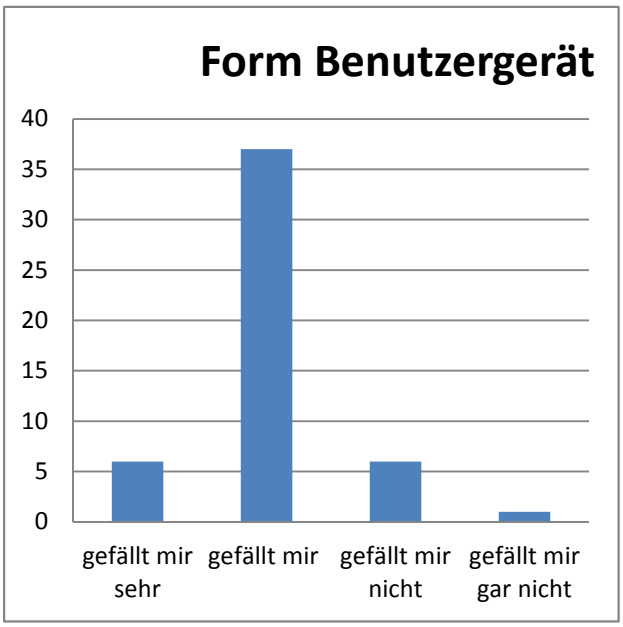


Abbildung II-16 Beurteilung der Form des Bediengerätes

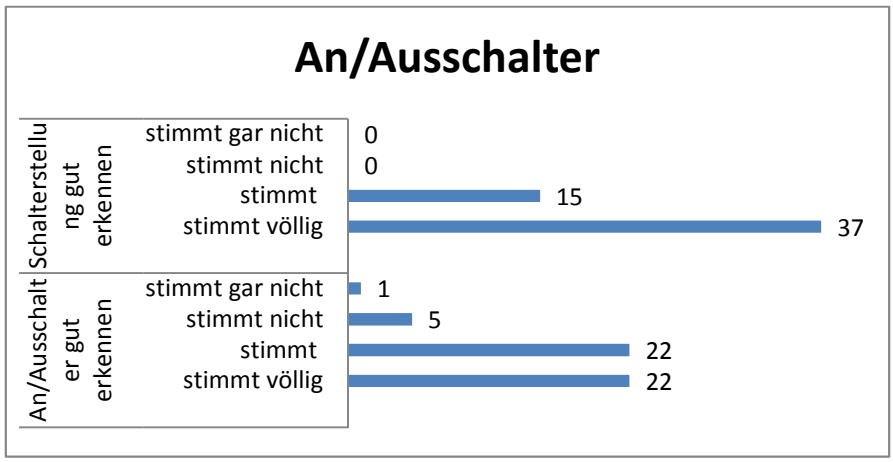


Abbildung II-17: Beurteilung des An-und Ausschalters

Tabelle II-6: Vergleich der Benutzergeräte hinsichtlich Erkennbarkeit der Tasten, der haptischen Rückmeldung und der Oberfläche

	Prototyp A (nur weiß)	Protoyp B (schwarz weiß)
Wie gut lassen sich die Tasten des Gerätes erkennen?		
sehr gut	24	35
gut	11	14
nicht gut	1	0
N	37	49
Die Tasten des Gerätes geben eine gute Rückmeldung, wenn man drückt.		
stimmt völlig	11	4
stimmt	25	11
stimmt nicht	2	25
stimmt gar nicht	1	7
N	39	47
Die Oberfläche des Gerätes fühlt sich gut an, wenn man drückt.		
stimmt völlig	2	10
stimmt	27	26
stimmt nicht	9	11
stimmt gar nicht	1	1
N	39	48

Tabelle II-7: Intuitive Benutzung der Tastensymbole

N	weitere Ansage auslösen	Etwas überspringen	Etwas wiederholen	frühere Ansage noch mal hören	Abbrechen
▷	37	32	8	6	4
◁	6	9	22	27	5
○	---	---	1	---	15

Abschließend kann festgestellt werden, dass sich das Bedienkonzept in den Befragungen bewährt hat. Auch die Größe und die Form der Geräte wurden positiv beurteilt. Die Bewertung der Erkennbarkeit der Tasten und die haptische Rückmeldung zeigen Mängel und Stärken der beiden Prototypen auf, die sich aus dem verwendeten Material bzw. der damit verbunden Konstruktion ergeben. Gerät A hat die bessere Rückmeldung, ist aber aufgrund der

fehlenden Farbkontraste für sehbehinderte Benutzer ungeeignet. Gerät B hat den schlechter wahrnehmbaren Druckpunkt, aber bietet aufgrund der Schwarz-Weiß-Kontraste die bessere Erkennbarkeit. Beide Aspekte lassen sich aber bei einer nachfolgenden Kommerzialisierung problemlos miteinander kombinieren und optimieren.

II.1.5 HSU-1-1 Ankopplung an ein Fahrgastinformationssystem

Vorgehensweise

In den Metropolregionen der Bundesrepublik Deutschland gibt es eine sehr heterogen ausgeprägte Landschaft von Fahrgastinformationssystemen. Diese ist u.a. begründet durch Varianzen bei den jeweiligen Investitionszeiträumen und der Investitionsfreudigkeit der zuständigen Verkehrsunternehmens sowie der Architektur der nutzbaren Hintergrundsysteme (Fahrzeugortung, Fahrzeugsicherung, Ausprägung des analogen / digitalen Betriebsfunk, etc.). Selbst dem Dachverband VdV (Verband deutscher Verkehrsunternehmen) lagen hier aktuell keine Übersichten zu den lokal eingesetzten Verfahren oder Technologien im Bereich der Fahrgastinformation vor.

Daher wurde zunächst mit einer Analyse zum Stand der DFI-Technik begonnen. Im Zuge der Befragung aus AP „Ding-0-2 Abgleich der technischen Lösungskonzepte mit Randbedingungen“ wurde ein erweiterter Abschnitt zum Thema Dynamische Fahrgastinformation (DFI) zur Befragung der Verkehrsunternehmen durch die HSU erarbeitet. Auf diese Weise konnte eine erste Analyse zum bundesweiten Stand der Technik im Bereich DFI und auch zu anderen speziellen Informationsangeboten für blinde und sehbehinderte Menschen erstellt werden. Verkehrsunternehmen aus den Metropolregionen Berlin, Köln, Hannover, Bremen, Kassel und Hamburg konnten vertieft zu den technischen Hintergrundsystemen und der damit verbundenen Datenhaltung befragt werden.

Basierend auf den ersten Untersuchungsergebnissen wurden mögliche Umsetzungskonzepte durch die HSU erarbeitet. Die Konzepte unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des DFI-Datenzugangs. Dieser erfolgt via proprietärer Schnittstelle am DFI-Anzeiger oder alternativ via funkbasierter Schnittstelle am zentralen Datenserver. Aufgrund der vielfältigen Umsetzungs-/ Ausbauvarianten der verschiedenen Verkehrsunternehmen erwies sich diese Unterteilung als praktikabel. Durch die notwendige Kopplung an einem DFI-Anzeiger bei der ersten Systemvariante entstand ein ortsgebundener Ansatz (visualisiert in Abbildung II-18). Bei dieser Variante werden vorhandene DFI-Elemente bewusst eingebunden, um die Kosten gering zu halten sowie Synergieeffekte zu nutzen (Daten-/Energieversorgung). Das Bus-ID System nutzt dabei die vorhandenen Informationen am DFI-Anzeiger und löst die Problematik des Informationszugangs. Dafür kann funkbasiert ein Orientierungston am Mast angesteuert werden um das Auffinden des Informationspunktes zu ermöglichen. Durch die Auswertung der Bewegungstrajektorie erfolgt eine Informationsanforderung, welche dem Nutzer akustisch bestätigt wird. Das Bus-ID System aktiviert darauf eine Text-to-Speech (TTS) Funktion, welche an vielen Anzeigern bereits integriert ist, jedoch alternativ auch über das Bus-ID System abgebildet werden kann. Des Weiteren kann der Nutzer auf Knopfdruck auch eine Ansage wiederholen lassen.

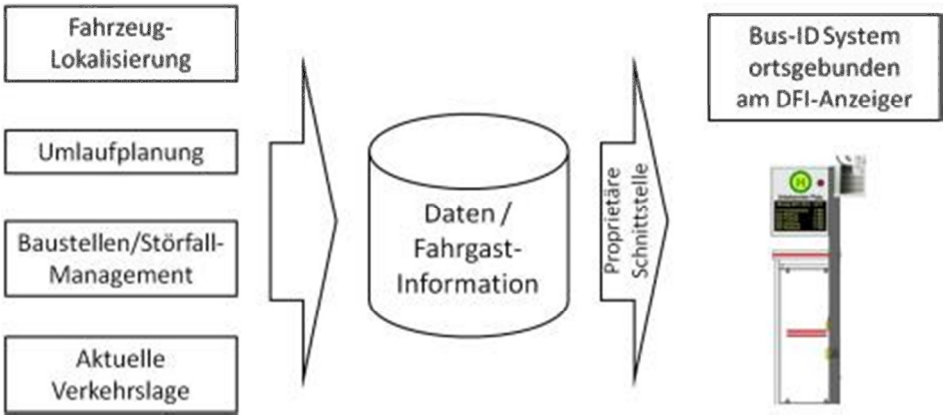


Abbildung II-18: Konzept mit ortsgebundener DFI-Abfrage

Diesem ersten Ansatz steht alternativ ein ortsungebundener Lösungsansatz (visualisiert in Abbildung II-19) entgegen, wobei der zentrale Datenabgriff durch ein Funkprotokoll erfolgt. Die Verkehrsunternehmen stellen ihre Fahrplaninformationen seit längerer Zeit bereits als SOLL-Daten auf eigenen Webseiten oder über Verkehrs-Verbünde zur Verfügung. Zusätzlich bieten viele Verkehrsunternehmen bereits eine Bereitstellung von IST-Daten zur Verwendung in Apps, zur Live-Auskunft und zur Anschluss-Sicherung, etc. an. Diese öffentlichen Daten werden durch das Bus-ID System eventbezogen ermittelt und akustisch an neuralgischen Punkten ausgegeben. Vorteile der ortsungebundenen Lösungsvariante sind die Datenhoheit der Verkehrsunternehmen und die freie Parametrierbarkeit der akustischen Ausgaben. Des Weiteren stellt diese flexible Variante des Bus-ID Systems auch eine günstigere Alternative zu den kostenintensiven Vollanzeigen dar.

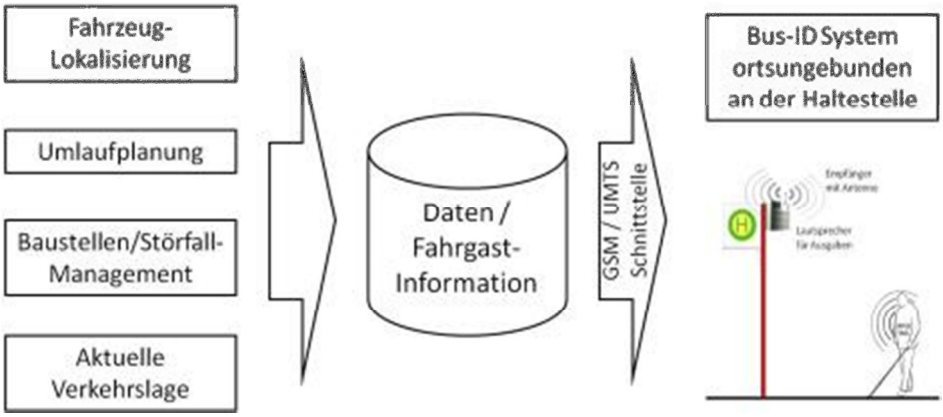


Abbildung II-19: Konzept mit ortsungebundener DFI-Abfrage

Im Rahmen des Arbeitspaketes wurde ein Demonstrator für den Zugang zu dynamischen Verkehrsinformationen entwickelt und auf der Frankfurter Messe SightCity präsentiert. Hierzu wurden mehrere mögliche Internetschnittstellen zu den Echtzeitdaten analysiert und ein API Zugang zu den Geofox Verkehrsdaten (Fahrplanauskunftssystem der Fa. HBT www.hbt.de) konnte geschaffen werden. Der Zugang enthält Echtzeitdaten über eine JSON Schnittstelle zu Verkehrsmitteln im Raum Hamburg, Bremen, Niedersachsen. Sowie

SOAP/XML Schnittstellen zu einem Störungsdienst (ActualNoticeService) und einem Dienst über den Zustand von Personenaufzügen (ElevatorInfoService).

Außerdem wurde für den Demonstrator der Zugang zu Echtzeitdaten der Deutschen Bahn über die Webschnittstelle implementiert. Als Hardware wurde ein günstiger Mikrocontroller gewählt, welcher über eine UMTS Schnittstelle Daten der Deutschen Bahn empfing. Über eine Web Scraping Bibliothek (BeautifulSoup) wurden die Daten aufgearbeitet und die relevanten Informationen extrahiert. Eine GPIO Schnittstelle wurde verwendet, um Verbindung zum BusID System zu erhalten. Sofern ein Benutzer mit dem Transponder vor dem DFI System stand, wurde ein Port getriggert. Anschließend wurden die aufbereiteten Daten in Sprache synthetisiert (Google TTS) und dem Benutzer akustisch ausgegeben.

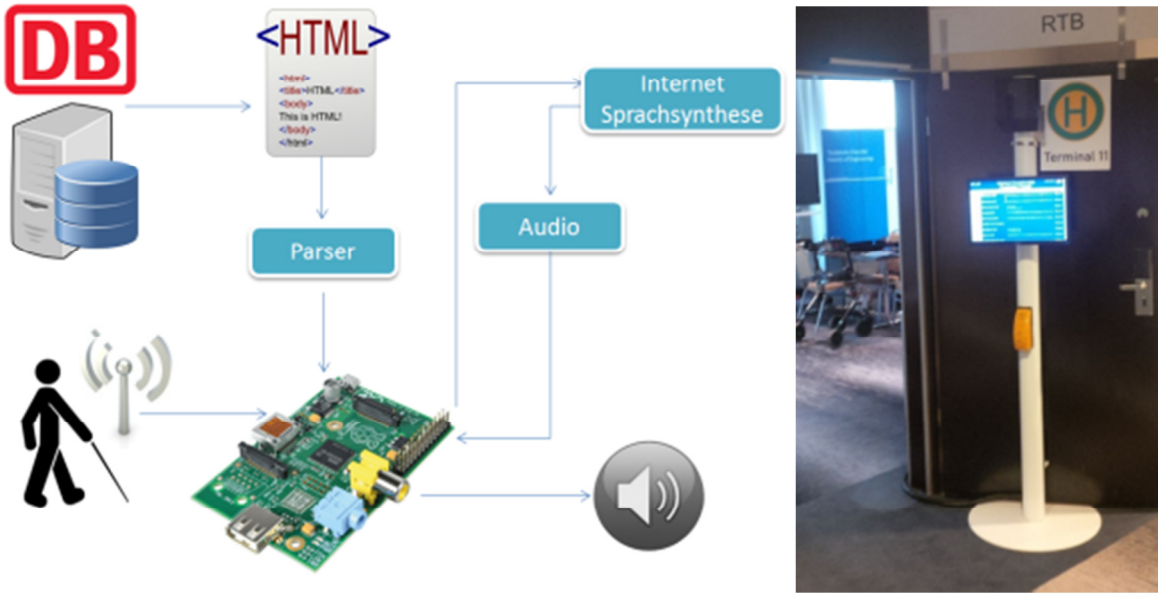


Abbildung II-20: Demonstrator Zugang zu dynamischen Verkehrsinformationen

Der Demonstrator zeigte, dass der Zugang zur dynamischen Verkehrsinformationen aber auch der Zugang zu jeder anderen frei verfügbaren Information für blinde und sehbehinderte Personen durch das Bus-ID System möglich ist. Die Kosten für das Gesamt-System sind für die Anwendung dabei als sehr gering zu bewerten, da auf spezialisierte Softwarebibliotheken, freie Sprachsynthese und eine günstige Hardware Plattform zurückgegriffen werden kann. Aus Präsentationsgründen zur Messe wurde das System versteckt in einem Informationsmast mit digitalem Abfahrtsmonitor installiert. Somit hatten sehende als auch nicht sehende Personen den gleichen Zugang zu den Informationen der Deutschen Bahn.

II.1.6 HSU-1-2 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests

In diesem Arbeitspaket wurde erstens getestet, wie eine ortsgebundene DFI-Abfrage für blinde und sehbehinderte Menschen benutzerfreundlich und mit technisch möglichst geringem Aufwand realisieren lässt. Zu diesem Zweck wurde eine vorhandene nicht völlig barrierefreie Installation durch Bus-ID erweitert. Zweitens wurde ermittelt, wie eine benutzerfreundliche ortsunabhängige Variante gestaltet sein könnte. Um letztere versuchsweise zu realisieren, musste mit simulierten Daten gearbeitet werden.

Im Zeitraum vom 28.04. bis zum 30.04.2014 fand am multimodalen ÖPNV-Knoten „Wilhelmshöhe“ in Kassel (Fernbahnhof, Straßenbahn, Busse, s. Abbildung II-21) ein Feldtest mit insgesamt 15 Testteilnehmern statt. Unterstützt wurde die Forschungsgruppe bei Konzeption, Aufbau und Durchführung zum einen durch die KVV Bau- und Verkehrs-Consulting Kassel GmbH (KVC), die als Ingenieurbüro innerhalb der Kasseler Verkehrs- und Versorgungs-GmbH (KVV) für den barrierefreien Ausbau zuständig ist, und zum anderen durch die Landesgruppe Kassel/Nordhessen des Blinden- und Sehbehindertenbundes Hessen.

Abbildung II-21: Verkehrsknotenpunkt Wilhelmshöhe in Kassel

Der Test fand am Trambahnsteig 5 statt. Dort verkehren 4 Straßenbahnlinien. Die dynamischen Fahrgastinformationen werden auf einem Display angezeigt, das in etwa in der Bahnsteigmitte angebracht ist (s. Abbildung II-22). Unterhalb des Anzeigers sind ein Taster und ein Lautsprecher (in gleicher Bauform wie der Taster) angebracht. Durch Betätigen des Tasters wird eine Sprachansage ausgelöst, die die Uhrzeit ansagt sowie die angezeigten Informationen vorliest. Eine Orientierungshilfe zum Auffinden des Tasters, z.B. Bodenindikatoren, fehlt. Der Streifen vor dem Taster hat nur bautechnische Funktionen und kann mit Langstöcken nicht erkannt werden.

Für den Test wurde an der vorhandenen Anlage der Taster so umgerüstet (s. Abbildung II-23), dass dieser durch den Transponder ausgelöst wurde, den die Testpersonen am Arm trugen (s. Abbildung II-25). Außerdem wurde die Anlage um einen Lautsprecher des Bus-ID-Systems ergänzt. Die Ansagetexte blieben unverändert. Zweitens wurde am Ende des Bahnsteigs ein weiteres Bus-ID-System installiert (Akustik mit Reader – ebenfalls durch den

Transponder aktiviert), das ortsunabhängig von der vorhandenen DFI-Anlage arbeitet (s. Abbildung II-24). Da sich im Rahmen dieses Feldversuchs keine Schnittstelle zum Betriebsleitsystem herstellen ließ, das die DFI-Anzeiger mit Echt-Daten versorgt, und die Kassler Verkehrsbetriebe ihre Ist-Daten noch nicht im Internet bereitstellen, musste für den Versuch mit simulierten Abfahrtsinformationen gearbeitet werden. Dadurch ergab sich aber die Möglichkeit, die Informationen in ihrem Umfang zu variieren und von den Testteilnehmern bewerten zu lassen. Insgesamt bestand der Feldtest aus drei Abschnitten:

1. Ablaufen des Bahnsteigs ohne Bus-ID und Befragung zu den Orientierungsschwierigkeiten,
2. Ablaufen mit Bus-ID, Befragung zum System,
3. Benutzung des Bus-ID Systems am Bahnsteigende, Befragung zu gewünschten Funktionen.

Abbildung II-22: Vorhandene DFI-Anzeige mit Taster

Abbildung II-23: Nachgerüstete DFI-Anzeige mit Bus-ID System

Abbildung II-24: Ortsunabhängige DFI-Abfrage mit Bus-ID

Abbildung II-25: Transponder am Arm des Testeilnehmers

<u>Ergebnisse Beobachtung und Befragung</u>

Teilgenommen haben insgesamt 15 Personen. 8 Personen kannten die Haltestelle, 2 weiteren war die Haltestelle etwas bekannt.

Von den 15 Teilnehmern haben nur 8 versucht, den Taster zum Auslösen der DFI zu finden. Davon waren 7 erfolgreich. Mit Verwendung des Bus-ID Systems haben alle 15 Personen die DFI Ansagen erfolgreich ausgelöst.

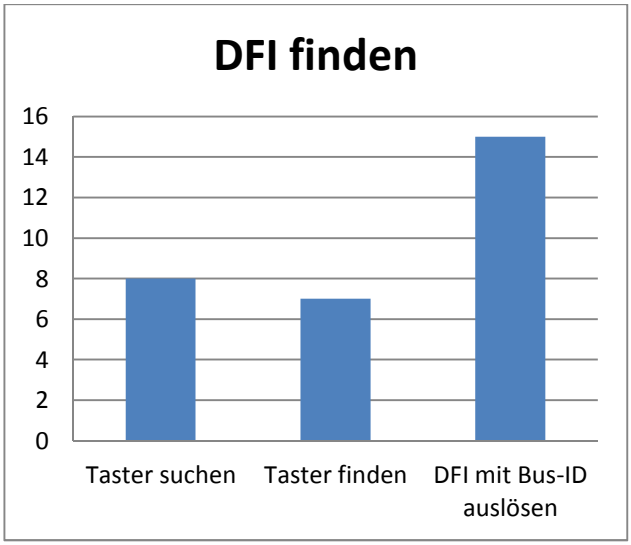


Abbildung II-26: Auffinden DFI Schalter

Die Bewertung der Akustik des Kassler und des Bus-ID Systems ergab bessere Schulnoten für das Bus-ID System – sowohl hinsichtlich der Lautstärke als auch des Klangs. Auch im direkten Vergleich wurde die Bus-ID Akustik von nahezu allen Teilnehmern als besser oder sehr viel besser beurteilt.

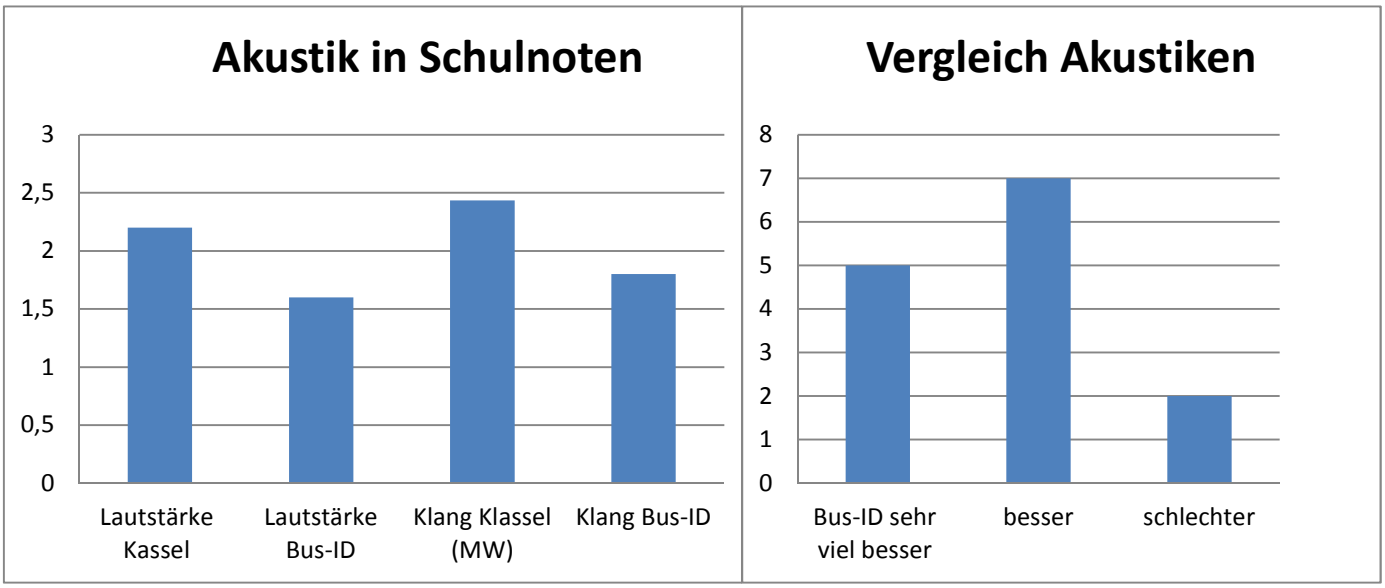


Abbildung II-27: Vergleich Akustik KVV und Bus-ID

Die Frage danach, ob Zwischenhalte angesagt werden sollte, wurde klar verneint (nur 2 von 15 Befragten bejahten die Frage). Auch die Ansage, wann das übernächste Fahrzeug einer Linie abfährt wurde von den meisten Befragte für überflüssig gehalten. Dagegen fanden 9 Personen die Nennung der aktuellen Uhrzeit wünschenswert und auch eine Wiederholfunktion sowie eine Abbruchfunktion wurden als sinnvoll benannt. Details siehe Abbildung II-28.

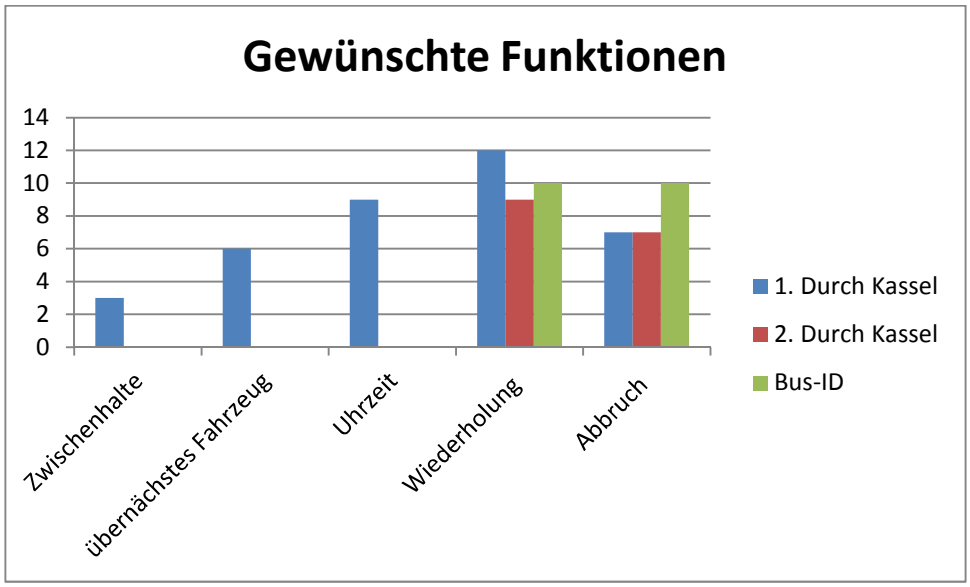


Abbildung II-28: Gewünschte Zusatzfunktionen für dynamische Fahrgastinfo

Die insgesamt höheren Werte für Wiederholung und Abbruch beim Bus-ID System können mit der Länge des angesagten Textes zu tun haben. Auf die Frage, wo die DFI-Ansage am besten ertönen sollte (s. Abbildung II-29) antworteten 10 der Befragten mit „beim Einstieg in das Fahrzeug.“ Jeweils zwei weitere Personen würden die Mitte des Bahnsteigs bzw. den Kopf des Bahnsteigs in der Nähe zu den Überwegen bevorzugen.

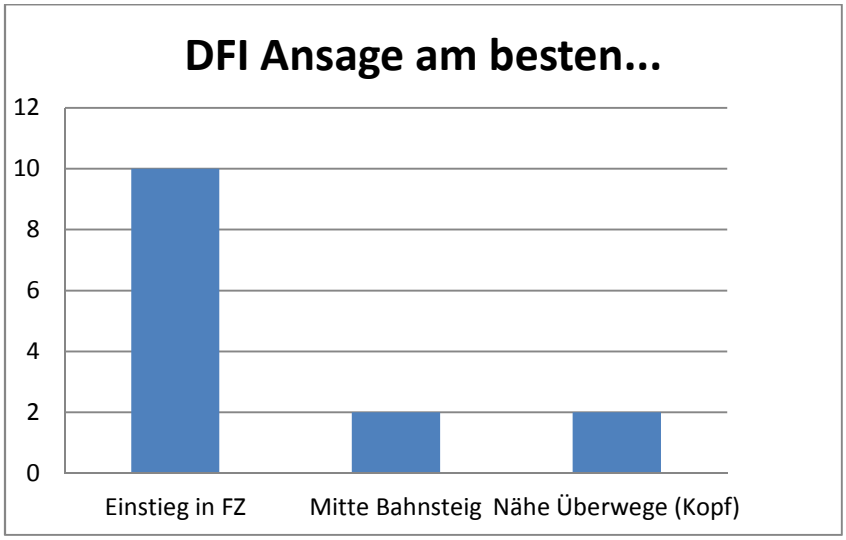


Abbildung II-29: Gewünschter Ort für die DFI-Ansage

Auf die Frage nach weiteren Hilfen zum Finden der Einstiegsstelle ergaben sich klare Prioritäten für die Ansage der einfahrenden Linie, gefolgt vom Ton über der Eingangstür des Fahrzeuges sowie an dritter Stelle die optisch-taktil markierte Einstiegsstelle. Abbildung II-30 zeigt, welche möglichen Zusatzinformationen, die man auf Knopfdruck am Bediengerät abrufen könnte gewünscht wurden. Hier waren Mehrfachnennungen möglich. Am häufigsten wurde auch hier ein Hinweis auf die Einstiegsstelle genannt, dicht gefolgt von Hinweisen auf andere vorhandene Verkehrsmittel und konkreter Hinweise, welche Linien auf den anderen Bahnsteigen fahren. Dies wurde zumeist damit begründet, dass der Nutzer sich auf diese Weise weiterhelfen kann, wenn er sich auf dem falschen Bahnsteig befindet. Den geringsten Zuspruch hatte POIs (points of interest), d. h. die Beschreibungen von in der Umgebung befindlichen Gebäuden und Einrichtungen.

Das abschließende Gesamturteil für Bus-ID fiel eindeutig und positiv aus: 12 der Testteilnehmer hielten das System für eine „große Hilfe“ und die übrigen drei für eine „gewisse Hilfe.“

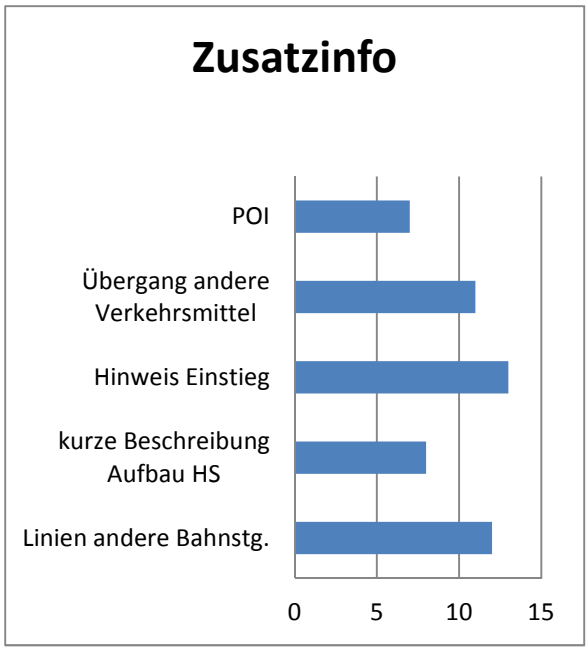


Abbildung II-30: Gewünschte Zusatzinformationen

II.1.7 HSU-2-1 Erforschung von Installationsvarianten von RFID-Empfängern an Busbahnhöfen

Aus den akustischen Rahmenbedingungen (zeitweise sehr hohe Lärmpegel, Verzerrungen durch Witterungseinflüsse) und dem technischen Grundprinzip von Bus-ID ergeben sich auf der Grundlage der an Busbahnhöfen üblichen Fußgängerführungskonzepte (Gliederung in Ankunfts- und Abfahrtsbereiche, Zugänge und Abgänge) verschiedene Konzeptvarianten, die sich vor allem in der Anzahl der technischen Installationen und den zur Verfügung gestellten Informationen unterscheiden.

Minimalkonzept

Beim Minimalkonzept handelt es sich um ein Konzept in dem alle Informationen an einem zentralen Punkt zur Verfügung gestellt werden. Beim Minimalkonzept wird also nach DIN Fachbericht 142[6] eine aktive Hilfe zur Orientierung gegeben, die die vorhandene Infrastruktur für das passive Leiten ergänzt.

Die Eckpunkte des Minimalkonzeptes sind:

- eine Akustik an dem Hauptzugang bzw. den Hauptzugängen,
- die Sprachansage am Zugang enthält alle notwendigen Informationen über den Busbahnhof,
- mindestens die verkehrenden Buslinien mit zugehörigen Abfahrtsbereichen,
- die Anordnung der Abfahrtsbereiche zueinander,
- sowie wenn möglich die Richtung in der die Abfahrtsbereiche vom Zugang aus liegen.

Es wird am Hauptzugang bzw. an den Hauptzugängen zum Busbahnhof eine Akustik mit Orientierungston und Sprachausgabe angebracht. Dies sind vor allem Verbindungswege zu anderen Haltestellen des ÖPNVs, wie bspw. Bahnhöfe für S-und U-Bahnen. Ein weiteres Kriterium für die Identifizierung der Hauptzugänge für blinde und sehbehinderte Menschen ist die Sicherheit des Zugangs. So werden Zugänge, die über Brücken oder durch Tunnels erfolgen, als sicherer angesehen als Zugänge über die Fahrbahn.

Die Akustiken müssen im Bereich des Zugangs so angebracht werden, dass der Nutzer nicht im direkten Fußgängerverkehr stehen bleiben muss, um die Ansagen hören zu können. Für die Anbringung der Akustik kann in diesem Fall die vorhandene Infrastruktur wie die Dachkonstruktionen des Busbahnhofs oder deren Stützsäulen verwendet werden, andernfalls ist die Errichtung eines Mastes notwendig.

Die Akustik muss so nah am Zugang angebracht sein, dass der Nutzer bereits auf dem Weg zum Busbahnhof den Orientierungston hört und die Richtung klar erkennbar ist.

Die Sprachansage im Rahmen des Minimalkonzeptes muss so erfolgen, dass alle notwendigen Informationen über den Busbahnhof am Zugang zur Verfügung gestellt werden, da es keine zusätzliche akustische Information auf dem Busbahnhof gibt. Es sind dabei mindestens die abfahrenden Busse mit den zugehörigen Abfahrtsbereichen zu nennen.

---

[6] DIN-Fachbericht 142: Orientierungssysteme – Anforderungen an Orientierungssysteme in öffentlichen Gebäuden (Ausgabe Mai 2005)

Um dem Nutzer zusätzlich zu diesen Informationen eine Orientierungshilfe zu geben, ist es sinnvoll die Richtung, in der sich die jeweiligen Abfahrtsbereiche bzw. die jeweils verkehrenden Buslinien befinden, zu nennen.

Der Vorteil dieses Minimalkonzepts sind die relativ geringen Kosten für die technischen Installationen. Es muss nur eine einzige Akustik pro Hauptzugang angebracht werden. Sollte keine Infrastruktur am Busbahnhof vorhanden sein, die die Installation ermöglicht, ist der Aufwand für die zusätzliche Schaffung dieser Infrastruktur sowie die Installation eines Mastes und Stromanschlusses relativ gering.

Die Nachteile sind, dass es einen akustischen Orientierungston nur bis zur Akustik am Zugang gibt. Danach sind die Nutzer wieder sich selbst überlassen und können wie bisher nur auf das passive Leiten anhand der vorhandenen Leitsysteme zurückgreifen.

Maximalkonzept

Beim Maximalkonzept handelt es sich um ein Konzept, bei dem die Informationen möglichst dezentral zur Verfügung gestellt werden. An den jeweiligen Entscheidungspunkten wird immer genau der Informationsgehalt zur Verfügung gestellt, der an diesem Punkt benötigt wird, damit der Nutzer sich weiter orientieren kann. Es wird das Prinzip des aktiven Leitens im Sinne des DIN-Fachberichts 142 verfolgt.

Die Eckpunkte des Maximalkonzeptes sind:

- jeweils eine Akustik am Hauptzugang bzw. den Hauptzugängen,
- jeweils eine Akustik an jedem Abfahrts- und Ankunftsbereich,
- sowie jeweils eine Akustik zwischen diesen Akustiken (Zwischenakustiken), so dass der Busbahnhof mit Orientierungstönen abgedeckt werden kann.
- Am Zugang werden mindestens die verkehrenden Buslinien mit zugehörigen Abfahrtsbereichen genannt
- sowie die Anordnung der Abfahrtsbereiche zueinander.
- An den Abfahrtsbereichen wird auf die jeweils benachbarten Bereiche,
- an den Ankunftsbereichen mindestens auf den Ausgang und die zentrale Information hingewiesen.
- An den Zwischenakustiken wird darauf hingewiesen zwischen welchen Bereichen der Nutzer sich befindet.

Der erste Entscheidungspunkt befindet sich am Hauptzugang. Dort werden dem Nutzer mindestens die Informationen zur Verfügung gestellt welche Buslinien in welchen Abfahrtsbereichen des Busbahnhofs abfahren und wo sich diese befinden. Diese Sprachausgabe sowie die Anbringung der Akustik sind mit dem Minimalkonzept identisch.

Das Maximalkonzept beinhaltet darüber hinaus, dass mindestens für jeden Abfahrtsbereich eine Akustik mit Orientierungssignal und Sprachausgabe verwendet wird. Denn jeder Abfahrtsbereich stellt einen Entscheidungspunkt dar, an dem der Nutzer mit zahlreichen Informationen versorgt werden kann. Die Sprachansagen an den Abfahrtsbereichen geben mindestens Auskunft über den Namen des Abfahrtsbereichs, die dort abfahrenden Buslinien mit ihren jeweiligen Zielen sowie, in Kombination mit den elektronischen Fahrgastinformationssystemen, wann der nächste Bus der jeweiligen Linie abfährt.

Die Anbringung der Akustiken im Haltestellenbereich sollte nach Möglichkeit in der bestehenden Infrastruktur des Busbahnhofs erfolgen, idealerweise dort, wo auch der Einstiegs-

bereich der jeweiligen Haltestelle ist. Es sollte dennoch die Ansage erfolgen, wo genau der Einstieg zum Bus ist, abhängig vom Aufbau des Busbahnhofs kann auch die Ansage erfolgen, in welcher Reihenfolge Busse am Abfahrtsbereich stehen.

An den jeweiligen Abfahrtsbereichen sollten zusätzlich akustische Hinweise erhältlich sein, in welcher Richtung sich der nächste bzw. die nächsten beiden Abfahrtsbereiche befinden, damit der Nutzer weiß, in welche Richtung er weitergehen muss, wenn er noch nicht beim richtigen Abfahrtsbereich angekommen ist. Sollte der Busbahnhof so weiträumig gebaut sein, dass die Abfahrtsbereiche mehr als die circa 10 Meter, die die Orientierungssignale reichen, auseinander bzw. vom Zugang entfernt liegen, sind weitere Akustiken mit Orientierungssignalen zu installieren, damit eine durchgängige Informationskette besteht .

Das Maximalkonzept ermöglicht dann eine vollständige Abdeckung der Orientierung und Information auf dem Busbahnhof, wenn auch an den Ankunftsbereichen des Busbahnhofs eine Akustik installiert wird. Die dortigen Sprachansagen müssen mindestens mitteilen, wo sich welche Hauptausgänge befinden und dass es am dortigen Entscheidungspunkt weitere Informationen über den Busbahnhof gibt. Zusatzinformationen könnten sein, welche Einrichtungen sich an den jeweiligen Hauptausgängen befinden. Außerdem ist es denkbar, dass gleich am Ankunftsbereich Informationen über den Aufbau des Busbahnhofs und die verkehrenden Linien erhältlich sind, d.h. die gleichen Informationen über den Busbahnhof wie am Hauptzugang, nur räumlich angepasst. Dies bedeutete zusätzlich einen hohen Aufwand.

Mischkonzept

Mit dem Mischkonzept wird in einigen Bereichen das Prinzip des aktiven Leitens und in anderen das der aktiven Hilfe zur Orientierung im Sinne des DIN-Fachberichts 142 verfolgt. Die Eckpunkte des Mischkonzeptes sind:

- jeweils eine Akustik am Hauptzugang bzw. den Hauptzugängen,
- jeweils eine Akustik an jedem Abfahrts- und Ankunftsbereich.
- Am Zugang werden mindestens die verkehrenden Buslinien mit zugehörigen Abfahrtsbereichen genannt,
- sowie die Anordnung der Abfahrtsbereiche zueinander.
- An den Abfahrtsbereichen wird auf die jeweils benachbarten Bereiche,
- an den Ankunftsbereichen mindestens auf den Ausgang und die zentrale Information hingewiesen.

Die zentrale Akustik am Zugang zum Busbahnhof mit den entsprechenden Ansagen am ersten Entscheidungspunkt bleibt erhalten. Auch an den jeweiligen Abfahrtsbereichen werden Akustiken installiert, die die oben genannten Informationen über die abfahrenden Busse mit den jeweiligen Zielen, die Wartezeit und die Richtungs- und Entfernungsangaben zu den nächsten Abfahrtsbereichen zur Verfügung stellen. Dabei gelten die gleichen Anforderungen an die Positionierung der Akustiken wie beim Maximalkonzept.

Auf zusätzliche Installationen von Akustiken für Orientierungssignale auf weiträumigen Busbahnhöfen wird hingegen verzichtet. An den Ankunftsbereichen ertönen Orientierungssignale und entsprechende Sprachansagen, genau wie beim Maximalkonzept. Das Mischkonzept erhebt damit, anders als das Maximalkonzept, nicht den Anspruch ein durchgängiges aktives Leiten über den Busbahnhof zu ermöglichen.

Dies hat den Nachteil, dass der Nutzer entweder auf vorhandene passive Leitsysteme auf dem Busbahnhof zurückgreifen muss oder auf erlernte Fortbewegungsstrategien, um sich vollständig orientieren und fortbewegen zu können.

Vergleich der drei Orientierungskonzepte

Die nachfolgende Tabelle II-8 vergleicht die beschriebenen Orientierungskonzepte in den wichtigsten Kategorien, sowohl was die technischen Installationen angeht als auch welche Anforderungen an die Nutzer gestellt werden.

Tabelle II-8: Vergleich der Orientierungskonzepte für Busbahnhöfe

	Minimalkonzept	Maximalkonzept	Mischkonzept
Leiten	Passiv	Aktiv	Aktiv und Passiv
Geschlossene Informationskette	Nein	Ja	Nein
Akustik Hauptzugang	Ja	Ja	Ja
Akustik Abfahrtsbereich	Nein	Ja	Nein
Zwischenakustiken	Nein	Ja	Nein
Technischer Aufwand	Gering	Hoch	Mittel
Kosten	Relativ gering	Hoch	Mittel
Anforderungen an räuml. Vorstellungsvermögen	Hoch	Mittel	Gering

Die nachfolgenden Abbildungen veranschaulichen, wo welche Akustiken an den jeweiligen Bahnhofstypen abhängig von dem angewandten Konzept installiert werden müssten. Die rot dargestellten Akustiken sind die einzigen, die nach dem Minimalkonzept aufgestellt werden, die grün dargestellten Akustiken werden im Rahmen des Mischkonzeptes zusätzlich aufgestellt und nach dem Maximalkonzept müssten zusätzlich die blauen Akustiken installiert werden.

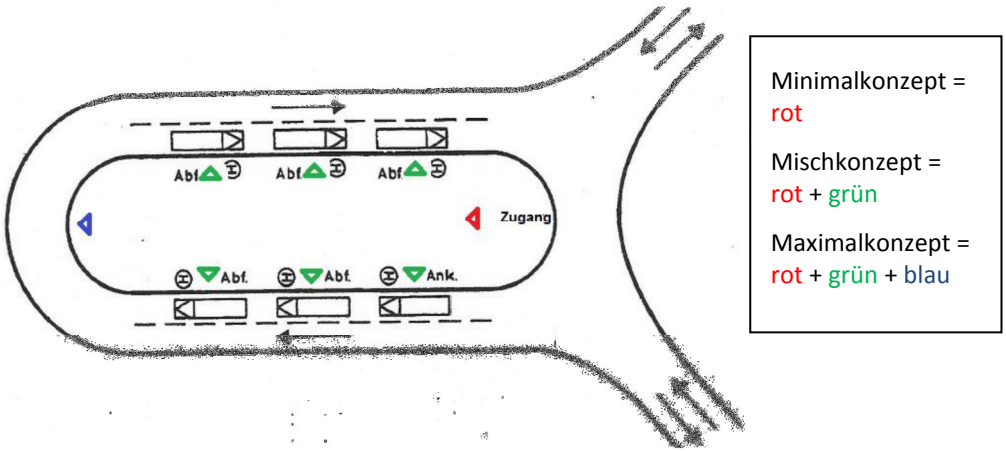
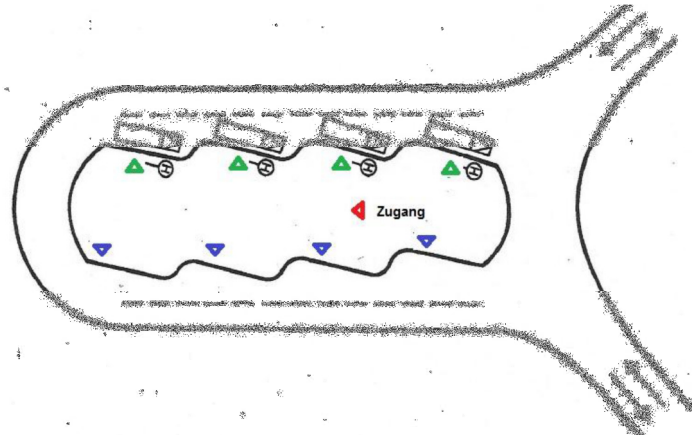


Abbildung II-31: Konzeptvergleich Bahnhofstyp Mittelinsel (Innen)

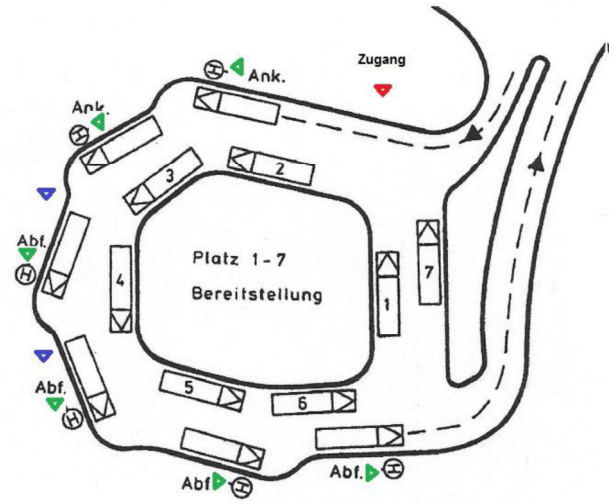


Minimalkonzept = rot

Mischkonzept = rot + grün

Maximalkonzept = rot + grün + blau

Abbildung II-32: Konzeptvergleich Bahnhofstyp Sägezahn (Innen)

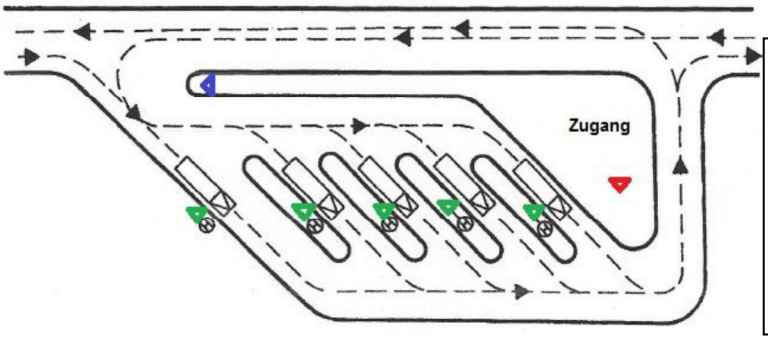


Minimalkonzept = rot

Mischkonzept = rot + grün

Maximalkonzept = rot + grün + blau

Abbildung II-33: Konzeptvergleich Bahnhofstyp Mittelinsel (Außen)



Minimalkonzept = rot

Mischkonzept = rot + grün

Maximalkonzept = rot + grün + blau

Abbildung II-34: Konzeptvergleich Bahnhofstyp mit schrägen Bahnsteigen

Der Konzeptvergleich in den unterschiedlichen Abbildungen zeigt, dass die Anzahl der Akustiken stark variiert. Die Anzahl der benötigten Akustiken hängt je nach verwendetem Orientierungskonzept zusätzlich von den folgenden Kriterien ab:

- Anzahl der Zugänge zum Busbahnhof,
- Anzahl der Abfahrtsbereiche,
- Anzahl der Ankunftsbereiche,
- Abstand zwischen den einzelnen Bereichen.

II.1.8 HSU-2-2 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests

Mit Unterstützung der Hamburger Hochbahn konnte am Busbahnhof Wandsbek das theoretisch entwickelte Mischkonzept getestet werden. Es handelt sich um den größten Busbahnhof in Hamburg, in der Grundform einer Mittelinsel mit Sägezahnhaltebereichen, an dem 18 Buslinien verkehren, und an dem Anschluss zur U-Bahn besteht. Es ist davon auszugehen, dass Konzepte, die sich hier bewähren, auch auf andere Busbahnhöfe übertragen lassen. Für den Feldversuch wurden die RTB-Akustiken an den vorgesehenen Stellen am Hauptzugang und den Abfahrtsbereichen B, C und D installiert (s. Abbildung II-35 bis Abbildung II-37) und akustische Ansagen aufgezeichnet, die für die Nutzer abgespielt wurden. Am Feldtest haben über drei Wochentage insgesamt 28 blinde und sehbehinderte Teilnehmer in der Zeit von 10.00 bis 18.00 Uhr teilgenommen.

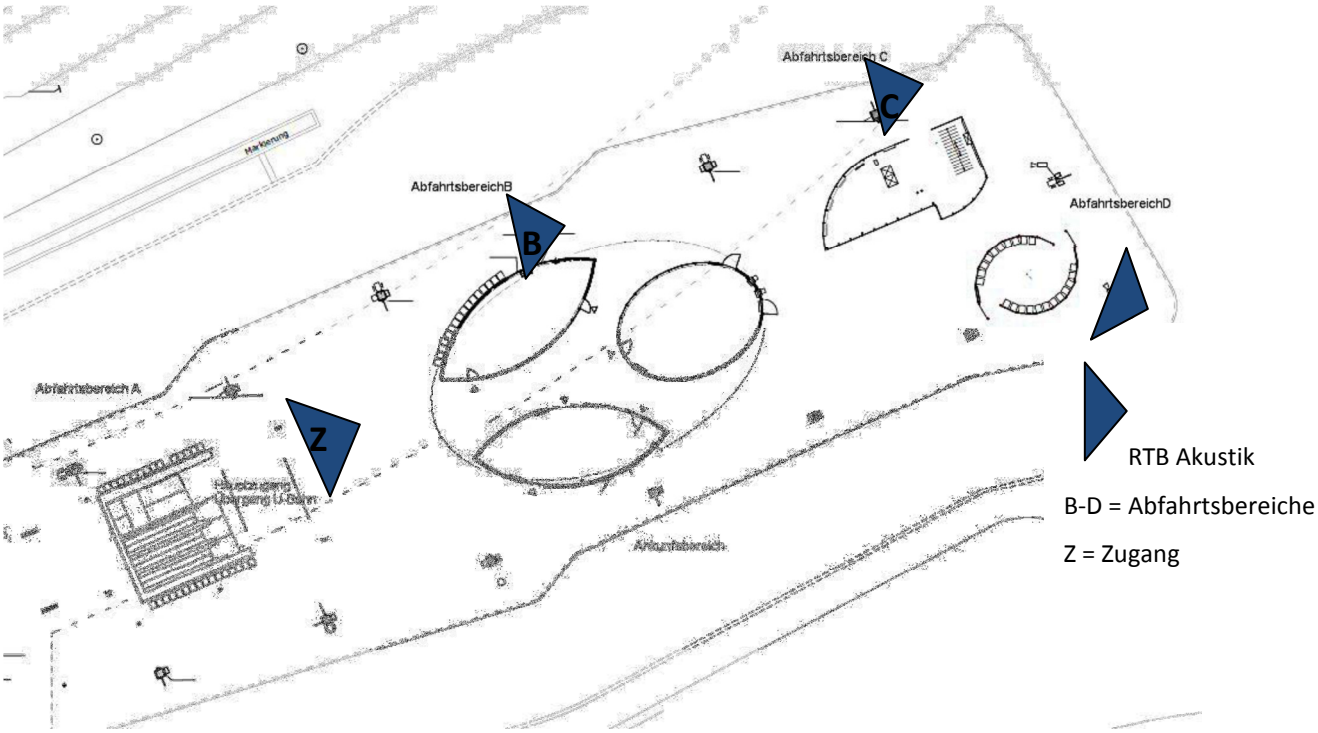


Abbildung II-35: Installierte Bus-ID Akustiken Feldtest Busbahnhof

Auf Grund der Beschränkung der Anzahl der Akustiken im Feldtest auf 4 Stück, wurde auf die Akustiken im Abfahrtsbereich A und im Ankunftsbereich der Busse verzichtet, stattdessen wurden von den Testleitern Texte vorgelesen. Ein Ziel des Feldtests war es, möglichst klare und allgemeine Formulierungsvorschriften zu finden, mit deren Hilfe sich blinde und sehbehinderte Menschen zurechtfinden können.

Die Akustik Z am zentralen Informationspunkt am Hauptzugang nennt die Buslinien und deren jeweilige Abfahrtsbereiche und gibt eine Anordnung der Abfahrtsbereiche zueinander an. Anders als in der am Wandsbek Markt vorhandenen visuellen Darstellung wurde die Ansage nach Buslinien und nicht nach Abfahrtsbereiche gegliedert, da der Fokus der Auf-

merksamkeit auf der Buslinie liegt, die die jeweilige Person sucht. Für die Anordnung der Abfahrtsbereiche wird die Beschreibung „im Uhrzeigersinn“ verwendet. Es wird zur weiteren Orientierung sowohl die Bordsteinkante als auch der Leitstreifen genannt. Im genauen Wortlaut bestand die Ansage aus den zwei Teilen:

Abbildung II-36: Akustik Z am zentralen Zugangsbereich

Abbildung II-37: Akustik am Abfahrtsbereich B

Teil 1 *„Sie befinden sich am zentralen Informationspunkt. Die Treppe hinunter befindet sich links das Bezirksamt, geradeaus die U-Bahn und rechts das Einkaufszentrum.“*

Teil 2 *„Die Linien 9, 162 und 262 verkehren im Bereich A. Die Linien 8, 23 und 39 im Bereich B. Die Linien 10, 261 und 263 im Bereich C. Die Linien 23, 213, 160 und 260 im Bereich D. Die Abfahrtsbereiche A, B, C und D liegen im Uhrzeigersinn entlang der Bordsteinkante und des Leitstreifens.“*

Die Ansagen an den Abfahrtsbereichen bestanden aus 4 Teilen: Teil 1 <Standort>, Teil 2 <Buslinien mit Ziel>, Teil 3 <Richtungshinweis benachbarte Abfahrtsbereiche>, Teil 4 <die nächsten Abfahrtszeiten>. Dabei wurde immer nur ein Richtungshinweis im System realisiert, die möglichen Alternativen wurden den Testteilnehmern in der Befragung vorgelesen. Nachfolgend exemplarisch die Sprachansagen im Bereich A:

Teil 1 : *„Dies ist der Abfahrtsbereich A.“*

Teil 2: *„Hier verkehren die Linien 9 nach Rahlstedt/Großlohe, 162 zum Bahnhof Rahlstedt und 262 nach Rahlstedt, Sorenkoppel.“*

Teil 3: *„Um zum Abfahrtsbereich B zu gelangen, halten Sie sich an der Bordsteinkante rechts.“*

Teil 4: *„Der nächste Bus der Linie 9 fährt in 2 Minuten ab. Der nächste Bus der Linie 162 fährt in 6 Minuten ab. Der nächste Bus der Linie 262 fährt in 7 Minuten ab.“*

Der Ansagetext im Ankunftsbereich lautete: *„Dies ist der Ankunftsbereich. Um zum Ausgang zu gelangen, halten Sie sich an der Bordsteinkante rechts und folgen Sie den Leitstreifen bis*

sie einen Orientierungston hören, dieser ertönt in der Nähe des Ausgangs. Dort erhalten Sie weitere Informationen über die Abfahrtsbereiche auf diesem Bahnhof.“

Der für den Versuch betrachtete Bereich des Busbahnhofs umfasst die Bereiche A, B, C, D und den Ankunftsbereich der Busse, daher sind die 4 Wege so gewählt worden, dass diese den gesamten zu untersuchenden Bereich, je nach tatsächlicher Wegwahl der Teilnehmer, abdecken sollten. Die ersten drei Wege werden alle vom zentralen Zugang zum Busbahnhof gestartet, d.h. in diesem Fall vom oberen Ende der Treppe. Die Ziele sind erstens der Bereich A, zweitens der Bereich B, drittens der Bereich D (wobei der Bereich C durchlaufen werden kann, aber nicht muss). Der vierte Weg beginnt als Startpunkt im Ankunftsbereich der Busse und endet am Ausgang/Übergang zur U-Bahn (Abbildung II-38).

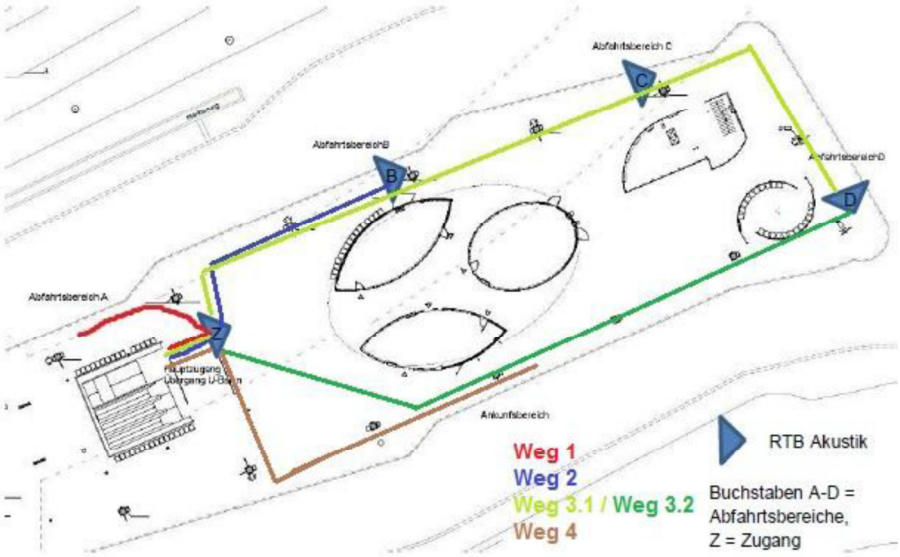


Abbildung II-38: Die 4 Wege des Feldtests Busbahnhof

Die vier Aufgaben an die Versuchsteilnehmer und die sich daraus ergebenden Wege sind in Tabelle II-9 zusammengefasst:

Tabelle II-9: Aufgaben und Wege Feldtest Busbahnhof

Aufgabe	Weg
„Gelangen Sie zum Abfahrtsbereich A.”	Von der Treppe (von der U-Bahn kommend) zum Abfahrtsbereich A.
„Finden Sie den Abfahrtsbereich und Einstiegspunkt der Busse der Linie 8 nach Poppenbüttel.“	Von der Treppe (von der U-Bahn kommend) zum Abfahrtsbereich B
„Nehmen Sie den Bus der Linie 213 nach Billstedt“	Von der Treppe (von der U-Bahn kommend) zum Abfahrtsbereich D.
„Gelangen Sie zum Ausgang.”	Vom Ankunftsbereich der Busse zum Ausgang des Busbahnhofs.

Ergebnisse

Die nachfolgenden Tabellen und Abbildungen zeigen die wichtigsten Resultate der Feldversuche. Den Weg 1 von der zentralen Akustik zum Abfahrtsbereich A hat die weit überwiegende Mehrheit erfolgreich bewältigt. Fast genauso viele Testpersonen waren der Ansicht, dass sie diesen Weg ohne die Orientierungshilfe durch Bus-ID nicht bewältigt hätten (s. Tabelle II-10 und Abbildung II-39). Ein nahezu identisches Bild zeigt sich für Weg 2 zum Abfahrtsbereich B. Auch das weiteste Ziel, den Abfahrtsbereich D, haben fast alle Testpersonen gefunden, s. Tabelle II-11 und Abbildung II-40. Der Ankunftsbereich wurde ebenfalls von der großen Mehrheit aller Teilnehmer gefunden, wobei diese Aufgabe insgesamt als am leichtesten empfunden wurde: fast die Hälfte der Testpersonen hätte sich auch ohne Bus-ID zugetraut, das Ziel zu finden (s. Tabelle II-1und Abbildung II-41).

Tabelle II-10: Ergebnisse Weg 1 zum Abfahrtsbereich A

N	Ziel erreicht (davon auf Umwegen)	Ziel nach eigenen Angaben auch ohne Hilfe erreicht	Wiederholung Ansage Z
Ja	24 (17))	6	19
Nein	4	22	9

Tabelle II-11: Ergebnisse Weg 3 zum Abfahrtsbereich D

N	Ziel erreicht (davon auf Umwegen)	Ziel nach eigenen Angaben auch ohne Hilfe erreicht	Wiederholung Ansage			
			Z	B	C	D
Ja	26(6)	5	13	3	4	1
Nein	2	23	15	25	24	27

Tabelle II-12: Ergebnisse Weg 4 zum Ankunftsbereich

N	Ziel erreicht (davon auf Umwegen)	Ziel nach eigenen Angaben auch ohne Hilfe erreicht	Wiederholung Ansage Z	Wiederholung Ansage Z
Ja	22 (0)	13	8	13
Nein	6	15	20	15

Tabelle II-13: Vergleich Zielerreichung

	Bereich A	Bereich B	Bereich D	Ausgang
Ziel erreicht mit Bus-ID (N = 28)	24	28	26	22
Davon nach eigenen Angaben ohne Bus-ID auch erfolgreich	6	3	5	13

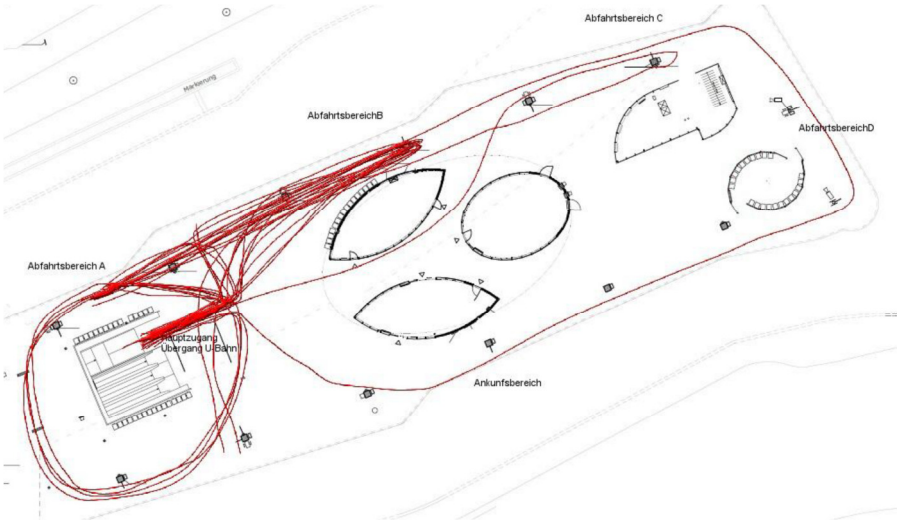


Abbildung II-39: Ergebnisse Weg 1 zum Abfahrtsbereich A

Abbildung II-40: Ergebnisse Weg 3 zum Abfahrtsbereich D

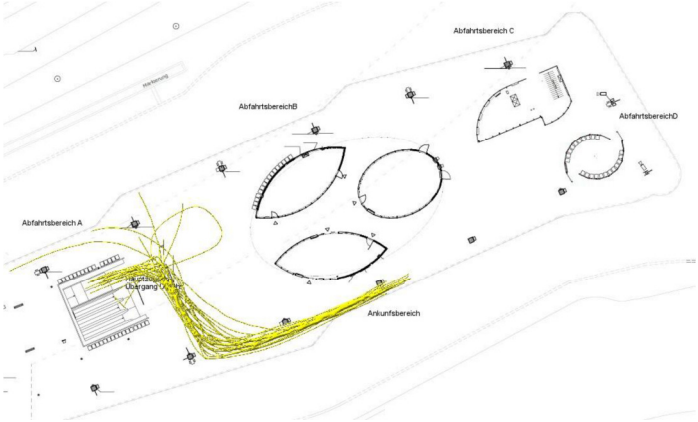


Abbildung II-41: Ergebnisse Weg 4 zum Ankunftsbereich

Es zeigt sich deutlich, dass die Benutzung des BUS-ID Systems im Rahmen des Mischkonzeptes am Busbahnhof Wandsbek die meisten Teilnehmer erst in die Lage versetzt, unterschiedliche Buslinien in verschiedenen Abfahrtsbereichen zu finden. Nur ein kleiner Teil derjenigen, die mit Bus-ID zum Ziel kamen, gaben an, dass sie das vermutlich ohne Bus-ID geschafft hätten, wie Tabelle II-13 zeigt. Insgesamt sind die Teilnehmer mit Hilfe von BUS-ID erfolgreich in der Zielerreichung gewesen. In einem Fall waren es 100 %, in den anderen war es die überwiegende Mehrheit der Teilnehmer. Damit wird klar, dass eine hohe Zweckerfüllung durch das angewendete Konzept gegeben ist. Die weitere Auswertung zeigte, dass diese Aussage unabhängig davon gilt, ob die Teilnehmer den Busbahnhof bereits vor den Feldversuchen kannten oder nicht, wie die Zahlen in Tabelle II-14 belegen. Unterstützt wird dieses Ergebnis auch durch die sehr positive Gesamtbeurteilung des Systems: 24 von 28 Personen empfinden das getestete Konzept als sehr hilfreich (weiteres s. Tabelle II-15).

Tabelle II-14: Vergleich Zielerreichung Busbahnhof bekannt/ nicht bekannt

	Bereich A	Bereich B	Bereich D	Ausgang
Ziel erreicht Busbahnhof bekannt (N = 13)	12	13	11	12
Ziel erreicht Busbahnhof nicht bekannt (N = 15)	12	15	15	10

Tabelle II-15: Gesamtbeurteilung Bus-ID Busbahnhof

Empfinden Sie das heute getestete Konzept als hilfreich? (N=26)			
Auf jeden Fall	**Eher ja**	**Eher nein**	**Auf keinen Fall**
24	**2**	**0**	**0**

Im Ergebnis wird klar, dass für die Nutzung des BUS-ID Systems im Rahmen des verwendeten Konzeptes keine Vorkenntnis des jeweiligen Busbahnhofs benötigt wird. Das System stellt auch ortsfremden Personen ein funktionales Hilfsmittel an die Seite, um sich in völlig fremdem Umfeld zu orientieren und sich fortzubewegen sowie zuverlässig die Abfahrtsbereiche der gewünschten Buslinien zu finden. Es ermöglicht insoweit auch typischen Neukunden, wie bspw. Touristen, eine zuverlässige Orientierung an Busbahnhöfen.

<u>Beurteilung der Richtungsansagen</u>

Nicht vollständig zufriedenstellend konnte die Frage beantwortet werden, mit welchen Formulierungen notwendige Richtungsanweisungen zum Auffinden der Abfahrtsbereiche möglichst kurz gefasst bzw. für alle blinden Personen eindeutig nachvollziehbar gegeben werden können. Denkbar sind Angaben, die sich auf die vorhandenen Leitstreifen, auf Bordsteinkanten, Verkehrsgeräusche und andere Referenzen in der Umgebung beziehen. Ebenso können rechts/links Bezüge, der Uhrzeigersinn oder die Himmelsrichtungen verwenden werden. Hier gibt es sehr individuelle Präferenzen, die sich aus jahrelangen Gewohnheiten erklären. Für den Fall, dass der Nutzer nicht den gewünschten Bereich gefunden hat, zeigen die nachfolgenden Tabellen, welche Formulierungen an der zentralen Akustik zum Finden der Abfahrtsbereiche und an den Abfahrtsbereichen zum Auffinden der be-

nachbarten Bereiche bevorzugt wurden. Die Ergebnisse wurden in den Arbeitspakten des Projektpartners DBSV aufgegriffen und dort weiter bearbeitet.

Tabelle II-16: Bewertung Inhalte Sprachansagen Zentraler Informationspunkt

Orientierungshinweise	N[1]
Entlang der/ des Leitstreifen/s	8
Entlang der Bordsteinkante und des Leitstreifens	19
Im / gegen den Uhrzeigersinn	24
Links / rechts	18
Links / rechts von der Treppe herkommend	10
Gehen Sie zurück, dann links/ rechts	5

[1] Mehrfachnennungen möglich

Tabelle II-17: Bewertung Inhalte Sprachansagen Abfahrtsbereiche

Orientierungshinweise	N[1]
An der Bordsteinkante links / rechts halten	12
An der Bordsteinkante links / rechts halten und dem Leitstreifen folgen	16
Busverkehr links / rechts halten und dem Leitstreifen folgen	10
In / gegen die Fahrtrichtung der Busse	10
Entlang des Bordsteins und Leitstreifens in/gegen die Fahrtrichtung der Busse	18

[1] Mehrfachnennung möglich

II.1.9 HSU-3-1 Untersuchungen zur sicheren Erfassung von RFID in unterirdischen Anlagen

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, das Distanzmesssystem, welches beim Konzept Bus-ID verwendet wird, für die Innenraumnutzung (unterirdische Verkehrsanlagen) anzupassen. Als erste Versuchsumgebung wird der Vorraum der Mensa der Helmut-Schmidt Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg ausgewählt. Die zweite Messumgebung befindet sich im Vorraum der Aula der Universität. Abbildung II-42 und Abbildung II-43 zeigen die Versuchsumgebungen.

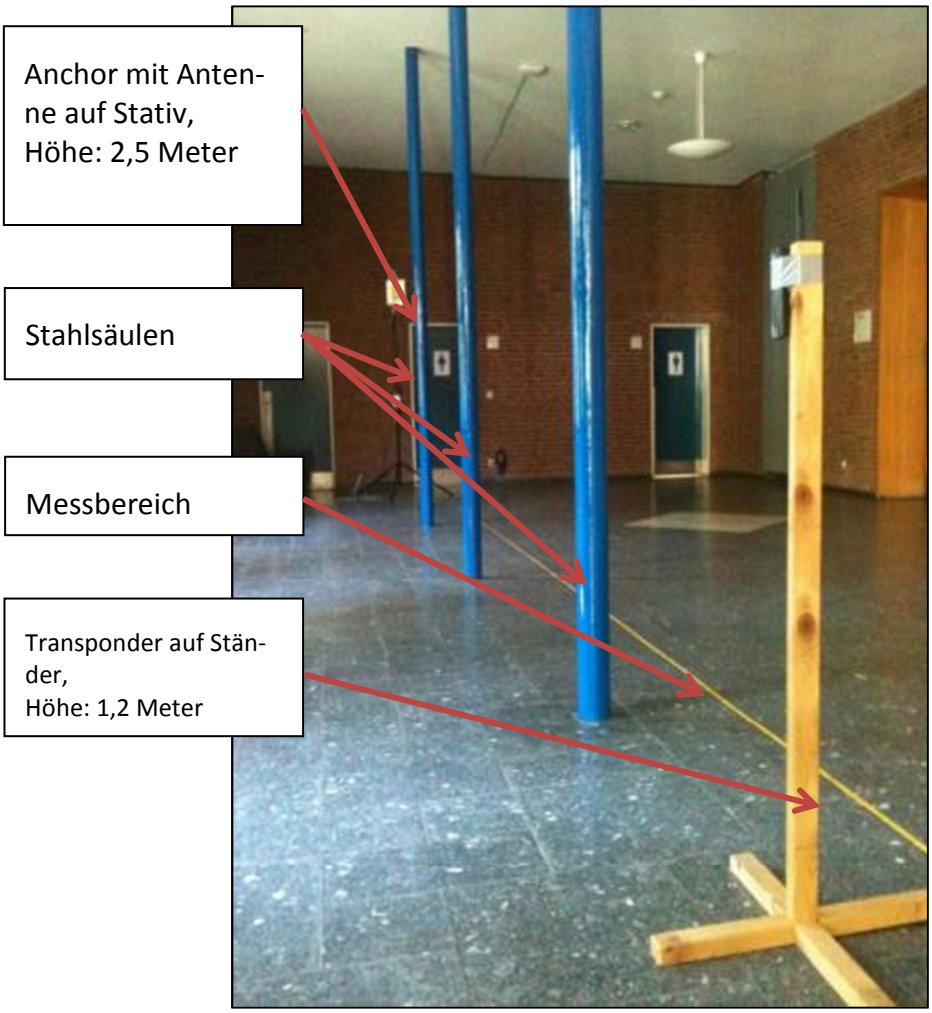


Abbildung II-42: Versuchsaufbau Aula

Die Auswahl der Aula als Messumgebung erfolgt unter folgenden Gesichtspunkten:

- Gegenüber der Mensa bietet die Messumgebung in der Aula den Vorteil, dass Hindernisse in Form von Säulen vorhanden sind die sich als störende Objekte in der Messumgebung einsetzen lassen (LOS[7] - Unterbrechung).

[7] LOS = Line of Sight, Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger

- Die Größe der Versuchsumgebung unterscheidet sich deutlich von der ersten Umgebung. Somit lässt sich untersuchen, in wie weit Größenunterschiede der räumlichen Bedingungen auf die Distanzmessung auswirken.
- Mit einer Höhe von ca. 3 Metern liegt die Messumgebung im Bereich der Höhe von U-Bahn Haltestellen bzw. Zugängen zu solchen Haltestellen.
- Durch die Lage der Versuchsumgebung zwischen Zugang zur Mensa und Aufgang zum Verkaufsraum wird gewährleistet, dass Versuche mit einer hohen Anzahl von Personen (>5) in der Messumgebung stattfinden können.
- Durch die Treppe bzw. weitere Objekte wie Geländer und Stellwände stellt die Versuchsumgebung eine praxisnähere Gestaltungsoption und daher eine symmetrische Messumgebung dar, die weniger Reflexionsmöglichkeiten für die Signale bietet

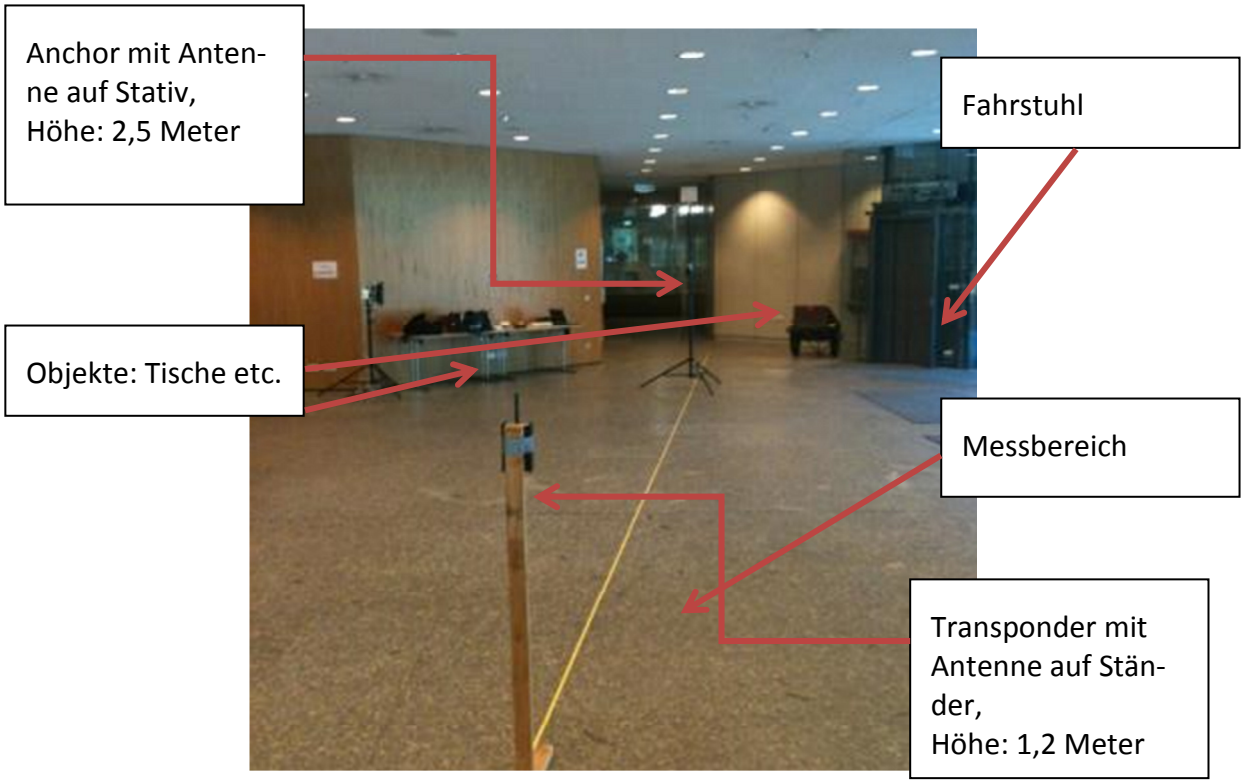


Abbildung II-43: Versuchsaufbau Mensa

Aus der Anzahl der vorhandenen Antennen sowie der Anzahl der Versuchsumgebungen ergaben sich die durchzuführenden Versuche, siehe Abbildung II-44.

Versuche wurden zunächst in der Aula und anschließend in der Mensa (Linie gestrichelt) durchgeführt. Begonnen wurde mit der Aufnahme von Messreihen in einer statischen Versuchsumgebung. Im Anschluss folgten Messreihen in dynamischer Versuchsumgebung. Abgeschlossen wurden die Versuche mit Messreihen bei denen sowohl die Sendeleistung des Systems, als auch der Schwellwert für die Signalstärke der Signale, welche für die Distanzmessung herangezogen wird, variiert wurden. In jeder statischen Variation wurden 500 Messwerte aufgenommen, in jeder dynamischen 160.

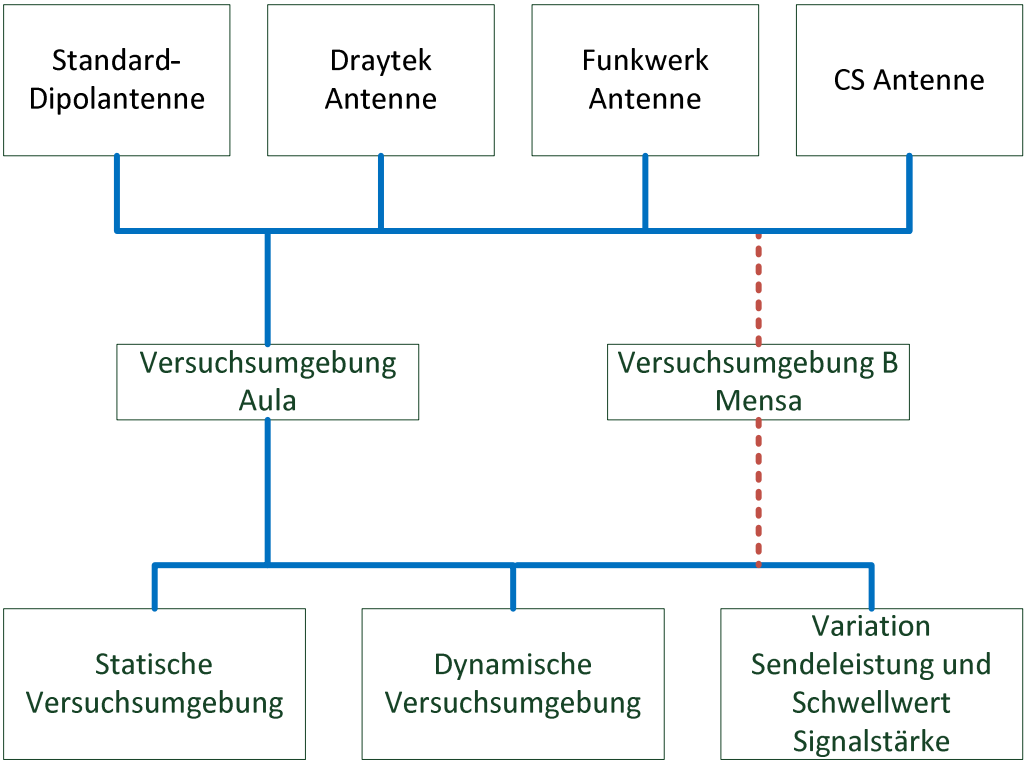


Abbildung II-44: Versuche in der Versuchsumgebung Mensa

<u>Ergebnisse im statischen Versuchsfeld</u>

Insgesamt zeigen Tabelle II-18 und Tabelle II-19, dass bei statischem Versuchsumfeld alle Antennen ohne bzw. mit einem sehr geringen Anteil an Messwertausreißern (3 Ausreißer bei 500 Messwerten) arbeiten können. Weiterhin zeigt sich bei allen Antennen ein Messoffset, welcher die geforderte Genauigkeit von maximal 2 Metern übersteigt. Am stärksten ausgeprägt ist dieser bei der Standardantenne sowie der CS Antenne. Ein Grund hierfür liegt sowohl in der Verwendung des Koaxialkabels, als auch in der Strahlungscharakteristik beider Antennen. Bei der CS Antenne mit ihrem Öffnungswinkel von 180° und der Standardantenne erfolgt keine Richtwirkung der elektromagnetischen Strahlung auf den Transponder wie bei der Draytek und der Funkwerk Antenne, die jeweils einen geringeren Öffnungswinkel besitzen. Hierdurch kann ein Teil der Signale, welche durch Mehrwegeausbreitung den Transponder erreichen, vermieden werden. Umgekehrt, werden durch die Richtantennen auch nur die Signale am Anchor detektiert, die die Richtantennen im Bereich des Öffnungswinkels erreichen. Da der Antennenwiderstand der CS Antenne nicht bekannt ist und keine konjugiert komplexe Anpassung zwischen Kabel und Antenne besteht, könnte es hier ebenfalls zu Leistungsverlusten kommen. Weiterhin sind die Säulen, welche sich im Sichtpfad zwischen den Komponenten befinden dafür verantwortlich, dass es zu NLOS (Non-Line-of-Sight) Effekten kommt, bei denen die Signallaufzeiten erhöht sind. Dabei empfängt die Dipolantenne auch die Signale, welche von der rückwärtigen Wand zu ihr gelangen. Auch die CS Antenne unterliegt durch ihren Öffnungswinkel einem stärkeren seitlichen Mehrwegeempfang als die Draytek- und Funkwerk-Antenne. Nach Abzug der Messwertverfälschung durch das Koaxialkabel, erhält man für die Draytek-Antenne einen durchschnittlichen Distanzwert von 10,9 Metern und für die Funkwerk-Antenne einen Distanzwert von 10,6 Me-

tern. Diese Werte liegen nah an der realen Distanz zwischen Anchor und Transponder und erfüllen auch das Kriterium für die geforderte Genauigkeit. Die Werte können mit den beiden übrigen Antennen nicht erreicht werden.

Tabelle II-18: Ergebnisse Aula in statischer Versuchsumgebung

Antenne	Reale Distanz zwischen Anchor und Transp. (m)	Durchschnitt. gemessene Distanz Anch.-Transp. (m)	Standardabweichung (m)
Dipolantenne	10,00	14,17	0,12
Draytek-Antenne	10,00	12,40	0,098
Funkwerk-Antenne	10,00	12,11	0,95
CS Antenne	10,00	14,91	1,17

Tabelle II-19: Ergebnisse Mensa in statischer Versuchsumgebung

Antenne	Reale Distanz zwischen Anchor und Tranps. (m)	Durchschnitt. gemessene Distanz Anch.-Transp.(m)	Standard-abweichung (m)
Dipolantenne	10,00	16,78	1,52
Draytek Antenne	10,00	13,23	1,47
Funkwerk Antenne	10,00	12,21	0,79
CS Antenne	10,00	19,22	1,23

Die Ergebnisse zeigen, dass die CS Antenne auch in dieser Versuchsumgebung die höchsten Distanzwerte aufweist. Danach folgen die Standarddipolantenne sowie die Draytek- und die Funkwerk-Antenne, welche die geringsten gemessenen Distanzen aufweisen. Mehrwegeempfang auf Grund von Reflexionen tritt in dieser Versuchsumgebung mit ihrem unsymmetrischen Aufbau und vielen Objekten an den Seiten des Messbereiches stärker auf als in der Messumgebung Aula, welche einen rechteckigen Grundriss mit wenigen Objekten am Rand des Messbereiches besitzt. Außerdem ist die gesamte Versuchsumgebung kleiner, was ebenfalls dazu führt, dass Signale früher an Wänden und Objekten reflektiert werden. Die Draytek- und die Funkwerk-Antenne bleiben mit ihren gemessenen Distanzwerten im Bereich des Versuchs in der Aula, wobei auch hier ein leichter Anstieg in den gemessenen Distanzen festzustellen ist. Berücksichtigt man die Messwertverfälschung, welche durch das Koaxialkabel verursacht wird, so erreicht die Draytek-Antenne eine durchschnittliche Entfernung zwischen Anchor und Transponder von 11,7 Metern und die Funkwerk-Antenne eine Entfernung von 10,7 Metern. Im Vergleich zu den Versuchen in der Umgebung Aula sind bei allen Antennentypen Messwerte zu verzeichnen, bei denen keine Verbindungsauf-

nahme von Anchor und Transponder möglich ist. Eine Erklärung für diese Nullwerte liegt darin, dass sich die Signale am Empfänger durch Interferenzen auslöschen. Dadurch erhöht sich die Standardabweichung der gemessenen Distanzen. Die Anzahl an Messwertausreißern ist mit 4-6 Ausreißern pro 500 Messwerte weiterhin gering.

Ergebnisse im dynamischen Versuchsumfeld

Die Ergebnisse der Messreihen (zusammengefasst in Tabelle II-20 und Tabelle II-21) zeigen, dass sich die Mittelwerte der gemessenen Distanzen kaum von denen in der statischen Versuchsumgebung unterscheiden. Allerdings hat sich die Streuung der Werte um bis zu 2 Meter erhöht. Lediglich bei der CS Antenne bleibt die Standardabweichung im Bereich der statischen Messung. Die Erhöhung der Standardabweichung ist auf die Versuchspersonen zurückzuführen, welche sich durch den Messbereich bewegen. Sie verursachen durch ihre Körper Reflexionen und Abschattungseffekte. Die reflektierten Signale, welche eine höhere Signallaufzeit haben als die Signale, welche nicht durch die Körper der Versuchspersonen gestört werden, werden als Messwertausreißer detektiert.

Tabelle II-20: Ergebnisse Aula in dynamischer Versuchsumgebung (Transponder stationär)

Antenne	Reale Distanz zwischen Anchor und Transp. (m)	Durchschnitt. gemessene Distanz Anch.-Transp. (m)	Standardabweichung (m)
Dipolantenne	10,00	14,29 (14,17)	2,44 (0,12)
Draytek Antenne	10,00	12,10 (12,40)	0,98 (0,098)
Funkwerk Antenne	10,00	12,41 (12,11)	1,50 (0,95)
CS Antenne	10,00	14,98 (14,91)	1,07 (1,17)

Tabelle II-21: Ergebnisse Mensa in dynamischer Versuchsumgebung (Transponder stationär)

Antenne	Reale Distanz zwischen Anchor und Transp. (m)	Durchschnitt. gemessene Distanz Anch.-Transp. (m)	Standardabweichung (m)
Dipolantenne	10,00	12,91 (16,78)	2,73 (1,52)
Draytek-Antenne	10,00	8,73 (13,23)	8,72 (1,47)
Funkwerk-Antenne	10,00	12,29 (12,21)	1,90 (0,79)
CS-Antenne	10,00	20,72 (19,22)	4,89 (1,23)

Die Ergebnisse zeigen, dass Personen im Messbereich bei allen Antennentypen zu Messwertausreißern führen. Deutlich wird dies an den Standardabweichungen der Messreihen. Die Draytek-Antenne und die CS-Antenne liefern in diesem Versuch keine brauchbaren Ergebnisse für eine Distanzermittlung. Die Werte der Standard-Dipolantenne streuen höher, als die Werte der Funkwerk-Antenne. Es ist nicht erkennbar, wann sich Personen durch den Messbereich bewegt haben. Die Funkwerk Antenne liefert in diesem Versuch die besten Ergebnisse, da hier die geringste Anzahl an Messwertausreißern vorhanden ist. Sie besitzt gegenüber den übrigen Antennen den geringsten Öffnungswinkel. Sie empfängt und versendet Signale gerichtet in einem Winkel von 30°. Deshalb führen Personen oder Objekte die sich im Randbereich der Antenne befinden nicht in dem Maße zu Störeffekten wie bei den anderen Antennen. Die Draytek Antenne, welche den nächsthöheren Öffnungswinkel von ca. 60° besitzt kann diesen Effekt nicht mehr ausnutzen. Für die Standardantenne sowie die CS-Antenne verursachen auch Personen, welche sich an den Rändern des Messbereiches bewegen starke Messabweichungen. Aufgrund ihrer Strahlungscharakteristiken sind sie deshalb für enge Innenbereiche kaum geeignet. Weiterhin ist bei der CS-Antenne ein hoher Messoffset vorhanden, der nicht mehr durch das Koaxialkabel begründet werden kann. Der Mehrwegeempfang verursacht bei der CS-Antenne in diesem Umfeld starke Interferenzen, welche zu einem Anstieg der gemessenen Distanz führen.

Ergebnisse bei Sendeleistungsvariation (Versuchsumfeld Aula)

Insgesamt zeigt sich, dass eine Verringerung der Sendeleistung die Zuverlässigkeit der Distanzmessung verbessern kann, so lässt sich mit bestimmten Einstellungen wie z.B. 0,02 mW Sendeleistung bei der Funkwerk-Antenne das Auftreten von hohen Messwertausreißern vollständig vermeiden. Ebenfalls fällt auf, dass der Messoffset konstant bleibt. Dies ist insofern von Vorteil, als dass dieser im Quellcode des Distanzmesssystems verrechnet werden kann. Die Ergebnisse dieses Teilabschnittes werden in den folgenden Messreihen, bei denen der Schwellwert des Komparators verändert wird, verwendet, um mit der optimalen Sendeleistung für jede Antenne zu arbeiten.

Ergebnisse bei Sendeleistungsvariation (Versuchsumfeld Mensa)

Insgesamt zeigt sich bei der Verringerung der Sendeleistung des Messsystems in der Versuchsumgebung Mensa, dass eine Verbesserung der Zuverlässigkeit der Distanzmessung nicht erreicht werden kann. Sowohl die Höhe des Messoffsets als auch die Höhe der Standardabweichung bleiben im Vergleich zur Messung mit 1,5 mW konstant. Lediglich die Funkwerk-Antenne zeigt bei den Messungen mit geringerer Sendeleistung ähnliche Ergebnisse wie in bei höheren Sendeleistungen, die jedoch nicht der Verringerung der Sendeleistung zugeordnet werden können. Aus diesem Grund wird der Wert der Sendeleistung bei der Variation des Komparatorschwellwertes auf dem Standardwert belassen.

Optimierung der Distanzmessung

Die Wahl der geeigneten Antenne für die Umgebung, in der die Distanzmessung durchgeführt werden soll, hängt maßgeblich von der Beschaffenheit der Umgebungsbedingungen ab. Anhand der durchgeführten Versuche gilt folgendes:

- Die Standard-Dipolantenne ist Richtantennen bei Distanzmessungen in dynamischen Umgebung unterlegen, daher sollten Richtantennen beim Anchor gewählt werden, welche gezielt den Messbereich erfassen

- Je enger und flacher die Messumgebung ist, desto geringer sollte der vertikale und horizontale Öffnungswinkel der Richtantenne sein, um vor allem den Mehrwegeempfang durch Reflexionen an Wänden, Decken und Objekten in der Messumgebung gering zu halten.
- Dabei sollte allerdings beachtet werden, dass die Verwendung einer Richtantenne für den Transponder nicht möglich ist. Auf Grund der SDS-TWR Messung kann es daher weiterhin zu Messwertausreißern kommen, welche verstärkt durch die gesendeten Signale des Tags verursacht werden.
- Eine Antenne mit geringem Öffnungswinkel ist ebenfalls von Vorteil, wenn sich viele Personen im Messbereich bewegen, da Personen, welche sich außerhalb des Öffnungswinkels der Richtantenne befinden, weniger Reflexions- oder Abschattungseffekte am Empfänger verursachen.

Ob durch die Einstellung der Sendeleistung Verbesserungen in der Zuverlässigkeit der Distanzmessung erzielt werden können, hängt maßgeblich davon ab, welche Größe die Messumgebung besitzt. Eine Verringerung der Sendeleistung kann die Distanzmessung dann verbessern, wenn die Messumgebung so groß ist, dass Signale, welche auf Grund von Reflexionen eine erhöhte Laufzeit besitzen, durch Dämpfung den Empfänger nicht mehr erreichen können und somit keinen verfälschten Distanzwert erzeugen.

<u>Einstellungen am Komparator</u>

Die Einstellung am Komparator welcher die Signalstärke der eingehenden Signale vergleicht lässt sich in sehr feinen Schritten variieren. Zur Optimierung der Distanzmessung ist folgendes zu beachten:

- Je höher der Pegel gesetzt wird, desto weniger Messwertausreißer oberhalb der realen Distanz treten auf.
- Je höher der Pegel gesetzt wird, desto mehr Messwertausreißer ohne Distanzmessung treten auf.
- Je niedriger der Pegel gesetzt wird, desto mehr Messwertausreißer im Gesamtbereich treten auf

Sowohl mit dem Glättungsverfahren der gleitenden Mittelwerte als mit der Median-Glättung konnte eine Optimierung der Messergebnisse ermöglicht werden. Dabei eignet sich insbesondere die Median-Glättung um einzelne Ausreißer unter den Messwerten zu eliminieren. Findet sich unter den Messwerten hingegen eine hohe Anzahl an Ausreißern, so sollte die gleitende Mittelwertbildung durchgeführt werden. Auch eine Kombination beider Verfahren ist denkbar.

Insgesamt haben die Versuche in dieser Arbeit gezeigt, dass ein Distanzmesssystem, das bei Innenraumbedingungen installiert wird, individuell auf die Einsatzumgebung angepasst werden muss.

II.1.10 HSU-3-2 Konzeption der räumlichen Verteilung von RFID-Empfängern und Lautsprechern in unterirdischen Verkehrsanlagen

Prinzipiell ergeben sich aus der Bus-ID Technologie zwei Modelle:

1. In einem autarken Modell ist jede einzelne RTB-Akustik mit einer eigenen RFID-Platine ausgestattet und gibt, sobald sich ein Nutzer nähert, je nach Programmierung ein Leitsignal, eine Sprachausgabe oder beide Signale wieder.

   Je nach Komplexität der Wegekette können mehrere Akustiken mit Sprachausgaben oder Signaltönen zum Einsatz kommen, wobei bei Erreichen der einen die jeweils nächste aktiv wird, um auf diese Art den Nutzer den Weg entlang zu leiten. Je nach Inhalt der Ansagen müsste die nächste Akustik noch nicht hörbar sein. Relativ große Abstände zwischen den Akustiken wären dadurch möglich. Allerdings entsteht erheblicher Aufwand durch Erstellung spezifischer Ansagen, die unmissverständlich zum nächsten Punkt führen (aktives Leiten nach DIN).

   Es ist auch denkbar, die ersten Akustiken nur mit einem Orientierungston auszustatten, der erlischt, sobald der Nutzer sie erreicht hat. Die nächste Akustik würde dann wieder einen Orientierungston ausstrahlen, sodass der Nutzer von Orientierungston zu Orientierungston geleitet wird, bis er an der „Endakustik“ mit Sprachausgabe angelangt ist (Mischung aus passivem und aktivem Leiten).

   Die technisch einfachste Variante wäre eine einzelne Akustik an einem zentralen Ort, die es dem Nutzer mit Hilfe eines Orientierungstons ermöglicht sie aufzufinden. Mit einer Sprachansage würde dann das Ziel beschrieben werden. Diese wäre die preisgünstigste Möglichkeit und ist für weniger komplexe Orte geeignet (aktive, topographische Hilfe).

2. In einem vernetzten Modell werden eine oder wenige mit einer RFID-Platine ausgestattete Akustiken von einem zentral gelegen Ort aus mehrere Akustiken in einer vorgegebenen Reihenfolge ansteuern. Hierbei müssten zwischen den Akustiken entweder Funkverbindungen oder Leitungen zur Übertragung des Signals realisiert werden.

Mit der Erstellung von Morphologischen Kästen[8] wurden möglichst viele prinzipiell technisch realisierbare Lösungsmöglichkeiten komprimiert zusammengestellt. Dabei wurde das Orientierungssystem in seine bestimmenden Teilfunktionen beziehungsweise Teilaspekte zerlegt, denen anschließend verschiedene Realisierungsmöglichkeiten (Varianten) zugeordnet wurden.

Das weitere praktische Vorgehen in diesem Arbeitspaket bezog sich auf die Schalterhallen in unterirdischen Verkehrsanlagen. Diese lag zum einen daran, dass die Hamburger Hochbahn AG als Betreiber von U-Bahnen keine Erlaubnis für die Durchführung von Tests auf Bahnsteiganlagen erteilt hat. Wesentlicher aber war, dass die Orientierung in Schalterhallen die komplexesten Anforderungen stellt. Lösungen, die sich hier bewähren können mit wenig Aufwand auf Bahnsteig und Zugänge übertragen werden. Die Anwendung eines morphologischen Kastens erlangte deswegen noch größere Bedeutung, da über die Zerlegung in die einzelnen Teilfunktionen und Varianten nahezu für jeden speziellen Fall eine passende

[8] eine systematisch heuristische Kreativitätstechnik nach dem Schweizer Astrophysiker Fritz Zwicky

Lösung generiert werden kann. Eine Unterteilung oder Kategorisierung der Schalterhallen nach bestimmten Kriterien erschien aufgrund der vielfältigen Ausprägungen als unzweckmäßig. Sie unterscheiden sich in ihrer Größe, baulichen Ergänzungen wie Säulen oder Masten und der Art und Anzahl der in ihnen betriebenen Geschäfte. Die Deckenhöhen variieren ebenfalls, liegen aber meist zwischen 2,40 m und 3 m. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl und Ausführung der in oder aus einer Schalterhalle führenden Gänge und der bereits genannten baulichen Unterschiede, weist jede Schalterhalle ihre eigenen akustischen Eigenschaften, wie Nachhallzeit oder Hörsamkeit, auf. Deswegen muss für jede Schalterhalle bezüglich der Art, der Anzahl, der Verteilung und der Abstände der Lautsprecher sowie der jeweiligen Informationen individuell neu entschieden werden.

Tabelle II-22: morphologischer Kasten für Schalterhallen

Teilfunktion	Möglichkeiten/Varianten						
Akustik				Legende:			
Prinzip	autark (au)	vernetzt (ve)	au +ve	Konzept S1 entspricht			
Art	kombiniert	Getrennt		Konzept S2 entspricht			
Leitsignal							
Art	Tocken	Warnton	Ansage				
Verteilung	zentral	Dezentral					
Ort/Anzahl[9]	Halle (H)	Gänge (G)	Ausgänge (A)	H+G+A	H+G	H+A	G+A
Richtwirkung	90°	180°	270°	360°			
Sprachausgabe							
Ankündigung	mit Warnton	ohne Warnton					
Verteilung	zentral	dezentral					
Ort/Anzahl	Halle (H)	Gänge (G)	Ausgänge (A)	H+G+A	H+G	H+A	G+A
Stimme	männlich	Weiblich					
Richtwirkung (R)	R < 90°	90°< R < 180°	270°	360°			
Anbringung							
Ort	in der Decke	an der Decke	an Pfeilern				
Ausrichtung	gerade	bestimmter Winkel					

[9] Je nach Art/Größe der Schalterhalle ergibt sich die Anzahl der notwendigen Akustiken aus der Anzahl der Anbringungsorte

In Tabelle II-22 ist der morphologische Kasten für die Schalterhallen dargestellt. Mit Hilfe von Pfeilen wurden zwei Konzepte ausgewählt, die für die Hamburger U-Haltestelle *Straßburger Straße* exemplarisch erläutert werden. Sie sind durch unterschiedliche Farben dargestellt. Das „S“ in der Bezeichnung des Konzeptes steht hierbei für Schalterhalle, um diese Konzepte von denen der Zugänge und des Bahnsteiges zu unterscheiden.

Die Anwendung dieser Konzepte auf die reale Haltestelle Straßburger Straße wird in Abbildung II-45 und Abbildung II-46 dargestellt. **Konzept S1** (Mischung aus passivem und aktivem Leiten) spiegelt eine getrennte Variante wieder, da das Tocken (A) von den restlichen Akustiken (a, b, c) für die Sprachausgabe entkoppelt ist. Das Leitsignal (A) ist zentral, mittig der Schalterhalle und für einen rundum wirkenden Schall mit drei Satellitenlautsprechern ausgelegt, da Nutzer aus allen Richtungen die Halle betreten können. Die Sprachausgabe basiert hingegen auf einem verteilten, dezentralen System, bei dem die Akustiken (a, b, c) in den Gängen angebracht sind, jedoch von einer zentralen Platine (bei A) aus angesteuert werden. Für die Haltestelle *Straßburger Straße* liegen die Abstände etwa bei 7 m. Ziel ist es, den Nutzer durch das Orientierungssignal (A) in die Mitte der Schalterhalle zu führen, um anschließend die Lautsprecherdurchsagen (a, b, c) folgen zu lassen.

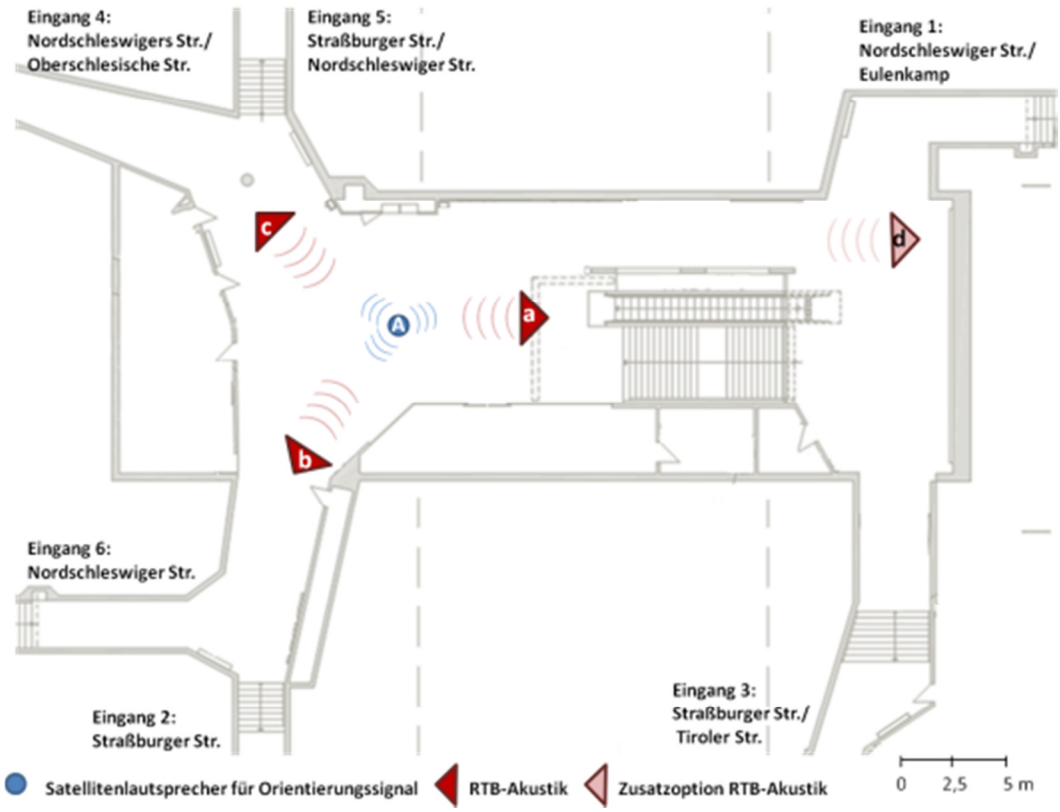


Abbildung II-45: Konzept S1 für Haltestelle *Straßburger Straße*

Konzept S2 (aktive, topographische Hilfe) bietet als kombinierte Variante eine Sparvariante, da nur eine einzige Akustik Verwendung findet. Das Leitsignal ist damit an die Beschaffenheit des Gehäuses beziehungsweise der spezifischen Installationslösung und somit an die gleiche Richtwirkung wie die Sprachansage (bei gleicher Frequenz) gebunden. Dies ist je-

doch unkritisch, da der Nutzer auf dem Weg zum Bahnsteig durch die kanalisierende Wirkung der Gänge in den mittleren Bereich der Schalterhalle geführt wird.

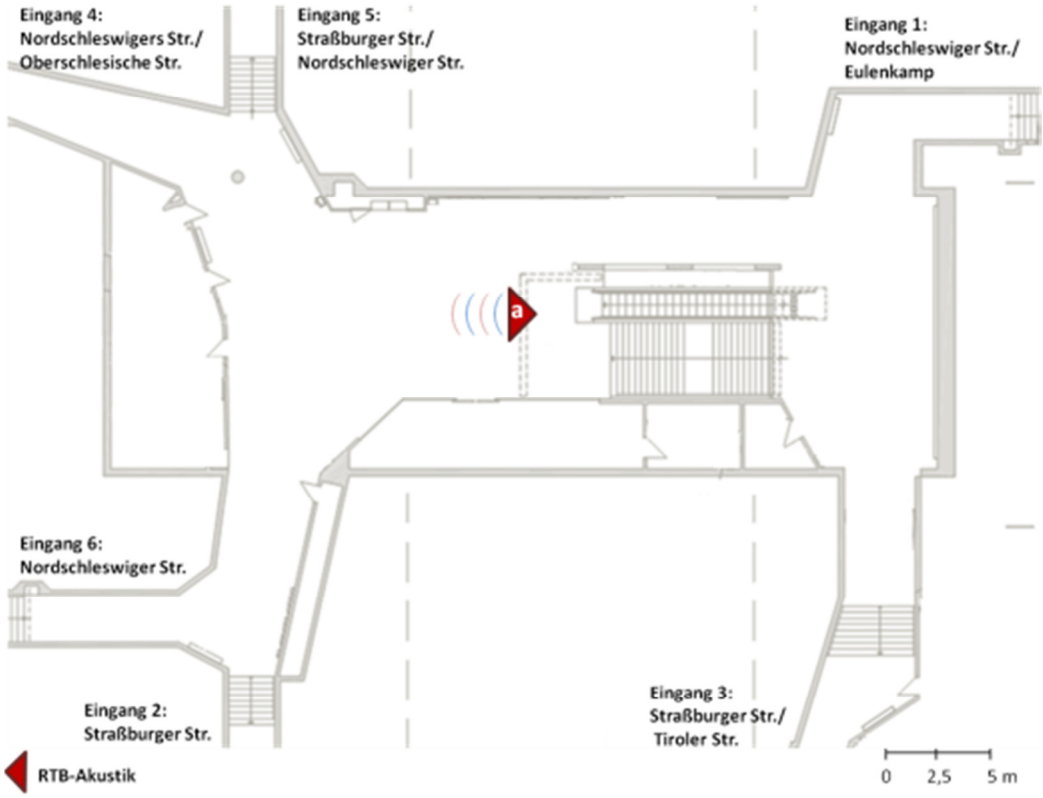


Abbildung II-46: Konzept S2 für Haltestelle *Straßburger Straße*

Für beide Konzepte gilt, dass mit Richtungsangaben gearbeitet werden soll. Folglich muss es dem Nutzer ermöglicht werden, sich zu dem Lautsprecher auszurichten

In Tabelle II-23 sind die erstellten Konzepte bezüglich der Anzahl und Verteilung der Lautsprecher und den entsprechenden Informationen gegenübergestellt. Die Syntax der Ansagen folgt der prinzipiellen Abfolge <Ziel><Handlungsanweisung>< Richtung><Zusatz>.

Für die Umsetzung von Konzepten sind neben den funktechnischen Bedingungen auch die akustischen Gegebenheiten zu berücksichtigen. In umfangreichen Vorstudien wurden die Situation auf Haltestellen (Lärmpegel, Frequenzen, Nachhallzeiten), die typischen Merkmale auditiver Wahrnehmung (Hörschwellen, Sprachverständlichkeit, Richtungshören) sowie auf dem Markt befindliche, technisch und wirtschaftlich geeignete Lautsprecher analysiert.

Tabelle II-23: Gegenüberstellung der Konzepte für die Schalterhalle

Merkmal	Konzept S1	Konzept S2
Anzahl Lautsprecher	3 RTB-Akustiken + 3 Satellitenlautsprecher	1 RTB-Akustik
Verteilung Lautsprecher	dezentrale Akustik pro Gang, zentrales Tocken in der Halle	zentral in der Halle, zum Gang (Abgang zum Bahnsteig) verschoben
Informationen für den Weg zum Bahnsteig Konzept 1 und Konzept 2		
Syntax	**<Ziel> <Handlungsanweisung>< Richtung><Zusatz>**	
Akustik a	*„ Abgang zur U1, linkes Gleis Richtung GROßHANSDORF und OHLSTEDT über Volksdorf, rechtes Gleis Richtung NORDERSTEDT über Hauptbahnhof.“*	
Informationen für den Weg zum Ausgang		
Akustik a (ohne Akustik d)	„Zum Aufgang Tiroler Str. und den Buslinien 36, 171, 271, 23 und 39 gehen sie links am Zugang des Bahnsteiges vorbei. Für die Buslinien 36 *Berner Heerweg*, 171 *Bramfeld* Ost und 271 Rentenversicherung Nord halten sie sich links an der Wand entlang. Für die Buslinie 23 Billstedt und 39 Wandsbek Markt halten sie sich rechts am Geländer entlang.“	„Zum Aufgang Tiroler Str. und den Buslinien 36, 171, 271, 23 und 39 gehen sie links am Zugang des Bahnsteiges vorbei. Für die Buslinien 36 *Berner Heerweg*, 171 *Bramfeld* Ost und 271 Rentenversicherung Nord halten sie sich links an der Wand entlang. Für die Buslinie 23 Billstedt und 39 Wandsbek Markt halten sie sich rechts am Geländer entlang. Der Aufgang *Oberschlesische Straße* und zu den Buslinien 23 *Niendorf Markt und 39 Teufelsbrück*
Akustik a (mit d)	„Zum Aufgang Tiroler Str. und den Buslinien 23 Billstedt, 36 *Berner Heerweg*, 39 Wandsbek Markt, 171 *Bramfeld* Ost und 271 Rentenversicherung Nord gehen sie links am Zugang des Bahnsteiges vorbei.	
Akustik b	„Zum Aufgang Buslinie 36 *Blankenese*, 171 Barmbek und 271 *Friedrichsberg* halten sie sich in der Y-Gabelung links“	
Akustik c	„Zum Aufgang Oberschlesische Str. und den Buslinien 23 *Niendorf Markt und 39 Teufelsbrück* halten sie sich in Y-Gabelung links.“	
Akustik d	Für die Buslinien 36 *Berner Heerweg*, 171 *Bramfeld* Ost und 271 Rentenversicherung Nord gehen sie links. Für die Buslinie 23 Billstedt und 39 Wandsbek Markt gehen sie rechts.“	

Für die weitere konzeptionelle Arbeit kamen folgenden Lautsprecher in Betracht (s. Tabelle II-24) :

Tabelle II-24: Gegenüberstellung der in Frage kommenden Lautsprecher

Kriterium	*TL 5 RTB*	*SL 87 WPM 4 OHM*	*B 80 8 OHM*
Art des Lautsprechers	Druckkammer-Hornlautsprecher	Breitbandlautsprecher	Breitbandlautsprecher
Übertragungsbereich (-10dB)	400-13000 Hz	200-5000 Hz	80-16000 Hz
Mittlerer Schalldruckpegel	95 dB	89 dB	85 dB
Abstrahlwinkel (-6 dB)	60° bei 4000Hz	142° bei 4000 Hz	119° bei 4000 Hz
Impedanz	4 Ω	4 Ω	8 Ω
Nennbelastbarkeit	15 W	20 W	20 W
Preis (Größenordnung)	25 Euro/ Einzelstück	10 Euro / Einzelstück	65 Euro/Einzelstück

Die ersten Vorversuche wurden in der HSU, im Gebäude W7 im Flurbereich des zweiten Obergeschosses durchgeführt. Dieser Flur zeichnet sich durch eine Länge von circa 37 m, eine Breite von 2,45 m und eine Höhe von 2,70 m aus. Die Decke ist mit Blechprofilen verkleidet. Die Wände sind verputzt und mit einem abwaschbaren Lack versiegelt, der Boden ist mit Industrieteppich ausgelegt. Somit ist der Versuchsort nicht optimal mit unterirdischen Haltestellen vergleichbar, da hier eine höhere Schalldämmung vorherrscht. Trotz dessen weist er baulich und akustisch ähnliche Eigenschaften auf, wie sie in einem schmaleren Gang in einer unterirdischen Haltestelle zu finden sind.

Insgesamt nahmen 39 Testteilnehmer und Testteilnehmerrinnen an den Versuchen teil. Die Akustiken wurden nebeneinander an der Decke auf einer Höhe von ca. 2,40 m befestigt. Der Abstand zwischen Versuchsteilnehmer und Akustik betrug 3 m. Die Akustiken wurden so eingestellt, dass alle einen Schalldruckpegel von 60 dB(A), gemessen in 1 m Entfernung, aufwiesen. Die Ergebnisse sind Tabelle II-25 zusammengefasst.

Tabelle II-25: Ergebnisse der Vorversuche auf dem Universitätsgelände

Parameter	**Stimme**		**Frequenz**		**Lautsprecher**		
Ausprägung	**männlich**	**weiblich**	**0,3-4 kHz**	**0,2-8 kHz**	***SL 87***	***TL 5***	***R 80***
Am besten	30	3	1	38	1	36	2
gleich	6		0		0		

Aufgrund der in den Vorversuchen im Universitätsgelände erzielten Ergebnisse wurden die Parameter für Feldtests in einer unterirdischen Haltestelle wie folgt festgelegt werden:

- Stimme: männlich
- Frequenzbereich: 200 bis 8000 Hz
- Lautsprecher: TL 5 RTB
- maximaler Schalldruckpegel: Einstellung der Akustik nicht über 85 dB

Im nächsten Schritt wurden diese Ergebnisse noch einmal in der Schalterhalle der *Straßburger Straße* wiederholt. Insgesamt nahmen 31 z Testteilnehmer und Testteilnehmerinnen teil. Die Akustiken wurden an der Decke auf einer Höhe von 2,40 m befestigt und hingen nebeneinander. Auch hier wurden die Schalldruckpegel individuell an den Akustiken so eingestellt, dass alle einen Schalldruckpegel von 65 dB(A) aufwiesen. Die Testpersonen standen erneut 3 m von den Lautsprechern entfernt. Die Ergebnisse (s. Tabelle II-26) bestätigten die ersten Vorversuche in den Innenräumen der Universität.

Tabelle II-26: Ergebnisse der Vorversuche in einer unterirdische Haltestelle

Parameter	**Stimme**		**Frequenz**		**Lautsprecher**		
Ausprägung	**männlich**	**weiblich**	**0,3-4 kHz**	**0,2-8 kHz**	***SL 87***	***TL 5***	***R 80***
besser	23	3	2	29	1	27	3
gleich	5		0		0		

II.1.11 HSU-3-3 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests

Am 15. August 2012 von 07.00 – 19.30 Uhr, am 16. August von 07.00 – 20:30 und am 17. August von 12.00 – 17.00 Uhr fanden in der Schalterhalle der U-Bahnhaltestelle *Straßburger Straße* Feldtests mit 26 stark sehbehinderten und blinden Menschen statt. Gegenübergestellt wurden die beiden im AP HSU-3-2 herausgearbeiteten Konzepte, welche zusammengefasst in Abbildung II-47 dargestellt sind.

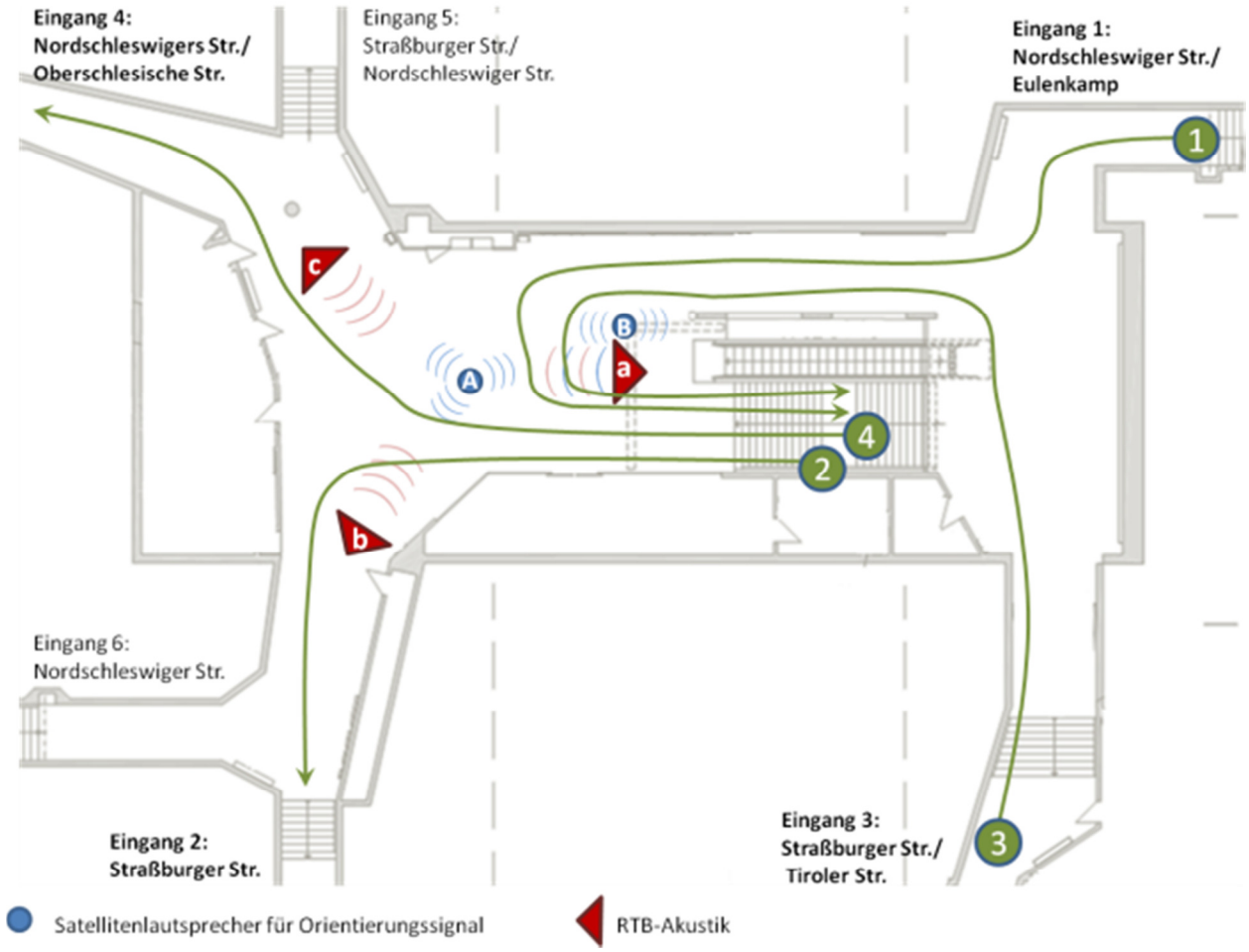


Abbildung II-47: Versuchsaufbau und zu absolvierende Wege

Die während der Feldtests verwendete Technik entsprach im Wesentlichen der bereits in AP HSU-3-2 beschriebenen. Wie aus Abbildung II-47 ersichtlich wird, benötigten beide Konzepte am Zugang des Bahnsteiges nur eine Akustik (a). Da es zum Testzeitpunkt nur möglich war einen Speicherplatz des Flash-Speichers pro Akustik abzurufen, wurden zwei Akustiken (a1, a2) benötigt, um die Akustik a zu repräsentieren. In Abbildung II-48 ist der reale Versuchsaufbau zu erkennen. Aus technischen Gründen wurde eine dritte Akustik (C) verwendet, welche den einzelnen Orientierungston für das zweite Konzept erzeugte.

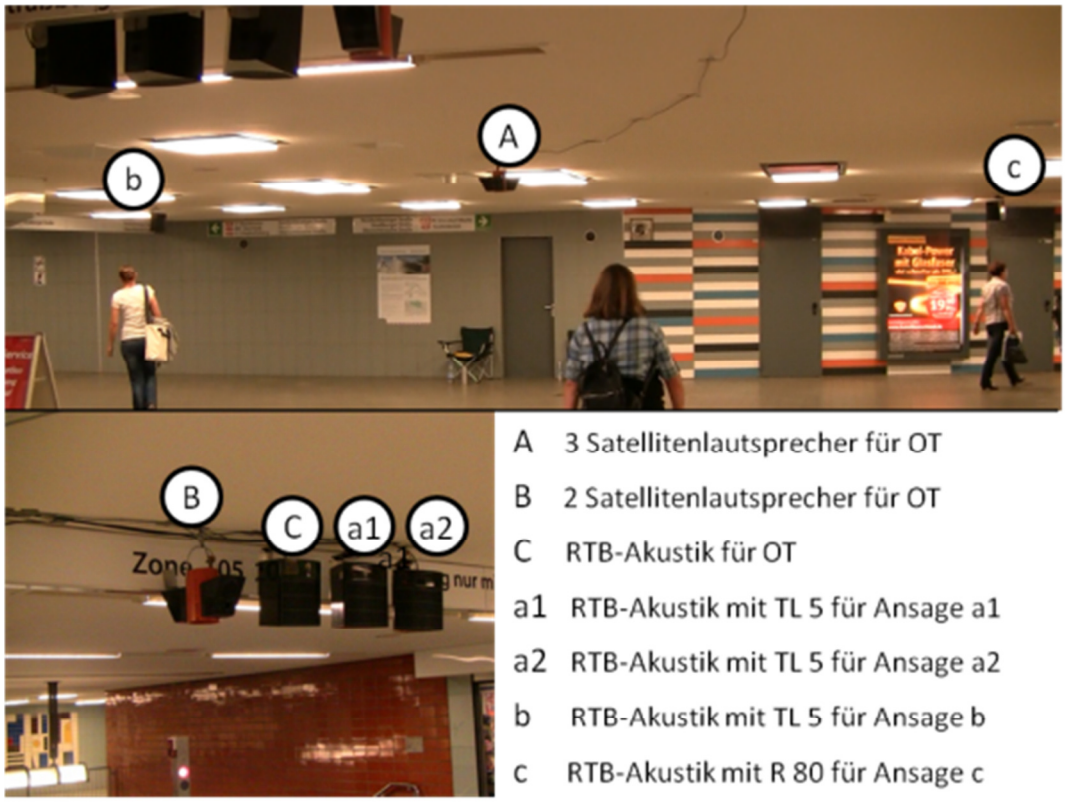


Abbildung II-48: verwendete Technik in der Feldtestschalterhalle

Die eingesetzten Sprachansagen sind in Tabelle II-27 zusammengefasst. An den Tests nahmen insgesamt 26 stark sehbehinderte und blinde Personen teil, welche einzeln die nachfolgend beschrieben Wege abliefen. Dabei wurden sie beobachtet und anschließend anhand eines Leitfadens interviewt. Der Testablauf bestand aus vier beziehungsweise fünf verschiedenen Wegen, welche in Tabelle II-28 aufgeführt und in Verbindung mit Abbildung II-47 zu betrachten sind.

Tabelle II-27: Sprachansagen während der Feldversuche in der *Straßburger Straße*

Gesprochene Texte	
Akustik a1	„ Abgang zur U1, linkes Gleis Richtung *Großhansdorf* und *Ohlstedt* über *Volksdorf*, rechtes Gleis Richtung *Norderstedt* über Hauptbahnhof.“
Akustik a2 (erster Teil)	„Zum Aufgang *Tiroler Str.* und den Buslinien 36, 171, 271, 23 und 39 gehen sie links am Zugang des Bahnsteiges vorbei. Für die Buslinien 36 *Berner Heerweg*, 171 *Bramfeld* Ost und 271 Rentenversicherung Nord halten sie sich links an der Wand entlang. Für die Buslinie 23 Billstedt und 39 Wandsbek Markt halten sie sich rechts am Geländer entlang.“
Akustik a2 (zweiter Teil)	„Der Aufgang *Oberschlesische Straße* und zu den Buslinien 23 *Niendorf Markt* und 39 *Teufelsbrück* befinden sich links hinter ihnen. Halten sie sich dazu in der Y-Gabelung links. Der Aufgang zu den Buslinien 36 *Blankenese*, 171 *Barmbek* und 271 *Friedrichsberg* befindet sich rechts hinter ihnen. Halten sie sich dazu in der Y-Gabelung links.“
Akustik b	„Zum Aufgang Buslinie 36 *Blankenese*, 171 Barmbek und 271 *Friedrichsberg* halten sie sich in der Y-Gabelung links“
Akustik c	„Zum Aufgang Oberschlesische Str. und den Buslinien 23 *Niendorf Markt und 39 Teufelsbrück* halten sie sich in Y-Gabelung links.“
Ansage Zugang 1	„Abgang zur Linie U1, Haltestelle *Straßburger Straße*, halten sie sich nach der Treppe rechts an der Wand entlang.“
Ansage Zugang 3	„Abgang zur U1, Haltestelle *Straßburger Straße*, halten sie sich nach der Treppe links am Geländer entlang.“

Tabelle II-28: Ablauf der zu testenden Wege und Parameter

Weg	Ziel	Konzept	Akustik/Ansagen	Orientierungston
1	Bahnsteig U1 Richtung Norderstedt	1	a1, Ansage Zugang 1	B
2	Bus 271 Richtung Friedrichsberg	2	c, b, a2 (erster Teil)	A
3	Bahnsteig U1 Richtung Großhansdorf	1	a1, Ansage Zugang 3	C
4	Bus 39 Richtung Teufelsbrück	1	a2 (beide Teile)	C
5[10]	Bus 23 Richtung Niendorf Markt	1	a2 (beide Teile)	A

Weg 1 und **Weg 3** testeten das Auffinden des richtigen Gleises auf dem Bahnsteig mit Hilfe des ersten Konzeptes. Sie unterschieden sich durch den jeweiligen Ausgangspunkt, einen

[10] optional, für den Fall das sich der Proband bei Weg 4 nicht richtig zum Lautsprecher ausrichten konnte und unter der Voraussetzung, dass genügend Zeit zur Verfügung stand.

anderen Orientierungston und das zu erreichende Gleis auf dem Bahnsteig. Bei beiden befand sich der Orientierungston in unmittelbarer Nähe des Lautsprechers für die Sprachansage. Des Weiteren wurden hierbei die Informationsgehalte getestet, welche der Nutzer bereits am Zugang zur Schalterhalle zur Verfügung gestellt bekam.

Weg 2 testete das Auffinden des richtigen Ausganges durch die Nutzung des zweiten Konzeptes. Ziel war es hierbei mit einem Bus in eine bestimmte Richtung weiter zu fahren. Die Reihenfolge der Lautsprecheransagen war c, b, a2 (erster Teil).

Weg 4 testete ebenfalls das Auffinden des richtigen Ausganges mit dem Ziel einen bestimmten Bus zu nutzen. Allerdings kam hier das erste Konzept zur Anwendung, bei dem der Orientierungston wieder in direktem lokalem Zusammenhang zum Lautsprecher stand.

Weg 5 wurde im Laufe der Versuche optional eingeführt und verfolgte das gleiche Ziel wie Weg 4. Dieser Weg wurde absolviert für den Fall, dass der Testteilnehmer bei Weg 4 Schwierigkeiten hatte, sich richtig zum Lautsprecher auszurichten. Die Akustik a2 (beide Teile) blieb bestehen, lediglich der Orientierungston wurde von A ausgestrahlt. Konnte sich der Testteilnehmer bei Weg 4 gut zum Lautsprecher ausrichten, scheiterte aber an der Komplexität der Ansage, wurde Weg 5 nicht angewandt.

Die nachfolgenden Tabellen bezüglich der Zielerreichung der einzelnen Wege sind wie folgt zu verstehen: Die erste Spalte gibt die Anzahl derjenigen an, welche das Ziel erreicht beziehungsweise nicht erreicht haben. Für die Spalten danach gilt:

- **„Ausrichtung“** beschreibt die Anzahl derjenigen, die in der Lage waren sich richtig zum Lautsprecher auszurichten
- **„Bahnsteig ohne Hilfe“** beschreibt die Anzahl derjenigen, die nach eigenen Angaben den Bahnsteig auch ohne Hilfe gefunden hätten
- **„Gleis ohne Hilfe“** beschreibt die Anzahl derjenigen, die nach eigenen Angaben das richtige Gleis auch ohne Hilfe gefunden hätten
- **„richtiger Ausgang ohne Hilfe“** beschreibt die Anzahl derjenigen, die nach eigenen Angaben den richtigen Ausgang ohne Hilfe gefunden hätten
- Schwarze Zahl: Häufigkeit unabhängig vom Erreichen des Ziels
- Grüne Zahl: Häufigkeit Ziel erreicht
- Rote Zahl: Häufigkeit Ziel nicht erreicht

Die nachfolgenden Tabellen geben eine Zusammenfassung der Ergebnisse in Hinblick auf die Erreichung der Ziele jedes Weges.

Tabelle II-29: Ergebnisse des Weges 1

	Ziel erreicht (N)	Ausrichtung (N)	Bahnsteig ohne Hilfe (N)	Gleis ohne Hilfe (N)
ja	20	10 (10/0)	19(16/3)	4(4/0)
nein	6	16 (10/6)	7(4/3)	22(16/6)
Häufigkeit (N) (davon Ziel erreicht/davon Ziel nicht erreicht)				

Tabelle II-30: Ergebnisse des Weges 2

	Ziel erreicht (N)	Ausrichtung (N)	richtiger Ausgang ohne Hilfe (N)
ja	23	24(22/2)	2(2/0)
nein	3	2(1/1)	24(21/3)
Häufigkeit (N) (davon Ziel erreicht/davon Ziel nicht erreicht)			

Tabelle II-31: Ergebnisse des Weges 3

	Ziel erreicht (N)	Ausrichtung (N)	Bahnst. ohne Hilfe (N)	Gleis ohne Hilfe (N)
ja	21	15(14/1)	19(18/1)	4(4/0)
nein	5	11(7/4)	7(3/4)	22(17/5)
Häufigkeit (N) (davon Ziel erreicht/davon Ziel nicht erreicht)				

Tabelle II-32: Ergebnisse Weg 4 und Weg 5

	Ziel erreicht (N)	Ausrichtung (N)	Richtiger Ausgang ohne Hilfe (N)
Weg 4 ja	7	11(5/6)	1(1/0)
Weg 4 nein	19	15(2/13)	25(6/19)
Weg 5 ja	6	12(6/6)	nicht noch einmal befragt
Weg 5 nein	7	1(0/1)	nicht noch einmal befragt
Häufigkeit (N) (davon Ziel erreicht/davon Ziel nicht erreicht)			

Tabelle II-33: Vergleich der Ergebnisse aller Wege

	Weg 1 (N)	Weg 2 (N)	Weg 3 (N)	Weg 4 (N)	Weg 5 (N)[11]
Ziel erreicht mit System	20	23	21	7	6
richtige Ausrichtung	10	24	15	11	7
Ziel erreicht ohne System	4	2	3	1	-----
Bahnsteig erreicht ohne System	19	-----	19	-----	-----

Nach Beendigung der vier beziehungsweise teilweise fünf Testläufe, wurden die Teilnehmer gebeten, eine abschließende Gesamtbeurteilung abzugeben. Aus Tabelle II-34 wird ersichtlich, dass alle Probanden die getesteten Konzepte prinzipiell als eine Hilfe betrachten.

Tabelle II-34: Gesamtzufriedenheit mit den getesteten Konzepten

Empfinden sie die getesteten Konzepte als hilfreich?	(N)
auf jeden Fall	22
eher ja	4
eher nein	0
auf keinen Fall	0

Bei der Betrachtung der Tabelle II-35wird klar, dass die breite Mehrheit ein Konzept mit mehreren Lautsprechern bevorzugt. Die Nutzer sind somit in der Lage, sich besser zu orientieren und durch die einfacher wahrzunehmende Richtwirkung besser auszurichten. Diejenigen, die ein System mit nur einem zentralen Lautsprecher bevorzugen würden, waren sehr gut orientiert und hatten bei keinem der getesteten Wege Probleme. Sie kritisieren, dass ein Konzept mit mehreren Lautsprechern sie dazu nötigt, quer durch die Halle zu laufen und dass man als Nutzer beim Anhören einer Ansage im Weg stehen könnte sofern die Lautsprecher in den Gängen angebracht sein.

Tabelle II-35: Beurteilung der verschieden getesteten Konzepte

Welche Variante bevorzugen sie? Die Variante…	(N)
… mit einem Lautsprecher.	4
… mit mehreren Lautsprechern.	21
…ist mir egal.	1

[11] Weg 5 wurde lediglich von 13 Testpersonen absolviert

Begründung für die Antwort: Mit einem Lautsprecher	(N)	Mit mehreren Lautsprechern	(N)
Richtungen sind klar verständlich	1	Bessere Orientierung möglich	8
Rumlaufen entfällt/einer ist einfacher	2	Besserer Überblick über Schalterhalle	1
Nutzer steht im Weg, wenn die Lautsprecher in den Gängen angebracht sind	1	Bessere Ausrichtung möglich/Richtwirkung	9
		Eindeutigkeit /mit einem ist es zu schwierig	2
		Kürzere Ansagen	1

Fazit

Die gewählten Parameter (*TL5 RTB*, 200-8.000 Hz, 70(dB)) bezüglich der Sprachverständlichkeit der Ansagen und des Orientierungstons stellten sich als ausreichend heraus. Dies gilt vor allem unter der Voraussetzung einer Wiederholungsfunktion. Mit der RFID-Technik wird es auf Grund von Abschattungen der Funksignale durch die baulichen Gegebenheiten schwierig sein, den Orientierungston bereits starten zu lassen, wenn sich der Nutzer noch in einem Gang befindet. Ein Starten des Tons bei „Sichtkontakt“ ist ausreichend, da die baulichen Eigenschaften der meisten Haltestellen eine kanalisierende Wirkung aufweisen und den Nutzer somit zwingen in eine bestimmte Richtung (Großraum Schalterhalle) zu gehen. Geht man nun von einem bereits am Abgang zur Schalterhalle gegebenen Orientierungshinweis aus, wird es ausreichen, den Orientierungston im bereits jetzt technisch möglichen Abstand von circa 15 m starten zu lassen. Dies bedeutet wiederum, dass die Lautstärke des Tones zusätzlich herabgesetzt werden kann (beispielsweise 60 dB).

Das dezentrale Konzept (eine Akustik pro Ab- beziehungsweise Aufgang) eignet sich prinzipiell sowohl für einfache als auch komplexere Schalterhallen. Dabei stellt dieses Konzept nicht nur den Weg zum Bahnsteig, sondern auch den Weg zu bestimmten sowie, je nach Komplexität und Ausführung der Schalterhalle, zu allen Ausgängen sicher. Wichtig dabei ist, dass es einen Orientierungston gibt, welcher den Nutzer an einem recht zentralen Punkt sammelt, um somit ungefähr den gleichen Abstand zwischen Nutzer und den Lautsprechern sicherzustellen. Für den Fall, dass lange, verwinkelte Gänge zu mehreren Ab- beziehungsweise Aufgängen führen, ist dieses Konzept durch weitere Akustiken an den entsprechenden Entscheidungspunkten zu ergänzen .

Das zentrale Konzept versucht mit so wenig Technik wie möglich auszukommen. Es eignet sich maximal für Schalterhallen, die nur einen Abgang oder höchstens zwei Abgänge (direkt nebeneinander) zum Bahnsteig aufweisen. Voraussetzung dafür ist, dass lediglich der Weg zum Bahnsteig markiert werden soll. Der Versuch mit nur einer Akustik zusätzlich verschiedene Ausgänge zu beschreiben, wird für die meisten Nutzer nicht funktionieren. Optimaler Weise müssten die Nutzer auf Grund der baulichen Gegebenheiten gezwungen werden, sich dem Lautsprecher von vorn zu nähern. Dann wäre sichergestellt, dass sie sich richtig zum Lautsprecher ausrichten können.

II.1.12 HSU-4-1 Modellierung von Handlungsabläufen an RFID-gesteuerten Blindenampeln

In diesem AP wurden die Nutzeranforderungen an ampelgeregelten Kreuzungen in Abhängigkeit von Handlungszielen und Kontexten (z.B. mehrere Ampeln an einer Kreuzung, die separat „tocken“, geringe Distanz zwischen Ampeln, bauliche Besonderheiten wie vorgelagerte Zebrastreifen o.ä.) detailliert aufgenommen und in Form von Abläufen und Varianten dokumentiert.

Abbildung II-49 zeigt schematisch eine Kreuzung mit Mittelinsel, Rechtsabbiegerspur und Zebrastreifen. Damit sind alle relevanten baulichen Varianten enthalten, die den Orientierungsbedarf beeinflussen. Jeder Ampelmast ist mit einem Reader und eine Akustik ausgestattet.

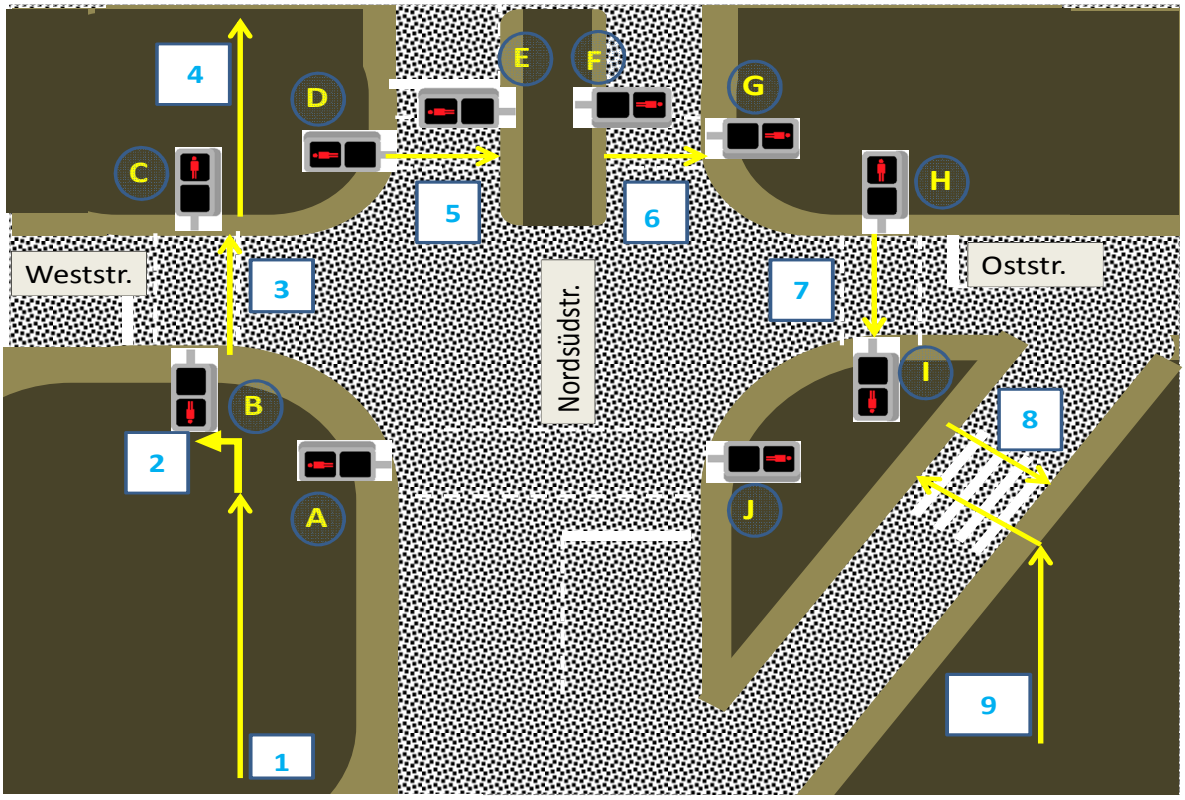


Abbildung II-49: Schema Kreuzung mit LSA mit Zusatzeinrichtung Bus-ID

Die jeweiligen für die Orientierung und Sicherheit des blinden Fußgängers optimalen Zusammenhänge zwischen den Handlungen eines Nutzers und den Systemzuständen von Ampel (Lichtsignalanlage) und Akustik werden in Tabelle II-36 beschrieben. Dabei wird unterschieden zwischen einem in der Lautstärke steigendem Orientierungston (OT↑), einem sinkendem Orientierungston OT ↓, einem Erfassungston (ErfT) der dem Nutzer zeigt, dass er erkannt wurde sowie dem Freigabesignal (FS) bei grün und Sprachansagen.

Tabelle II-36: Optimale Unterstützung an Lichtsignalanlagen mit Bus-ID

Weg Nr.	Handlung	Zustand LSA	Akustik
1	Person nähert sich A		OT A ↑, verzögert OT B ↑
	Person bleibt an A stehen	rot	ErfT, Sprachansage „Überquerung Nordsüdstraße
2	Person geht auf B zu und bleibt stehen		OT A ↓, OT B ↓, ErfT, Sprachansage "Überquerung Weststraße"
	Wartet auf Grün	rot	
3	Person überquert die Weststraße	grün	Fs B↑, FS C ↑, FS B ↓
		rot	OT C ↑
4	Person geht nach der Querung geradeaus weiter und verlässt die Kreuzung		OT C ↓, OT D ↑, OT D, ↓
5	Person hatte sich D genähert und wartet auf Grün	rot	OT D ↓, ErfT, Sprachansage „Überquerung Nordsüdstraße bis zur Mittelinsel"
5	Person quert die Nordsüdstraße bis zur Mittelinsel	grün	FS E ↑, FS G ↑, FS E ↓
	Person steht auf der Mittelinsel	rot	OT G ↑
6	Person verlässt die Mittel-insel und quert die Nordsüdstraße	grün	OT G ↓, FS G ↑
7	Person wartet an H	rot	OT H ↓, ErfT H, Ansage: „Überquerung der Oststraße auf eine Verkehrsinsel"
	Person überquert die Oststraße bis zur Verkehrsinsel	grün	FS H ↑, FS I ↑ FS H ↓

Weg Nr.	Handlung	Zustand LSA	Akustik
		rot	OT I ↑
8	Person überquert die Rechtsabbiegerspur weg von der Verkehrsinsel		*Könnte nur mit einer zusätzlichen Akustik unterstützt werden, die einen (evtl. andersartigen) OT sendet, ggf. auf Anforderung durch die Person wenn sie die Verkehrsinsel erreicht hat*
9	Person überquert die Rechtsabbiegerspur auf die Verkehrsinsel		Könnte nur mit einer zusätzlichen Akustik unterstützt werden, Vorschläge zur Diskussion (Sprachansagen machen nur auf der Seite Sinn, auf der die Person steht, in anderen Fällen sind sie vermutlich nicht zur verstehen) a) Nur einen OT b) Sprachlicher Hinweis auf die unbeampelte Querung c) J und I senden andersartige OT

II.1.13 HSU-4-2 Konzeption, Aufbau und Durchführung eines Feldtests

Der Feldtest zum Thema „Orientierung blinder und sehbehinderter an Lichtsignalanlagen“ fand am 09.07. und 10.07.2014 an der Kreuzung „Moosrosenweg / Bramfelder Chaussee“ in Hamburg mit insgesamt 23 Testteilnehmern statt.

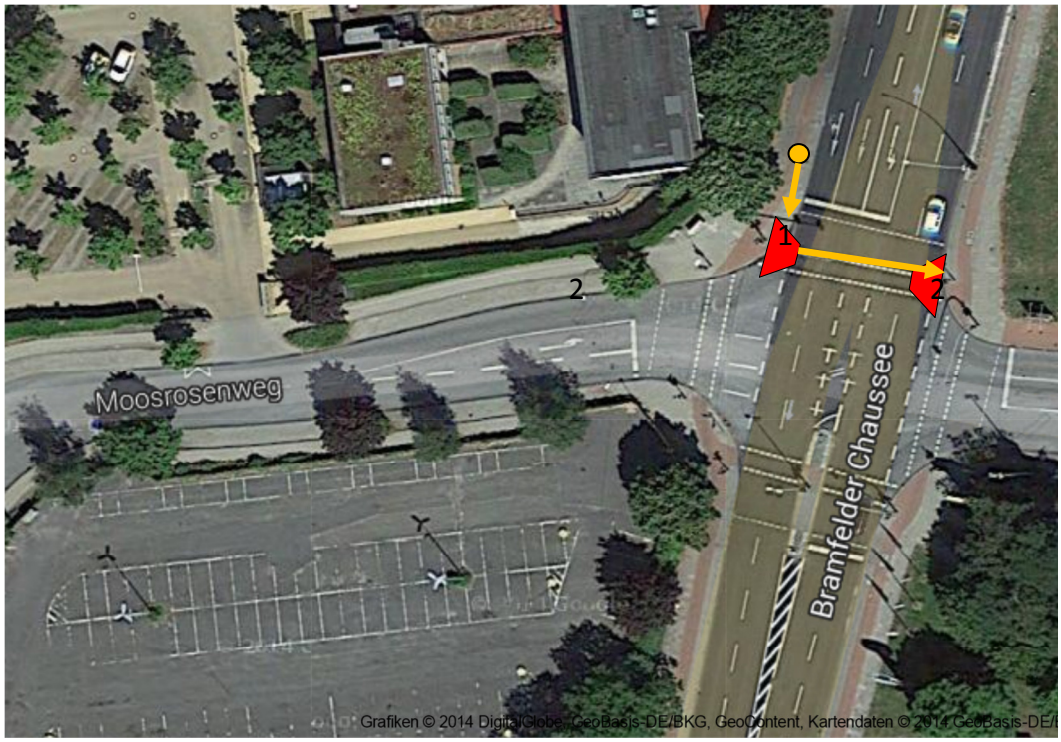


Abbildung II-50: Kreuzung Feldtest Lichtsignalanlagen mit Wegeskizze

Abbildung II-51: Kreuzung Feldtest Lichtsignalanlagen –Blick in Gehrichtung

Überquert wurde die vierspurige, stark befahrende Bramfelder Chaussee (s. Abbildung II-50 und Abbildung II-51). Die Kreuzung ist bereits mit einer akustischen Zusatzanlage für blinde und sehbehinderte Menschen ausgestattet. Für den Feldversuch wurde am Ampelmast 2 auf der gegenüberliegenden Straßenseite ein Reader montiert und die Lautstärkeregulierung verändert (s. unten). Die Testteilnehmer wurden mit einem Transponder ausgestattet, den sie am Handgelenk trugen. Insgesamt gab es 3 Testdurchgänge, wobei beim ersten und zweiten Mal die Straße überquert werden musste. Im dritten Durchgang wurde nur eine Sprachansage mit vorangestelltem Gong ausgelöst, die beurteilt werden sollte. Der Startpunkt war in allen drei Fällen identisch. Er lag ca. 15 m nördlich von der Kreuzung. Von dort gingen die Teilnehmer so weit bis sie die erste Ampel erkannt hatten. Wenn sie dort länger als 10 sec stehen blieben, ertönte ein Erfassungssignal. Die Testpersonen forderten selbst die Freigabe (Grün) an, in dem sie den Taster bedienten.

Im ersten Durchgang waren beide Akustiken in der „Hamburger Grundeinstellung“, d. h. die Mindestlautstärke des Orientierungstons lag bei 55 dB(A) und das Maximum der umgebungsabhängigen Lautstärkeanhebung bei 75 dB(A). Der Minimalwert des Freigabetons betrug 80 dB(A), der Maximalwert 90 dB(A).

Im zweiten Durchgang lagen die Werte des Orientierungstons auf der Zielseite deutlich lauter zwischen minimal 85 dB(A) und maximal 90 dB(A). Der Freigabeton bewegte sich ebenfalls in diesen Grenzen. Das Freigabesignal wurde nur an der Startseite ausgestrahlt, so dass der Orientierungston auf der Zielseite das einzige akustische Orientierungssignal war, auf das man sich zu bewegen konnte. In der weitaus größten Zahl der Fälle war die Grünphase ohnehin so kurz, dass der Freigabeton schon erlosch, während die Teilnehmer noch auf dem Fahrdamm waren.

Die Sprachansage **im dritten Testlauf** lautete „Überquerung der Bramfelder Chaussee ohne Mittelinsel“. Die Lautstärke dieser Sprachansage war ebenfalls umgebungsabhängig geregelt bis maximal 90 dB(A). Allerdings war es technisch noch nicht möglich, den Pegel hoch zu regeln, wenn der Ansage gestartet war. D. h. wenn im Laufe der Ansage der Umgebungspegel plötzlich stieg blieb die Ansage trotzdem auf ihrem Startpegel.

Jede Straßenüberquerung wurde beobachtet und in einer Skizze protokolliert. Im Anschluss wurden die Testteilnehmer um die Bewertung der jeweiligen Situation gebeten.

<u>Ergebnisse</u>

An den Feldtests nahmen insgesamt 22 blinde oder sehbehinderte Testpersonen teil. Eine der Personen hatte ein für den Feldversuch zu hohes Restsehvermögen, so dass die Ergebnisse nicht verwendet werden konnten. Die Stichprobenzahl N reduzierte sich insofern auf 21. Die Kreuzungsanlage war nur 3 Teilnehmern vertraut bzw. etwas vertraut.

Tabelle II-37 zeigt die Zusammenfassung der Beobachtungen in den ersten beiden Durchläufen bei der Überquerung des Fahrdamms. Dazu wurden vier Kategorien gebildet:

1. ein Abbruch oder aktive Hilfe durch die Testleiter war erforderlich, z. B. weil die Teilnehmer darum gebeten hatten oder weil eine Gefährdung durch den Autoverkehr vorlag,
2. die Teilnehmer liefen nicht gerade, sondern z.B. gebogen, schräg oder im Zickzack,

3. die Testteilnehmer wirkten ängstlich oder unsicher, z. B. weil sie beim Losgehen zögerten, Suchbewegungen machten, auffällig schnell oder langsam gingen oder sich spontan verbal entsprechend äußerten und
4. Schwierigkeiten waren nicht erkennbar.

Tabelle II-37: Ergebnisse der Beobachtungen Feldversuche Lichtsignalanlagen

Beobachtungskategorie	Erster Durchg. (N)	Zweiter Durchg. (N)[1]
1. Hilfe oder Abbruch nötig	1	1
2. Ungerader Wegverlauf	4	3
3. Erkennbar ängstlich oder unsicher	5	4
4. Keine erkennbaren Schwierigkeiten	12	13

[1]Eine fehlende Angabe.

Im Vergleich der beiden Durchgänge konnten keine bedeutsamen Unterschiede beobachtet werden. Mehr als die Hälfte aller Teilnehmer hatte in beiden Durchgängen keine von außen beobachtbaren Probleme. In fast allen Fällen handelte es sich um dieselben Personen, die entweder ohne sichtbare Schwierigkeiten die Straße querten, oder die zu den Gruppen gehörten, die entweder ängstlich wirkten oder nicht gerade liefen.

Deutlich anders sieht es aus, wenn man die subjektiven Bewertungen der Teilnehmer betrachtet. Die Teilnehmer wurden nach dem ersten Durchgang befragt, welche Schulnote sie der Ortung des ersten Ampelmastes und der Leitung über die Straße geben würden. Da die Lautstärkeregelung am ersten Ampelmast unverändert blieb bewerteten die Teilnehmer im zweiten Durchgang nur die Leitung über die Straße. In Tabelle II-38 sind die Mittelwerte (MW) und Streuungen (StAbw) angegeben.

Tabelle II-38: Bewertung der Ortung des Startmastes und der Leitung über die Straße in Schulnoten

	MW	StAbw
Orientierungston erster Durchgang (55 – 75 dB(A))	2,7	1,3
Leitung über die Straße erster Durchgang	3,3	1,7
Leitung über die Straße zweiter Durchgang (85 – 90 dB(A))	1,8	0,8

Die Zahlen zeigen ein eindeutiges Ergebnis zur positiven Wirkung der angehobenen Lautstärke auf der Zielseite. Dies Ergebnis wird auch davon gestützt, dass die Teilnehmer nach dem ersten Durchgang auf die Frage, was man verbessern könnte, sehr häufig (16 von 22

Personen) ein lauteres akustisches Signal auf der Zielseite benannten, während nach dem zweiten Durchgang keiner der Teilnehmer mehr eine Lautstärkenanhebung auf der Zielseite wünschte. 11 Personen hatten gar keine Verbesserungsvorschläge mehr. Die übrigen schlugen eine Verlängerung der Grünphase, den Freigabeton auf der Zielseite statt des Orientierungstons oder andere speziellen Veränderungen vor, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Die Wirkung der Lautstärkeanhebung wird auch daran deutlich, dass nur 2 von 21 Befragten die Anhebung nicht bemerkt haben. Abschließend gibt die Abbildung II-52 die Antworten auf die Frage wieder, ob die angehobene Lautstärke auf der Zielseite eine Hilfe war.

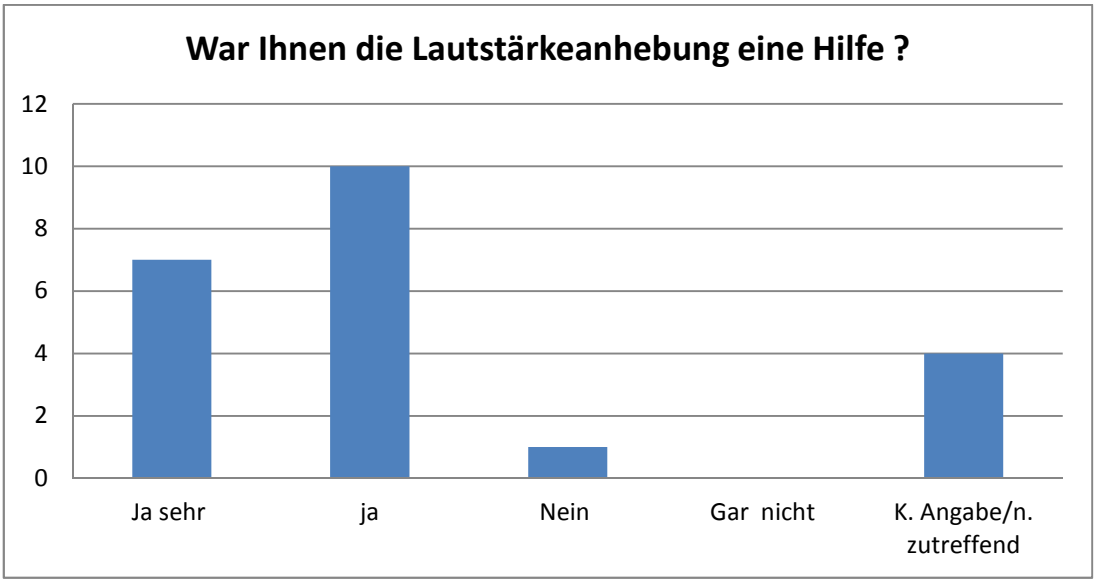


Abbildung II-52: Hilfe durch Lautstärkeanhebung

Die Sprachansage „Überquerung der Bramfelder Chaussee ohne Mittelinsel“ enthielt zum einen den Straßennamen als Orientierungshilfe und zum anderen den Warnhinweis, dass es keine Mittelinsel gibt, auf der man sich ausruhen oder die man als Hinweis werten kann, dass man die Mitte des Fahrdamms erreicht hat. Die Teilnehmer bewerteten diese beiden Komponenten der Ansage getrennt voneinander. Die Ergebnisse sind in Tabelle II-39 dargestellt. Es zeigte sich, dass beide Teile durchweg positiv aufgenommen wurden.

Außer möglichen automatischen Hinweisen könnte man mit Bus-ID auch optionale Ansagen realisieren, die sich per Knopfdruck auf dem Bediengerät auslösen ließen. Die Testteilnehmer wurden hierzu frei befragt, ob und welche Informationen sie abrufen würden. Die drei häufigsten Nennungen waren:

a) Einkaufsgelegenheiten
b) Behörden und andere öffentliche Einrichtungen
c) Haltestellen des ÖPNVs.

Immerhin 5 der Befragten gaben an, gar keine zusätzlichen Informationen zu wünschen.

Tabelle II-39: Bewertung der Ansage an der Lichtsignalanlage

Ist die Ansage nützlich?		
	Straßenname	**Mittelinsel**
Ja sehr	9	6
Ja		
Nein	2	2
Gar nicht	0	0
Im Gegenteil, das lenkt ab	0	0

Die Testpersonen wurden außerdem befragt, ob sie auch Hinweise auf eine mögliche Bushaltestelle in der Straßenmitte, auf Straßenbahnschienen oder ein Hindernis auf der anderen Straßenseite wünschen würden. Außerdem konnten sie noch frei weitere Hinweise benennen, die automatisch mit angesagt werden sollten. Die beiden häufigsten Vorschläge bezogen sich auf Angaben zur Form der Kreuzung (T-, X- oder Y-Form) und zur Anzahl der Spuren, die zu überqueren sind. Eine Übersicht über die Ergebnisse gibt Abbildung II-53. Die weiteren Einzelvorschläge werden hier aus Platzgründen nicht dargestellt.

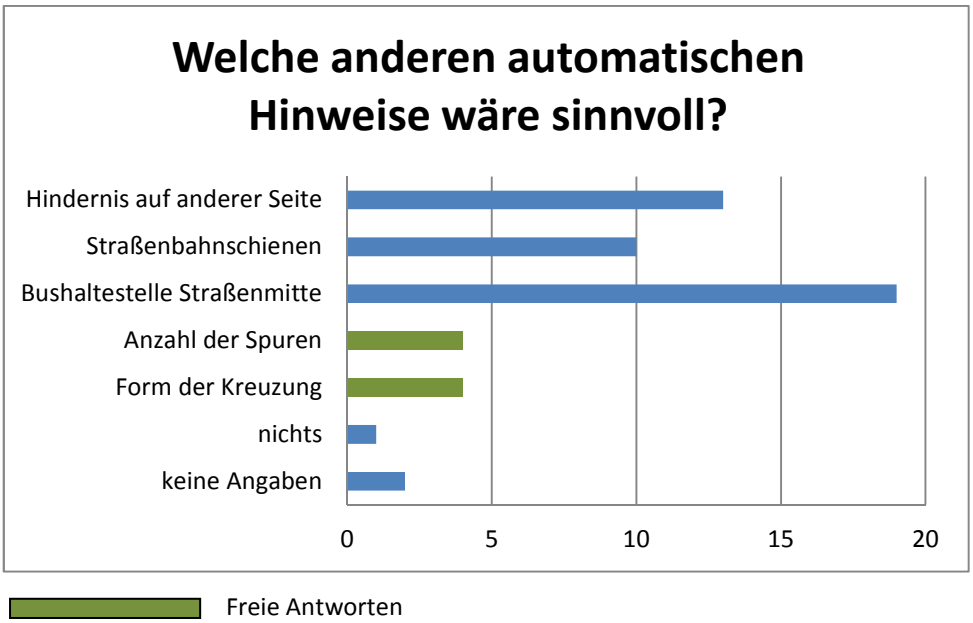


Abbildung II-53: Gewünschte weitere automatische Hinweise an Lichtsignalanlagen

Zum Abschluss des Feldversuchs gaben die Testteilnehmer noch ein Gesamturteil ab, bezogen auf die getestete Ampel mit erhöhter Lautstärke auf der gegenüberliegenden Straßenseite im Gegensatz zu Ampeln ohne erhöhte Lautstärke. Die Resultate sind eindeutig und positiv: Von 20 Teilnehmern gaben 16 an, dass Ihnen die getestete Anlage „deutlich besser“ gefällt, 4 weitere Personen gefiel sie „eher besser“.

II.2 Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse

Das Ziel des Forschungsvorhabens war es, die in der ersten Förderphase in Bus-ID I erarbeiteten Resultate aufzugreifen und die Arbeiten fortzusetzen. Die Forschungsergebnisse zeigten noch Bedarf an Methoden, Funksignale verlässlich reproduzierbar in eng definierten Reichweiten zu detektieren. Die Schwankungen in der örtlichen Lokalisierung und Erfassung der Signale des Transponders waren erheblich und konnten die Tauglichkeit im Alltag signifikant beeinträchtigen. Eine zuverlässige Erkennung der RFID-Transponder in einer durch die Anwendung vorgegebenen Entfernung ist eine Voraussetzung für einen gebrauchstauglichen Einsatz dieser Technologie im geplanten Kontext der Unterstützung blinder und sehbehinderter Personen. Sie ist darüber hinaus von grundsätzlicher Bedeutung für RFID-basierte Lokalisierung von Personen und Objekten. Der zweite Schwerpunkt des vorliegenden Forschungsvorhabens lag darin, weitere Nutzungsszenarien zu entwerfen und dafür Prinziplösungen zu erforschen und als Funktionsmuster zu realisieren. Je umfangreicher das Assistenzangebot für den Nutzer ist und je benutzerfreundlicher es gestaltet ist, desto höher ist die anzunehmende Akzeptanz bei der Zielgruppe. Zugleich erhöht ein breiteres Einsatzfeld auch die Attraktivität des Systems für die Betreiber, die mit einer Basistechnologie unterschiedliche Serviceleistungen realisieren können.

Die durchgeführten Arbeiten belegen, dass mit RFID-Technologie ein umfassendes Orientierungssystem für blinde und sehbehinderte Menschen im öffentlichen Raum und im öffentlichen Nahverkehr geschaffen werden kann. Nach wie vor muss der Benutzer nur einen Transponder bei sich tragen und kann bei Annäherung an einen Reader verschiedene Assistenzfunktionen auslösen. Die erfolgte Neugestaltung des Benutzergerätes erweitert die Interaktionsmöglichkeiten mit dem System, ohne kognitiv zu belasten und steigert die Sicherheit und den Komfort im Alltag im öffentlichen Raum. Umfangreiche Evaluationen belegen, dass

a) mit Bus-ID Lichtsignalanlagen mit akustischen Zusatzeinrichtungen problemlos erkannt werden und die Sicherheit beim Überqueren von Kreuzungen deutlich erhöht werden kann.
b) die Orientierung in komplexen Verkehrsanlagen (Busbahnhöfe, Schalterhallen von Schnellbahnen, unterirdische Verkehrsanlagen) deutlich erleichtert und für viele Sehbehinderte und Blinde die Benutzung dieser Verkehrsknotenpunkte dadurch überhaupt erst möglich wird.
c) Informationsangebote durch die Anbindung an dynamische Fahrgastinformationssysteme erheblich verbessert und dem Angebot für sehende Menschen gleichgestellt werden können.

Für die Betreiber (Kommunen und Verkehrsunternehmen) hat Bus-ID den Vorteil, dass es sich um ein modulares, skalierbares System handelt, dass den jeweiligen Bedarfen angepasst und stufenweise eingeführt werden kann. Die Betreiber können damit nicht nur gesetzliche Auflagen (§ 8 BGG 2006: „Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen“, §8 PbfG 2013: Personenbeförderungsgesetz) zur Barrierefreiheit für blinde und sehbehinderte sowie für andere Behindertengruppen erfüllen, sondern mit derselben technologischen Basis Angebote für andere Zielgruppen (Touristen, Ältere Menschen, Kindergartengruppen) ermöglichen.

II.3 Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem FE-Gebiet

Während der Durchführung von Bus-ID II wurde vor allem der Fortschritt in vier Forschungs- und Entwicklungsprojekten bekannt, die sich mit der Orientierung im öffentlichen Raum und in öffentlichen Verkehrsanlagen befassen.

Das Projekt InMoBS (**In**nerstädtische **Mo**bilitätsunterstützung für **B**linde und **S**ehbehinderte, www.inmobs.de) wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Mit Hilfe eines mobilen Endgeräts sollen Blinde und Sehbehinderte diese Kreuzungen mit LSA einfacher und sicherer überqueren können. Infrastrukturkomponenten liefern per WLAN Informationen an das mobile Endgerät, welches durch eine geeignete Mensch-Maschine-Interaktion bei der Überquerung unterstützt. Damit ergibt sich aber auch ein erweiterter Raum für die Mobilität insgesamt. Entsprechend wird auch die Unterstützung der Blinden und Sehbehinderten während des gesamten Weges berücksichtigt, wobei vorhandene Anwendungen soweit möglich integriert werden. InMoBS befasst sich neben der Entwicklung des Endgerätes auch mit einer Routenplanungssoftware, mit deren Hilfe bereits im Vorfeld von zu Hause aus eine Route erstellt werden kann. Die Software muss vielfältige Funktionalitäten zur individuellen Gestaltung und Anpassung der Routen und der zugrundeliegenden digitalen Karten bieten. So soll es möglich sein, zusätzliche Orte oder Orientierungshilfen in die Karten einzufügen, um weitere interessante Punkte bei der Routengestaltung und bei der späteren Führung zu nutzen. Die beiden wesentlichen Unterschiede zwischen InMoBS und Bus-ID liegen in der zugrundeliegenden Technologie (WLAN versus RFID) und dem generellen Orientierungskonzept. InMoBS arbeitet wie ein Navigationssystem mit Karten, Routingalgorithmen und akustischen Richtungsanweisungen für den Benutzer, wo er sein Ziel finden kann. Bus-ID nutzt die vorhandene bauliche und technische Infrastruktur, erweitert diese um RFID-Komponenten und die Orientierung erfolgt vorrangig über das Richtungshören.

Hinter dem schon vor Beginn der eigenen Forschungsaktivitäten bekannten Projekt, "NAV4BLIND - Navigation für blinde und stark sehbehinderte Menschen" (www.nav4blind.de), das heute gleichzeitig eine Dachinitiative für viele weitere Projekte ist, steckt die Idee, die Zielgruppe mittels satellitengestützter und zentimetergenauer Navigation und zusätzlichen topographischen Geodaten sicher über Gehwege und sonstige begehbare Wege zu führen. Eines der mittlerweile realisierten Praxisprojekte ist „Bus verbindet – Einfach Mobil mit den I-Phone“. Alle Busse im Kreis Soest werden mit dem von der Firma GeoMobile entwickelten Hardware-Modul BusIdent ausgestattet. Dieses liefert Informationen über alle beteiligten Busse im Umkreis von 100 m ohne Entfernungsauflösung an die iPhone App Soester BusGuide für eine barrierearme Nutzung des ÖPNV. Zusätzlich kann das System (via Bluetooth 4.0) mit den Bussen interagieren (Einstiegswunsch abgeben / Zwischenzielanzeiger auslesen). Zukünftig werden auch Android-Geräte und ggf. Bluetooth Handgeräte unterstützt. Mit diesem Projekt wurde Kontakt aufgenommen und Erfahrungen ausgetauscht. Ein entscheidender Vorteil von Bus-ID ist die genaue Lokalisation von Fahrzeug und blinder Person an der Haltestelle. Hier können Orientierungshilfen viel punktgenauer und schneller vermittelt und in Handlungen umgesetzt werden.

Das Projekt m4guide (www.m4guide.de) dient der Entwicklung und praktische Erprobung einer Smartphone-Navigation als durchgängiges personalisiertes Reiseinformations- und

Zielführungssystem für "Jedermann", das auch von blinden und sehbehinderten Menschen in Städten genutzt werden kann. Es wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie mit einer Projektlaufzeit von Dezember 2012 bis November 2015. M4guide strebt ein integriertes Kommunikations- und Navigationssystem an, von dem der Nutzer durchgehend von Tür zu Tür geführt wird. Wer dieses System nutzt, kann sich eine multi-modale Route, d.h. sowohl für öffentliche Verkehrsmittel als auch für Fußwege, von einem Smartphone ermitteln lassen und mit diesem navigieren. Technisch basiert m4guide auf GPS, digitalen Katasterdaten, einem speziellen Routingverfahren und Schnittstellen zum Smartphone einerseits und zu Fahrgastinformationssystemen der Verkehrsunternehmen andererseits. Anders als RFID verwendet es ein teures und komplexes Benutzergerät (das Smartphone) und beruht wie InMoBS auf dem Konzept der Navigation mit verbalen Richtungsanweisungen. Zum Forschungskonsortium von M4Guide bestand über den gemeinsamen Projektpartner DBSV ein regelmäßiger Erfahrungsaustausch.

Vergleichbar mit M4Guide und InMoBS schreitet in Österreich das bereits vor Beginn von Bus-ID II bekannte Forschungs- und Praxisprojekt way4all voran (www.ways4all.at), das im Outdoor-Bereich ebenfalls auf GPS beruht, aber ein eigenes Endgerät entwickelt und im Indoor-Bereich die bekannten Nachteile von GPS durch den Einsatz von passiver RFID-Technik kompensieren will. Dazu werden in Verkehrsanlagen flächendeckend RFID Transponder verlegt, die mittels eines im Schuh des Benutzers installierten Readers erkannt werden können. Damit wird der grundsätzlich mögliche umgekehrte Ansatz gewählt, der dem Benutzer die teureren und wartungsintensiveren Komponenten zuordnet.

II.4 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des FE- Ergebnisses nach § 11

Folgende Beiträge sind im Laufe des Projektes veröffentlicht worden:

1. R. Meister, A. Fay, D. Cory, C. Ehring: Bus-ID: Orientierung für Blinde an der Haltestelle. In: atp edition 7-8/2013, S. 36-43.
2. R. Meister et al.: RFID-basierte Unterstützung der Mobilität blinder und sehbehinderter Menschen im öffentlichen Raum - *Supported Mobillity for Blind and Low Vision Persons based on RFID*. Tagungsband AUTOMATION, Baden Baden, 2013.
3. Fay, R. Meister, C. Vogel: RFID-Lokalisierung zur Unterstützung von blinden und sehbehinderten Verkehrsteilnehmern. Anwender-Workshop, Braunschweig, 28./29.05.2013.http://www.hsu-hh.de/aut/index_GIUGkxAFtBDke1FZ.html
4. R. Meister et al.: RFID Technology eases Access to various Means of Transportation for Blind and Low Vision Persons, TAR 2013: Conference Band, Berlin, 14.03.2013.
5. RTB GmbH & Co. KG: Forschung für Mobilität "RFID-Technik kann für mehr Sicherheit im Straßenverkehr sorgen". In: Verkehrsmagazin Ampel Nachrichten No 60, S. 4-5, Bad Lippspringe, Winter 2011/2012. http://www.hsu-hh.de/aut/index_xNVDWyfSmf7D7S7F.html
6. R.Meister: Bus-ID: Unterstützung im öffentlichen Raum mittel RFID. In: Das Soester Modell "Neue Wege für und mit dem Tourismus auch für blinde und sehbehinderte Menschen", Soest, 18. Januar 2012. http://www.hsu-hh.de/aut/index_Dg7vWCIsUx45ZYcb.html