

im Verbundgebiet in der OSM-Datenbasis erfasst werden.

Um Routing und Navigation auch für mobilitätseingeschränkte Personen zu ermöglichen, wurden die verschiedenen Wegelemente wie begehbbare Flächen, Treppen, Rolltreppen und Aufzüge erfasst.

München hat viele komplexe Verkehrsbawerke, die teils bis zu fünf Stockwerke unter die Erde gehen und ein wahres Labyrinth bilden. Die Wegeführung durch diese „Unterwelt“ wird noch komplizierter, wenn ein barrierefreier Umstieg nötig ist. Ein Beispiel: In drei großen Münchener Bauwerken – Hauptbahnhof, Karlsplatz und Marienplatz – gilt beim Umsteigen die spanische Lösung: Ausstieg in Fahrtrichtung rechts, während von links gleichzeitig zugezogen wird. Benötigt man aber einen Lift, erfolgt der Ausstieg ebenfalls links. Für die Datenmodellierung ist dies eine echte Herausforderung.

Die OSM-Daten allein bilden noch kein routingfähiges Knoten-Kanten-Modell, das alle Anforderungen insbesondere an das Indoor-Routing abdeckt. Um ein solches zu erhalten, wurde ein Importverfahren erstellt, das auch die Umrechnung der Modellierung bewerkstelligt. Der Import ist sehr aufwändig, da eine Reihe von verschiedenen Methoden zur Modellierung berücksichtigt werden müssen, die in OSM zulässig sind. Es können nun integrierte Wege von der Haustür bis zum Bahnsteig auch über mehrere Ebenen berechnet werden, auf Wunsch sogar barrierefrei.

Um dem Kunden eine Wegebeschreibung ausgeben zu können, bedarf es Abbiegeanweisungen (Turn-by-Turn-Instructions). Diese werden aus den gerouteten Daten ermittelt, wobei innerhalb von Bauwerken die Wegelemente nach Ebenen zusammengefasst werden. Auf Fußgängerflächen lassen sich jedoch Richtungen nur sehr grob angeben. Deshalb werden die Wegeanweisungen innerhalb und im Umfeld von Umsteigebauwerken um die wichtigsten Schilder ergänzt, damit der Nutzer sich orientieren kann.

Das Testfeld Mitte wählte einen anderen Ansatz für die Modellierung von Umsteigebauwerken, um auf einem qualitativ hochwertigen Datenbestand zur Barrierefreiheit aufbauen zu können (Forschungsvorhaben BAIM und BAIMplus) und diesen nicht vollständig in einem anderen System neu erfassen zu müssen. Zu



Zum Autor

Dipl.-Ing. Olaf Czogalla absolvierte ein Studium der Automatisierungstechnik und Technischen Kybernetik an der Technischen Hochschule Leipzig. Er war Mitbegründer des Institutes für Automation und Kommunikation Magdeburg, in dem er bis heute als Senior Engineer wirkt. Zu seinen gegenwärtigen Forschungsinteressen zählen die makroskopische und mikroskopische Modellierung des ÖV und IV sowie die Indoor Ortung und Navigation im öffentlichen Verkehr.



Zum Autor

Dipl.-Geoinf. Henry Michels (30) ist seit 2013 bei der IVU im Bereich Logistik tätig. Zu seinem Aufgabenbereich gehören die fachliche und technische Leitung aller Forschungsvorhaben sowie Tätigkeiten innerhalb der Geschäftsentwicklung. In DYNAMO betreut er die Themen Routing und Navigation.



Zum Autor

Dipl.-Math. oec. Daniel Schmidt (37) arbeitet seit 2012 bei der HaCon Ingenieurgesellschaft mbH in der Forschungs- und Entwicklungsabteilung. Dort arbeitet er als Projektleiter für nationale und internationale Forschungsprojekte und entwickelt die Mobilitätsplattform HAFAS weiter.



Zur Autorin

Dipl.-Geogr., M.Eng. Martina Stegemann (44) leitet seit 2011 das Themenfeld Datenmanagement der Rhein-Main-Verkehrsverbund Servicegesellschaft mbH (rms). Dort ist sie zuständig für die Themen Datenmanagement und Fahrgastinformation im ÖPNV – insbesondere Echtzeitdaten und Echtzeitinformationssysteme. Sie ist Gesamtprojektleiterin im Konsortium des Forschungsprojektes DYNAMO.



Zur Autorin

M.Sc. Anja Wiegand (27) ist seit 2013 bei Mentz GmbH als Projektingenieurin im Support angestellt. Neben der Kundenbetreuung arbeitet sie auch in diversen Forschungsprojekten mit. Unter anderem ist sie in dem Forschungsprojekt DYNAMO tätig und seit Projektbeginn als Ansprechpartnerin dabei. Von 2007 bis 2013 studierte sie Geodäsie und Geoinformation an der TU München.

diesem Zweck wurde das Umsteigebauwerk-Modul des Systems IVU.pool der IVU Traffic Technologies AG um diverse Funktionen erweitert. Diese beinhalten unter anderem eine mastscharfe Modellierung von Umsteigebauwerken mittels Knoten und Kanten auf der Basis geographischer Grundlagen oder schematischer Pläne. Den Kanten können neben Kategorisierungen der Wegelemente (niveaugleich,

Rampe, Treppe, Rolltreppe, Aufzug) auch Attribute zur Barrierefreiheit hinzugefügt werden sowie beispielsweise Öffnungszeiten. Die Kanten verknüpfen die Knoten entweder als direkte Luftlinienverbindung („logische Wege“) oder folgen optional dem tatsächlichen Wegeverlauf im Gebäude unter Berücksichtigung von Hindernissen („Realgraph“). Darüber hinaus ist es möglich, eine Turn-by-Turn-Beschreibung



Abb. 2: Darstellung der Information im Testfeld Mitte für den ÖPV (oben) beziehungsweise den Individualverkehr (unten).

anzulegen sowie Bilder für eine Bildernavigation zuzuordnen. Durch die Versionierung von Bauwerken können auch Umbaumaßnahmen abgebildet werden.

Um eine künftige Datenbereitstellung für OSM zu ermöglichen, wurde das von mdv entwickelte Exportformat ebenfalls umgesetzt. Ein Datenaustausch von Umsteigebauwerken zwischen DIVA und IVU.pool wird im Projekt DELFIplus [2] über die DINO- und ISA-Schnittstelle realisiert.

Darstellung der Wege

In beiden Testfeldern können die Wege somit auf zwei unterschiedliche Arten dargestellt werden: Entweder werden sie auf nach Ebenen getrennten Karten eingezeichnet (siehe Abb. 3, Screenshot „Gehen“) oder als Folge von Abbiegeanweisungen in einer Liste dargestellt beziehungsweise vorgelesen.

Das Testfeld Mitte sieht dies auf Basis von schematischen Lageplänen vor. Das Testfeld

Süd verwendet als Basis für die Karten die OSM-Modellierungen. Da hier die Datenmenge deutlich umfangreicher ist, musste eine Kartentechnik gefunden werden, die sowohl für die Darstellung auf großen als auch kleinen Monitoren (wie einem Smartphone) geeignet ist. Die Wahl fiel auf einen Web-Service, der für die hohen Zoomstufen Vektorkacheln bereitstellt, die dann auf dem jeweiligen Endgerät dargestellt werden.

Architektur Zielführung

Im Testfeld Süd wurde ein gemeinsames Netz in OSM für Wege in Gebäuden und Outdoor umgesetzt, das ein barrierefreies Routing auch in der Umgebung von Haltestellen ermöglicht – durch die Modellierung eigener Fußwegekanten an Straßen sowie die Erfassung von Lichtsignalanlagen oder Zebrastreifen als sichere Querungsstellen. Im Testfeld Mitte hingegen mussten vier verschiedene Zielführungskomponenten nahtlos integriert werden: für den ÖPV und das Indoor-Routing (HaCon Ingenieurgesellschaft mbH), für das Outdoor-Routing und die Outdoor-Navigation (IVU) sowie für die Indoor-Navigation (Institut für Automation und Kommunikation (ifak)).

Zusätzlich wurde die Orchestrierungskomponente „Globale Zielführung“ entwickelt: Sie stellt anhand der aktuellen Route und Posi-

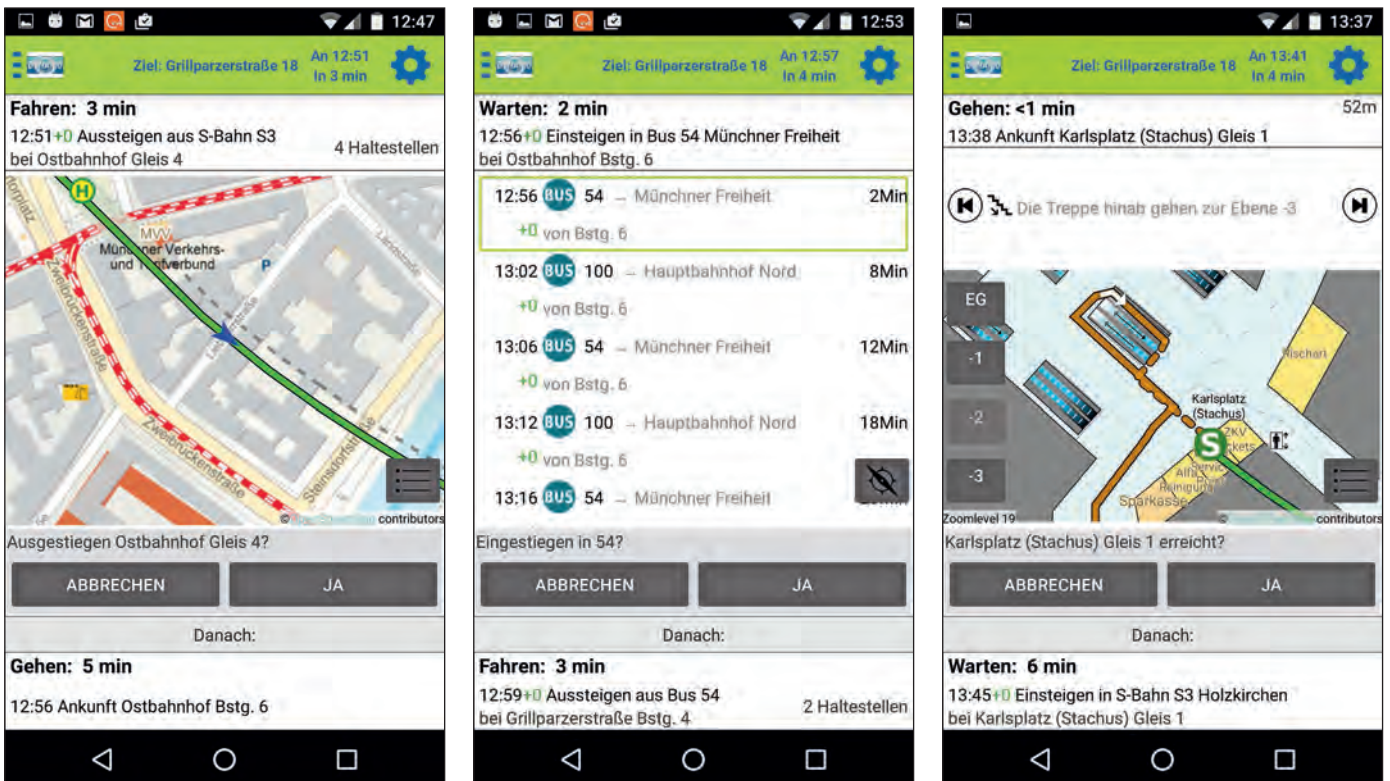


Abb. 3: Darstellung der Information im Testfeld Süd für die Reiseabschnitte „Fahren“, „Warten“ und „Gehen“.

tion sowie der in der Verbindungsauskunft hinterlegten Soll- und Prognosedaten fest, welche Zielführungskomponente dem Nutzer aktuelle Informationen zur Verfügung stellen kann und aktiviert diese.

Die Kommunikation zwischen den Zielführungskomponenten und der globalen Zielführung erfolgt mittels eines Application Programming Interfaces (API), der „Zielführungs-API“ (Abb. 1). Diese ermöglicht eine einfache Integration von Navigations-Bibliotheken sowohl in bestehende als auch in neu entstehende mobile Applikationen. Die API definiert eine asynchrone Schnittstelle, damit alle relevanten Informationen (zum Beispiel die aktuelle Position oder die benötigte Zeit zum Ziel) zwischen der zentralen Komponente, die die grafische Benutzerschnittstelle beinhaltet, und der Zielführungs-Bibliothek ausgetauscht werden können. Die globale Zielführung kann somit sämtliche visuellen, haptischen und akustischen Ausgaben je nach Kontext und Anwendungsfall spezifisch steuern und wiedergeben.

Diese Zielführungs-API wurde im Projekt m4guide [3], das ebenfalls im Rahmen der Forschungsinitiative „Von Tür zu Tür“ gefördert wird, beschrieben und im Projekt DYNAMO entsprechend den Anforderungen weiterentwickelt. DYNAMO verwendet diese Zielführungs-API auch in der Zielführungskomponente des ifak für die Indoor-Navigation.

Vorschaufunktion

In beiden Testfeldern werden zwei verschiedene Zielführungsarten unterschieden: die passive „Vorschaufunktion“, die durch den Nutzer gesteuert wird, und die aktive „Navigation“, die den Nutzer während der Reise automatisch unterstützt.

Mit Hilfe der jederzeit aktivierbaren Vorschaufunktion kann sich der Nutzer über alle Fahrtabschnitte informieren. Diese Funktion simuliert den Reiseablauf. Nach Aktivierung der Kartenübersicht und als Bestandteil der Navigation werden im unteren beziehungsweise oberen Bereich der Karte zusätzliche Details zu den einzelnen Fahrtabschnitten angezeigt. Die in den Abbildungen 2 und 3 gezeigten Informationen werden sehr kompakt dargestellt.

Navigation und Alarme in der Reisebegleitung

Neben der passiven Vorschaufunktion wurden für DYNAMO aktive Funktionen entwi-

ckelt, die den Nutzer unterstützen. Zusätzlich zur automatischen Benachrichtigung über Veränderungen auf der Reisekette kann der Nutzer sich über wichtige Ereignisse informieren lassen – zum Beispiel, wann er aufbrechen muss, um rechtzeitig an der Bushaltestelle zu sein, oder wann der nächste Umstieg ansteht. Für diese Erweiterungen der so genannten Schutzengelfunktionen kann der Nutzer auf Basis der geplanten Route Alarmer einrichten.

Die Navigation informiert den Nutzer kontinuierlich über seinen Standort, sofern eine Ortung möglich ist. Der Standort wird ebenso wie die Bewegungsrichtung in der Karte angezeigt. Ist beispielsweise im unterirdischen Bereich keine Ortung möglich, kann nur die Position angezeigt werden, die sich für die geplante Fahrt aus der Echtzeitinformation ergibt. Gibt es keine Echtzeitinformation oder hat das Smartphone keine Netzverbindung,

so ist die einzige Möglichkeit, einen aktuellen Ort anzugeben, das Fortschreiben der Position über die Zeit basierend auf der letzten bekannten Position und dem geplanten Verlauf.

Auch dem aufmerksamsten Verkehrsteilnehmer kann es passieren, dass er versehentlich in das falsche ÖPV-Fahrzeug einsteigt. Um den Nutzer auch in dieser Situation unterstützen zu können, wird seine aktuelle Position (beziehungsweise die Position seines Smartphones) regelmäßig mit der zu erwartenden Position auf der aktuellen Route verglichen. Bei der Berechnung des wahrscheinlichen Aufenthaltskorridors werden neben der geplanten Route auch die Ortungs(un)genauigkeit und die aktuelle Echtzeitdatenlage (also Verspätungen) berücksichtigt.

Abweichungen von der geplanten Route werden ebenfalls auf den Nicht-ÖPV-Ab schnitten analysiert: Bei nur geringen Ab-

ANZEIGE

DYNAMO

MENTZ entwickelt Softwarelösungen für dynamische und nahtlose Mobilitätsinformation. Wir sind Partner des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsprojekts DYNAMO.

mentz.net

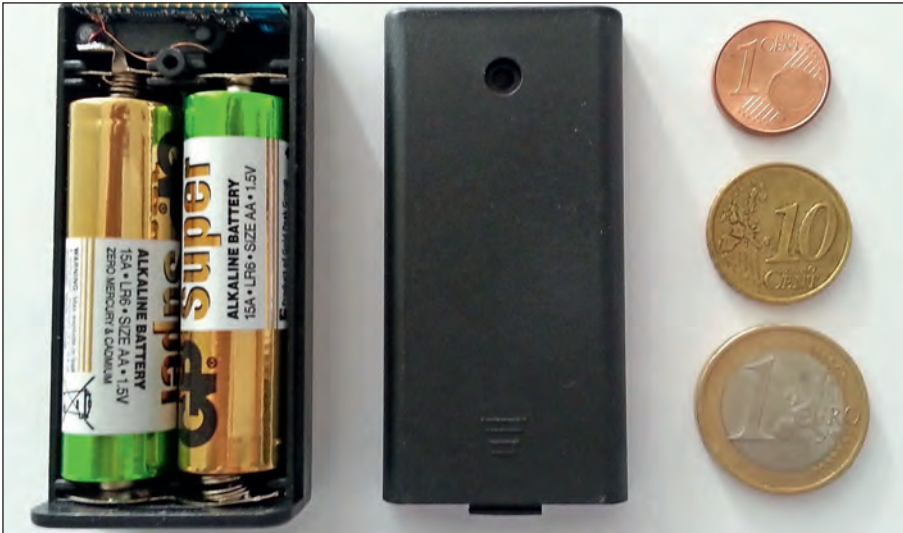


Abb. 4: Bluetooth Low Energy Funkbake.

ausgedehnter Gebäudekomplexe wie Umsteigeknotenpunkten zwischen U- und S-Bahnen, Straßenbahnen, Bussen und dem Regional- und Fernverkehr.

Dem Prinzip der Indoor-Ortung liegt der Einsatz von Smartphones zugrunde, um Nutzer im Gebäude mittels so genannter Navigationshilfen zu lokalisieren. Solche Navigationshilfen können bekannte und ortsfeste Positionen von beispielsweise WLAN-Hot Spots, Positionen von Bluetooth-Funkbaken oder QR-Codes sein, die im Gebäude verteilt wurden. Dieses Verfahren nutzt die im Smartphone integrierte Sensorik für die Ortsbestimmung im Gebäude und Fortschreibung der Position anhand von Schritt- und Richtungserkennung. Dabei ermittelt das Endgerät seine Position autark, somit erfolgt keine Ortung von einer zentralen Stelle ausgehend und keine Weiterleitung oder Überwachung der Position des Nutzers.

Navigationshilfen zur Ortsbestimmung

Als Navigationshilfen werden unter anderem ortsfeste Bluetooth-Funkbaken (Abb. 4) zur automatischen Bestimmung und Aktualisierung der aktuellen Nutzerposition verwendet. Diese werden an markanten Orten wie Eingängen, Wegekreuzungen oder Treppen- und Aufzugsanlagen fest installiert.

Die platzsparenden Module der Funkbaken sind mit einem robusten Gehäuse ausgestattet, in dem handelsübliche 1,5V-Mignon-Batterien (AA) einen Betrieb von bis zu einem Jahr ermöglichen. Die Smartphone-App erfasst die Funkbaken automatisch und ordnet sie anhand ihrer eindeutigen Adresse ihrer georeferenzierten Gebäudeposition zu. Als kostengünstigere Alternative zu Funkbaken können auch aufklebbare QR-Codes verwendet werden, bei denen der Nutzer die Lokalisierung mit einem Scanvorgang einleitet.

Gebäudemodell für die Zielführung

Für ein beliebig komplexes Gebäude wird ein geografisch-topologisches Gebäudemodell erstellt (Abb. 5). Dieses bezieht alle im Gebäude erreichbaren Ebenen in ihrer geografischen Ausdehnung sowie Treppen- und Aufzugsanlagen in ihrer Beziehung zwischen den einzelnen Ebenen mit ein, einschließlich der zu nutzenden Navigationshilfen (zum Beispiel die Position der Bluetooth-Baken). Die

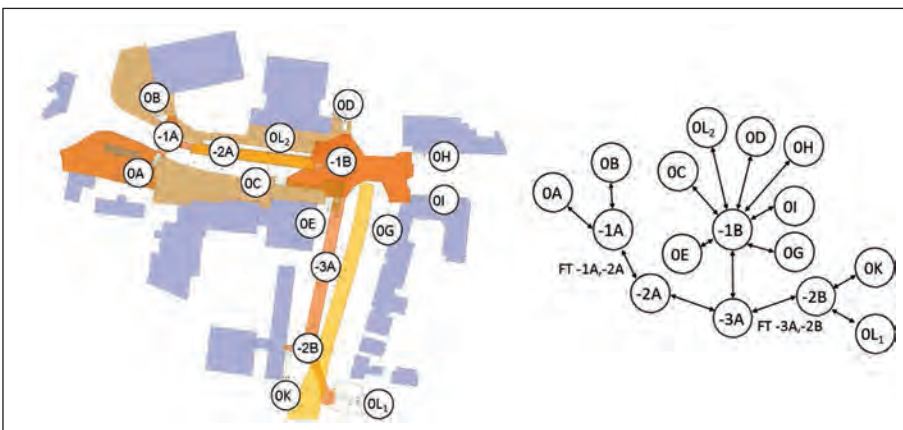


Abb. 5: Geografisch-topologisches Gebäudemodell.



Abb. 6: Abschnitte einer Indoor-Route über mehrere Ebenen.

weichungen auf dem Fußweg und wenn der Anschluss im ÖPV weiter möglich ist, wird der Nutzer auf den Ursprungsweg zurückgeführt. Bei größeren Abweichungen wird er neu geroutet und über das Nichterreichen des Anschlusses informiert. Der Nutzer kann dann von der aktuellen Position aus eine Alternativenberechnung starten.

Prinzip der Indoor-Ortung und -Navigation

Um den Kunden auch in Gebäuden zum Ziel zu führen, hat das ifak für DYNAMO ein Verfahren zur Indoor-Ortung und -Navigation entwickelt. Es unterstützt den Nutzer bei der Orientierung und Wegfindung innerhalb

erforderlichen Geodaten für das Gebäudemodell werden aus offen verfügbaren Quellen (zum Beispiel OSM oder einsehbarer Flucht- und Rettungsplänen) gewonnen und georeferenziert. Die Abbildung sämtlicher Informationen erfolgt innerhalb der Smartphone-App.

Funktionsweise der Indoor-Navigation

Beim Betreten eines Gebäudes wird die initiale Position entweder durch den vom Nutzer ausgeführten Scanvorgang eines QR-Codes ermittelt oder durch die automatische Erfassung einer in der Nähe befindlichen Funkbake. Eine Position besteht aus den Koordinaten für die Achsen x (Länge), y (Breite) und z (Ebene). Die Nutzerposition wird auf dem Bildschirm des Smartphones auf der entsprechenden Gebäudeebene angezeigt.

Für die Zielführungs-Funktionalität der Indoor-Navigation ist es notwendig, dass der Nutzer entweder selbständig ein Ziel im Gebäude auswählt oder dieses über eine externe Nachricht beziehungsweise über eine Kopplung mit einer Routenplanungs-App für die Gesamtroute des Nutzers übermittelt wird.

Zur Zielführung wird anhand des Gebäude-modells eine Route von der aktuellen Po-

sition des Nutzers bis zum bekannten Ziel im selben Gebäudekomplex über die verfügbaren und entlang des Weges befindlichen Treppen/Rolltreppen/Aufzüge und Ebenen fortlaufend berechnet (Abb. 6). Die Ermittlung der jeweils aktuellen Gebäudeebene erfolgt hierbei über die Auswertung des Barometersensors. Ist das Smartphone nicht mit einem Barometersensor ausgestattet, kann die Ebenenumschaltung auch manuell über eine Gestensteuerung (Wischen) vorgenommen werden.

Für die Abbildung der freien Bewegung von Fußgängern im Gebäude wird während der Navigation innerhalb einer Ebene ein hexagonales Netz erzeugt, das vorhandene innere und äußere Begrenzungen des Gebäudes als Hindernisse berücksichtigt. Während der Ebenennavigation wird die Nutzerposition über die Schritt- und Richtungserkennung aktualisiert. Kommt der Nutzer in die Nähe einer Funkbake, wird seine Position automatisch erfasst und korrigiert. Damit wird eine mögliche Abweichung von der realen Position ausgeglichen.

Fazit und Ausblick

Die Lösungsansätze in den Testfeldern differieren aufgrund der unterschiedlichen

Schwerpunktsetzungen und Ausgangssituationen durchaus. Es ist aber gelungen, in beiden Testfeldern die Zielführung und Reisebegleitung grundlegend weiterzuentwickeln.

Die in DYNAMO entwickelten Zielführungskomponenten werden derzeit intensiv getestet. Nach Projektende sollen die Zielführung und die Reisebegleitung datentechnisch weiter ausgebaut und in Betrieb genommen werden. Dies gilt auch für das Indoor-Routing auf Basis von Karten und ausführlichen Wegebeschreibungen. Aufgrund der für die Ortung in Bauwerken zusätzlich erforderlichen Infrastruktur und der damit verbundenen Pflege ist keine kurzfristige Ausstattung über die Teststationen hinaus vorgesehen. Für eine flächendeckende Ausstattung von Bauwerken und die Weiterentwicklung dieser Funktionalitäten ist es notwendig, einen Business Case zu entwickeln.

Literatur

- [1] Für einen Überblick über die Projektstruktur und die einzelnen Schwerpunkte vgl. Stegemann et. al.: Per App von Tür zu Tür – Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt DYNAMO, DER NAHVERKEHR 4/2015, S. 52-55
- [2] Vgl. Jörg Franzen, Melanie Martin Bartz: „Barrierefrei durch die Republik mit DELFIplus. DELFI-Konsortium realisiert Konzept zur länderübergreifenden Barrierefreiheits-Auskunft, in : DER NAHVERKEHR11/2015, S.15-22
- [3] www.m4guide.de

Zusammenfassung/Summary

Ein Navi für den ÖPNV

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt DYNAMO („Dynamische, nahtlose Mobilitätsinformation“) entwickelt kundenorientierte Funktionen, Dienste und Services, die sich den individuellen Mobilitätsbedürfnissen und -präferenzen der Kunden anpassen. Unter anderem werden in den Bereichen Routing (Indoor, Outdoor und ÖPV), Reisebegleitung und Zielführung neue Verfahren entwickelt und getestet.

Satnav for public transport users

The research project DYNAMO – short for dynamic, seamless mobility information – develops customer-oriented features and services which adapt to the customers’ individual mobility needs and preferences. Among other things, DYNAMO develops and tests new procedures for routing (indoor, outdoor and public transport), travel guidance and route guidance.

ANZEIGE



Planung • Beratung • Service

Kundenkorrespondenz

Forschung & Entwicklung

Organisationsberatung

Datenmanagement

IT-Lösungen

Echtzeitinformation

Verkehrs- & Marktforschung

ÖPNV-Call Center & AST-Zentrale

E-Ticketing

Wir unterstützen Sie bei der Gestaltung und Umsetzung von attraktiven Mobilitätslösungen:

Profitieren Sie von unseren Erkenntnissen aus bedeutenden Forschungsprojekten und unserer umfangreichen Praxiserfahrung im öffentlichen Personennahverkehr.

Zusammen mit uns schaffen Sie innovative, zukunftsorientierte und praxisnahe Lösungen für die vielfältigen Herausforderungen des modernen ÖPNV.

Rhein-Main-Verkehrsverbund Servicegesellschaft mbH • Am Hauptbahnhof 6 • 60329 Frankfurt




www.rms-consult.de