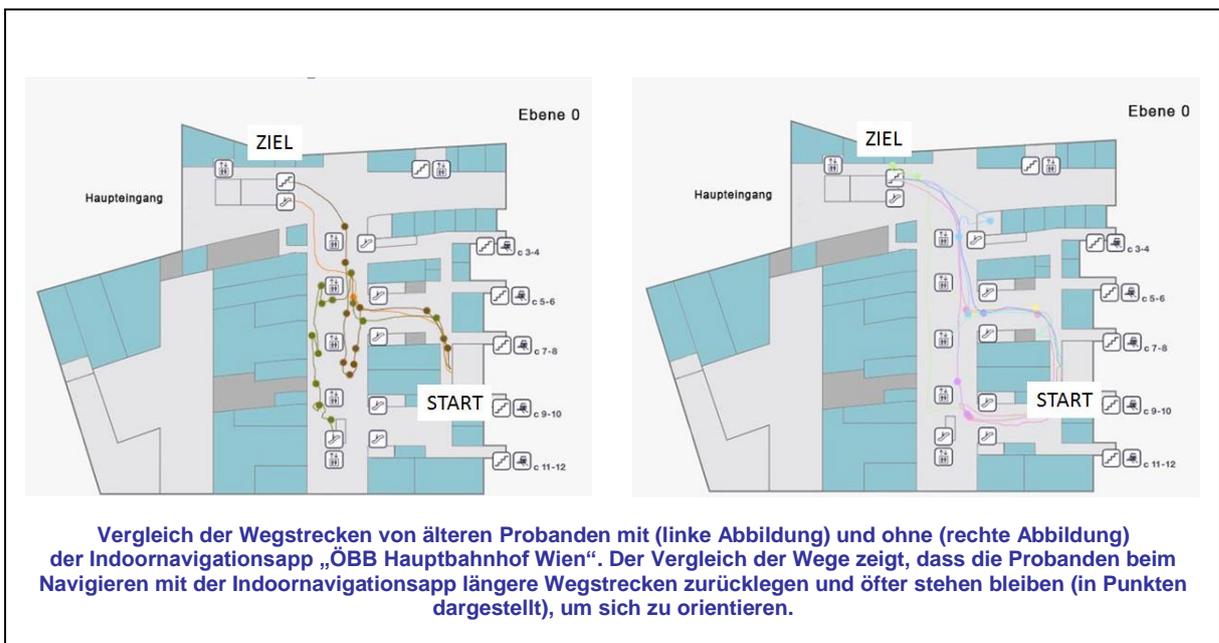


# Kundenorientierte Indoornavigation am Bahnhof Indoornavigation

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung 2017  
(VIF2017)

Endbericht, Dezember 2019



## Impressum:

**Herausgeber und Programmverantwortung:**  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Radetzkystraße 2  
A – 1030 Wien

 Bundesministerium  
Verkehr, Innovation  
und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG  
Praterstern 3  
A – 1020 Wien

 **ÖBB**  
INFRA

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-  
Aktiengesellschaft  
Rotenturmstraße 5-9  
A – 1010 Wien

 **ASFiNAG**

**Für den Inhalt verantwortlich:**  
Technische Universität Wien, FB Verkehrssystemplanung  
Augasse 2-6, Kern A, 2. Stock  
A – 1090 Wien

 TU WIEN FACHBEREICH  
**IVS**  
VERKEHRSSYSTEMPLANUNG

**Programmmanagement:**  
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Thematische Programme  
Sensengasse 1  
A – 1090 Wien

 **FFG**  
Forschung wirkt.

# **Kundenorientierte Indoornavigation am Bahnhof Indoornavigation**

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung  
(VIF2017)

**AutorInnen:**

**Dipl.-Ing. Tabea FIAN**

**Univ.Prof. Dr. Arnd FLORACK**

**Univ.Prof. Mag. Dr. Georg GARTNER**

**Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Georg HAUGER**

**Mag. Silvia KLETTNER, BA**

**Mag. (FH) Mathias PAST, CMC**

**Michael SKOK, BSc**

**Mag. Martin SÖLLNER**

**Wangshu WANG, MSc**

**Auftraggeber:**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
ÖBB-Infrastruktur AG

**Auftragnehmer:**

Technische Universität Wien, FB Verkehrssystemplanung (Kordinator)  
Technische Universität Wien, FB Kartographie  
Universität Wien, Institut für Angewandte Psychologie: Arbeit, Bildung und Wirtschaft  
Logsol e.U.

**Disclaimer:**

Die Inhalte des vorliegenden Berichtes entsprechen nicht zwangsläufig der Meinung des Auftraggebers.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
1.1	Problembeschreibung und Zielsetzung des Projektes .....	7
1.2	Methodische Herangehensweise und Projektablauf .....	11
<b>2.</b>	<b>WAS BISHER GESCHAH: VORPROJEKTE DER ÖBB IM BEREICH INDOORNAVIGATION.....</b>	<b>13</b>
2.1	Navigationsapps.....	14
2.2	Navigations- und Verkehrsmittelinformation .....	20
2.3	Digitale Karten .....	22
2.4	Data Science.....	22
2.5	Virtual Reality .....	23
2.6	Mixed Reality .....	26
2.7	Augmented Reality .....	27
<b>3.</b>	<b>KUNDENORIENTIERTE INDOORNAVIGATION AM BAHNHOF: EIN GESAMTBILD .....</b>	<b>29</b>
3.1	Diversity-Kriterien.....	29
3.2	Navigationshilfen am Bahnhof.....	30
3.2.1	Navigationshilfen durch die Umgebung .....	30
3.2.2	Navigationshilfen durch den Menschen.....	54
3.2.3	Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte .....	55
3.2.4	Vergleich von bestehenden Indoornavigationsapps .....	58
3.2.5	Fokus: Augmented Reality (AR) .....	58
3.3	Technologische Verfahren und Methoden zur Positionsbestimmung.....	64
3.3.1	Sensoren und Signale .....	64
3.3.2	Methoden der Datengenerierung.....	75
3.3.3	Datenpräsentation auf digitalen Endgeräten.....	81
3.3.4	Methoden der Datenpräsentation .....	84
3.4	Interne und externe Datenquellen .....	85
3.5	Bahnhofskategorien .....	87
<b>4.</b>	<b>INDOORNAVIGATION AUS SICHT DER KUNDEN: EYETRACKING-STUDIE AM HAUPTBAHNHOF WIEN .....</b>	<b>88</b>
4.1	Methoden der Studie .....	88
4.2	Beschreibung des Studienablaufs .....	89

4.3	Beschreibung der Stichprobe .....	94
4.4	Ergebnisse .....	95
4.5	Weitere Ergebnisse .....	106
4.6	Fazit .....	112
<b>5.</b>	<b>EVALUIERUNG DER NAVIGATIONSHILFEN UND IMPLEMENTIERUNGSKONZEPT ZUR KUNDENORIENTIERTEN AUSGESTALTUNG DER INDOORNAVIGATION AN BAHNHÖFEN.....</b>	<b>115</b>
5.1	Implementierungskonzept für die kundenorientierte und barrierefreie Indoornavigation am Hauptbahnhof Wien auf Basis praktikabler Empfehlungen ..	120
<b>6.</b>	<b>KUNDENORIENTIERTE INDOORNAVIGATION AM DIGITALEN BAHNHOF: MÖGLICHE TRENDS UND ENTWICKLUNGEN .....</b>	<b>125</b>
6.1	Digitalisierung als gesellschaftlicher Trend.....	125
6.2	Das idealtypische kundenorientierte Navigationssystem .....	127
6.3	Möglichkeiten für die Indoornavigation durch fortschreitende Digitalisierung .....	128
6.3.1	Digitalisierung der Nutzer .....	128
6.3.2	Digitalisierung der Umgebung .....	129
6.3.3	Digitalisierung der Prozesse, die in einer Umgebung stattfinden .....	130
6.3.4	Digitalisierung des Kontexts .....	130
6.4	Herausforderungen für die Indoornavigation und Location-based Services durch die fortschreitende Digitalisierung.....	131
6.5	Zusammenfassung.....	137
<b>7.</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>138</b>
7.1	Literaturverzeichnis .....	138
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	143
7.3	Tabellenverzeichnis .....	145
<b>8.</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>146</b>
8.1	Evaluierung der Navigationshilfen durch die Umgebung .....	146
8.2	Evaluierung der Navigationshilfen durch den Menschen .....	171
8.3	Evaluierung der Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte.....	172

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Problembeschreibung und Zielsetzung des Projektes

### Zielsetzung

Im Projekt „Indoornavigation“ erfolgt die Erarbeitung eines praktikablen, kundenorientierten und barrierefreien Implementierungskonzeptes für die Indoornavigation an Bahnhöfen in Form einer wissenschaftlichen Begleitforschung und in enger Zusammenarbeit mit der ÖBB-Infrastruktur AG.

Für die Konzeption eines technologischen Kriterienkatalogs zur Indoornavigation an Bahnhöfen werden analoge und digitale Navigationshilfen und -funktionen, Technologien zur Positionsbestimmung sowie Methoden zur Datengenerierung analysiert. Basierend auf Feldtestungen mittels Eyetracking am Hauptbahnhof Wien wird ein kundenspezifischer Kriterienkatalog für die Indoornavigation an Bahnhöfen erarbeitet. Aufbauend auf den beiden Kriterienkatalogen erfolgt eine Machbarkeitsanalyse der identifizierten Navigationshilfen und -funktionen inklusive Ableitung von zwölf konkreten Empfehlungen für die praktikable, kundenorientierte und barrierefreie Ausgestaltung der Indoornavigation an Bahnhöfen. Die Umsetzungsstrategie für diese zwölf Empfehlungen wird im Rahmen eines entwickelten Implementierungskonzeptes detailliert beschrieben. Ergänzend zum identifizierten Handlungsbedarf werden als Ausblick die zukünftigen Möglichkeiten für die Indoornavigation unter dem Aspekt der fortlaufenden Digitalisierung am Bahnhof aufgezeigt.

### Problemstellung

Weder ein rein analoges noch ein rein digitales Indoornavigationssystem kann allen Kundenanforderungen gerecht werden. Häufig wird aber an der Entwicklung digitaler „Insellösungen“ im Bereich der Indoornavigation gearbeitet. Um eine flexible Navigationslösung für unterschiedliche Kundenanforderungen zu entwickeln, sind analoge und digitale Navigationshilfen daher gleichermaßen und integriert zu betrachten.

Für die Navigation durch den Bahnhof und für die Orientierung am Bahnhof können Bahnhofsbesucher eine Vielzahl an durch die Umgebung und Infrastruktur vorgegebenen Navigationshilfen unterstützend heranziehen. Aber auch mobile Endgeräte können mit Hilfe zahlreicher Navigationsfunktionen die Wegfindung am Bahnhof erleichtern. Da weder ein rein analoges noch ein rein digitales Indoornavigationssystem sämtlichen individuellen Kundenanforderungen gerecht werden kann, widmet sich das Projekt „Indoornavigation“ nicht der Suche nach dem geeignetsten analogen bzw. digitalen Indoornavigationssystem für den Bahnhof. Das Projekt zielt darauf ab, einen umfassenden und ganzheitlichen Überblick über umgebungsspezifische und technologische Navigationshilfen zu erarbeiten und die Verknüpfungspotenziale zwischen diesen Navigationshilfen für die praktikable, barrierefreie

und kundeorientierte Ausgestaltung der Indoornavigation an Bahnhöfen zu identifizieren. Es ist daher wichtig, analoge und digitale Navigationssysteme nicht isoliert zu betrachten, da ein Zusammenspiel von analogen und digitalen Navigationshilfen eine bestmögliche Navigationslösung für eine große Anzahl an Kundengruppen hervorrufen kann.

Im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ wird der Begriff Indoornavigationssystem daher ganzheitlich im Sinne eines modularen Zusammenspiels analoger Orientierungshilfen (beispielsweise Schilder, Farbkontraste, taktile Leitsysteme, Architektur) und digitaler Orientierungshilfen (beispielsweise Indoornavigationsapps, interaktive Informationsterminals) betrachtet. Dabei gilt es, die grundsätzlichen Anforderungen an digitale sowie an analoge Leitsysteme zu beachten.

### **Herausforderungen bei der Entwicklung digitaler bzw. mobiler Leitsysteme:**

Günther und Jöst (2016) definieren allgemeine Anforderungen an digitale Leitsysteme. In erster Linie ist eine hohe Zuverlässigkeit des jeweiligen Systems zu gewährleisten. Je komplexer der Funktionsumfang eines Indoornavigationssystems, desto umfangreicher werden die Wartungs- und Aktualisierungsarbeiten und desto schwieriger die Gewährleistung der Zuverlässigkeit des Systems. Die Zuverlässigkeit eines Systems für die Indoornavigation bezieht sich nicht nur auf die Ausfallsicherheit des Systems, sondern insbesondere auch auf die Zuverlässigkeit der implementierten Algorithmen für die Positionsbestimmung. Im vorliegenden Bericht erfolgt daher eine umfassende Vorstellung technologischer Verfahren und Methoden für die Datengenerierung und die Positionsbestimmung.

Mit einem umfangreichen Funktionsumfang innerhalb eines Indoornavigationssystems können individuelle, kundenspezifische Anforderungen besser abgedeckt werden und sich folglich die kundenseitige Bereitschaft zur aktiven Nutzung des Systems erhöhen. Derartige Funktionen umfassen beispielsweise Audiofunktionen in Form von akustischen verbalen Anweisungen, Vibrationsfunktionen, die Verfügbarkeit des Systems in mehreren Sprachen (gegebenenfalls eine Übersetzungsfunktion), barrierefreie Routingfunktionen etc. (siehe Kapitel 3.2.3).

Zudem sollen digitale Leitsysteme im Idealfall einen fließenden Übergang von der Indoor- zur Outdoornavigation gewährleisten. Wie sich im weiteren Bericht jedoch herausstellen wird, stellt dies einen erheblichen Aufwand im Sinne der Schaffung von geeigneten technologischen Schnittstellen bzw. der zugrundeliegenden Datengrundlagen dar (siehe ÖBB-Vorprojekt „ways4me“ auf Seite 17).

Ein mobiles Indoornavigationssystem sollte außerdem mit einer Vielzahl an digitalen Endgeräten (Smartphone, Tablet etc.) und Betriebssystemen (Android, iOS) kompatibel bzw. mit Wearables (wie Smartwatch oder Computerbrillen) synchronisierungsfähig sein.

Eine fortlaufende Aktualisierung der räumlichen Gegebenheiten am Bahnhof (wie etwa der verfügbaren Einkaufsmöglichkeiten), die Abbildung betriebsbezogener Informationen (wie

etwa die dynamische Fahrgastinformation) oder der Zustand der bahnhofseigenen Infrastruktur (beispielsweise die Anzeige von Störungen wie etwa Ausfall einer Rolltreppe oder eines Aufzuges), stellen weitere kundenfreundliche aber durchaus auch komplexe Anforderungen an die Ausgestaltung eines digitalen bzw. mobilen Indoornavigationssystems dar.

### **Herausforderungen bei der Entwicklung analoger Leitsysteme:**

Nach Seumenicht (2008) gilt es bei der Gestaltung analoger Leitsysteme insbesondere die Gewährleistung der Lückenlosigkeit und Einheitlichkeit zu beachten. Ein einheitliches Design erhöht den Wiedererkennungswert sowie die unmittelbare Wahrnehmung von Navigationshilfen durch die Umgebung. Zudem ist ein ausreichender Kontrast der analogen Navigationshilfen von der restlichen Umgebung zu gewährleisten (über Farbgebung, Piktogramme, Schriftart, Beleuchtung, ein- bzw. zweisprachige Texte, Ausrichtung etc.).

Einen zentralen Bestandteil des analogen Leitsystems stellt das taktile Informationssystem dar. Die Ausgestaltung des taktilen Informationssystems ist im Regelwerk für das Informations- und Wegeleitsystem (ÖBB-Infrastruktur AG, 2017) und in den rechtlichen Normen definiert.

Die zusammenfassenden Grundregeln für die Implementierung analoger Leitsysteme sind die Einheitlichkeitsregel, die Wahrnehmbarkeitsregel, die Lesbarkeitsregel, Anordnungsregel und Pfeilregel.

Weiters gehen mit dem spezifischen Anwendungsfall Bahnhof als multifunktionales Gebäude spezifische Herausforderungen einher, die im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ für die Erarbeitung eines ganzheitlichen Implementierungskonzeptes mitberücksichtigt werden:

- Komplexität der Gebäude- und Wegestruktur
- Hohe (internationale) Besucherströme
- Unterschiedliche Verweilzeiten
- Wiederkehrende Reisende und Besucher
- Ortsunkundige Reisende und Besucher
- Konfrontation mit einer Vielzahl an Sinneseindrücken für Reisende und Besucher (z.B. Durchsagen, hohe Besucherfrequenz etc.)
- Nutzungsmischung (Geschäfte, Restaurants, Mobilitätsangebote etc.)
- Verknüpfungspunkt mit kommunalen Verkehrsbetreibern (Verkehrsknotenpunkt)
- Ablenkungen (z.B. Durchsagen)
- Hohe Störungsanfälligkeit im Betrieb bzw. der bahnhofseigenen Infrastruktur (Verspätungen, Ausfall einer Rolltreppe etc.)

Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung der Indoornavigation an Bahnhöfen wird im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ eine methodische Herangehensweise entwickelt, welche die beschriebenen Anforderungen aufgreift und die Ableitung eines praktikablen, barrierefreien und kundenorientierten Implementierungskonzeptes für die Indoornavigation an Bahnhöfen (mit räumlichen Schwerpunkt auf dem Hauptbahnhof Wien) ermöglicht. Das dafür herangezogene Methodenset wird in der Folge näher erläutert.

## 1.2. Methodische Herangehensweise und Projektablauf

Um ein ganzheitliches Bild der Indoornavigation an Bahnhöfen zu generieren und aus diesem umfassenden Bild ein praktikables, barrierefreies und kundenorientiertes Implementierungskonzept für die Ausgestaltung der Indoornavigation (mit räumlichen Schwerpunkt auf dem Hauptbahnhof Wien) abzuleiten, richtet sich der vorliegende Bericht nach den in Tabelle 1 angeführten Analysefragen. Dieser Struktur sind die im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ ausgeführten Arbeitspakete zugeordnet.

Kap.	Themenblock	Analysefragen	Arbeitspaket (Schwerpunkt)
2	Untersuchung der Vorprojekte der ÖBB	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welche Vorprojekte im Bereich der Indoornavigation gibt es seitens der ÖBB?</li> </ul>	<b>AP 2</b> Technologischer Kriterienkatalog
3	Generierung eines Gesamtbildes zur Indoornavigation am Bahnhof (Theorie und Kontextparameter)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welche Diversity-Kriterien sind für die Indoornavigation zu berücksichtigen?</li> <li>Welche Navigationshilfen gibt es am Bahnhof?</li> <li>Welche technologischen Verfahren und Methoden zur Positionsbestimmung gibt es?</li> <li>Welche Datenquellen werden miteinbezogen bzw. können miteinbezogen werden?</li> <li>Wie unterscheiden sich Bahnhöfe untereinander in Bezug auf die Anforderungen an die Indoornavigation?</li> </ul>	<b>AP 2</b> Technologischer Kriterienkatalog
4	Untersuchung der Indoornavigation aus Sicht der Kunden (Praxis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welche konkreten Erfahrungen können im Rahmen der Feldstudie (Eyetracking) mit den einzelnen Navigationshilfen und -funktionen gemacht werden?</li> </ul>	<b>AP 3</b> Kundenspezifischer Kriterienkatalog
5	Evaluierung der Navigationshilfen, Ableitung von Empfehlungen, Erstellung des Implementierungskonzeptes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wie lassen sich mit Hilfe dieser theoretischen und praktischen Erkenntnisse die am Bahnhof verfügbaren Navigationshilfen evaluieren?</li> <li>Welche Empfehlungen können daraus für die Ausgestaltung der Indoornavigation am Bahnhof abgeleitet werden?</li> <li>Wie lassen sich die abgeleiteten Empfehlungen konkret umsetzen?</li> </ul>	<b>AP 4</b> Machbarkeitsanalyse  <b>AP 5</b> Implementierungskonzept
6	Ausblick: Der digitale Bahnhof	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wie kann ein digitaler Bahnhof der Zukunft in Bezug auf die kundenorientierte Indoornavigation aussehen?</li> <li>Welche Trends und Entwicklungen sind diesbezüglich zu erwarten?</li> <li>Welche Herausforderungen (Datenschutz, Ethik) sind damit verbunden?</li> </ul>	<b>AP 5</b> Implementierungskonzept

**Tabelle 1:** Übersicht über die Berichtstruktur. Quelle: Eigene Darstellung

In Kapitel zwei wird die bisherige Forschungslandschaft der ÖBB im Bereich der Indoornavigation vorgestellt.

In der Folge wird in Kapitel drei ein Gesamtbild zu Indoornavigation am Bahnhof aufgezeigt. Dabei werden die zu berücksichtigenden Diversity-Kriterien erläutert. Weiters werden die am Bahnhof vorhandenen Navigationshilfen durch die Umgebung und den Menschen sowie die Navigationsfunktionen von mobilen Endgeräten kategorisiert und näher beschrieben. Da die Positionierung mit Hilfe von Endgeräten innerhalb von Gebäuden zum derzeitigen Stand der Technik noch eine Herausforderung darstellt, wird die Vielzahl an unterschiedlichen Lösungsansätzen für die Indoorpositionierung aufgezeigt. Zudem verschafft das Kapitel auch einen Eindruck über Datenquellen, die im Bereich der Indoornavigation mitberücksichtigt werden können.

Zuletzt wird im Rahmen von Kapitel drei aufgezeigt, wie sich Bahnhöfe in Bezug auf ihre Funktionen und somit auch in Bezug auf ihre Anforderungen an die Indoornavigation voneinander unterscheiden und eine Kategorisierung von Bahnhöfen durchgeführt.

Kapitel vier stellt den praktischen bzw. empirischen Teil des vorliegenden Berichts dar. Hier werden der Ablauf und die Erkenntnisse der im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ durchgeführten Eyetracking-Studie präsentiert. Ziel der Studie ist, das Kundenverhalten der Bahnhofsbesucher in Bezug auf die Navigation am Bahnhof zu untersuchen.

Auf Basis der aus Theorie und Praxis gewonnenen Erkenntnisse wird in Kapitel fünf eine Evaluierung der in Kapitel drei vorgestellten Navigationshilfen durchgeführt. Die Evaluierung erfolgt anhand eines einheitlichen Evaluierungsrasters, der sowohl kundenspezifische, ökonomische, räumliche (Bahnhofskategorien) und produktspezifische (Eigenschaften, Vor- und Nachteile) der jeweiligen Navigationshilfen berücksichtigt.

Im Anschluss an die Evaluierung werden zwölf praktikable Empfehlungen für die barrierefreie und kundenorientierte Ausgestaltung der Indoornavigation an Bahnhöfen formuliert. Das Endergebnis von Kapitel fünf stellt ein umfassendes Implementierungskonzept für die Realisierung der einzelnen Empfehlungen dar.

Abschließend wird in Kapitel sechs ein zukünftiges Bild des digitalen Bahnhofes und der dort stattfindenden idealtypischen Prozesse aufgezeigt. Hier werden Möglichkeiten und Herausforderungen für die Indoornavigation im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung aufgezeigt.

## 2. WAS BISHER GESCHAH: VORPROJEKTE DER ÖBB IM BEREICH INDOORNAVIGATION

Um einen Eindruck über die bisherigen Forschungsaktivitäten der ÖBB im Bereich der Indoornavigation zu erhalten, wird im vorliegenden Kapitel eine Auswahl an innovativen Projekten im Bereich der Indoornavigation näher vorgestellt. Dabei handelt es sich um bereits abgeschlossene sowie derzeit laufende Projekte, die sich mit den Themen Orientierung und Navigation am Bahnhof beschäftigen und die insbesondere auch die spezifischen Bedürfnisse von Menschen mit Einschränkungen (Körper-, Seh-, Hör- oder geistige Einschränkung) aufgreifen. Für eine rasche Übersicht sind die Projekte den folgenden Projektkategorien zugeordnet:

- Navigationsapps
- Navigations- und Verkehrsmittelinformation
- Digitale Karten
- Data Science
- Virtual Reality
- Mixed Reality
- Augmented Reality

Abbildung 1 veranschaulicht die ÖBB-Projektlandschaft im Bereich Indoornavigation gegliedert nach den oben angeführten Kategorien.

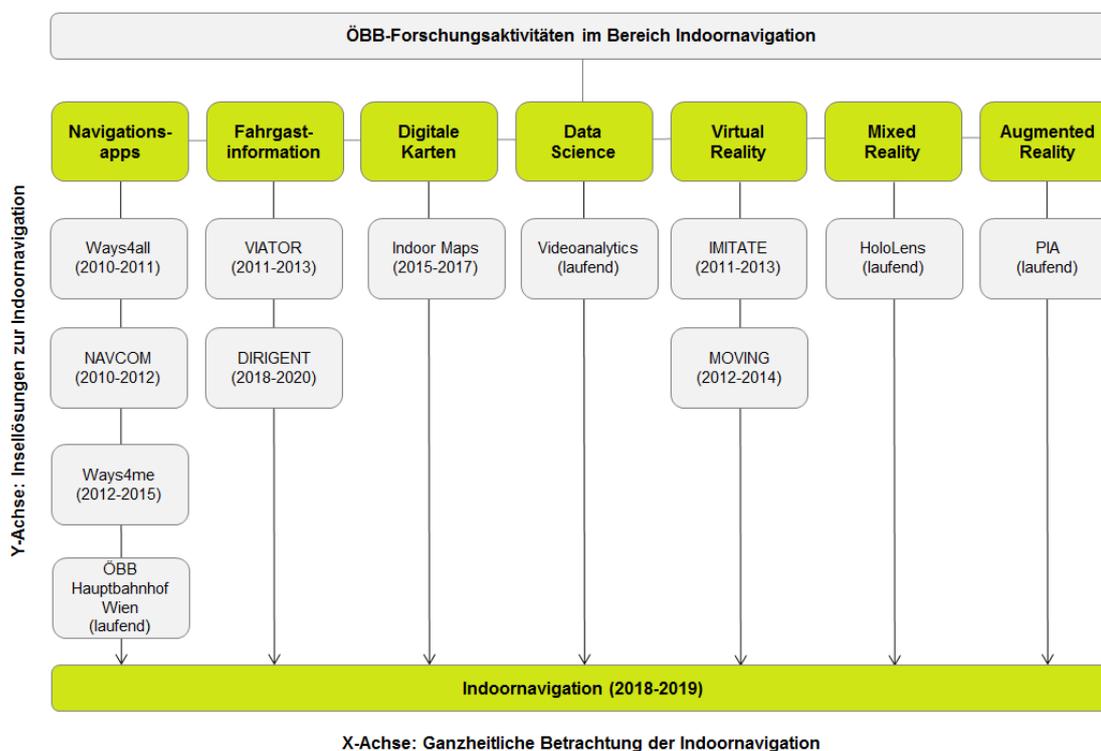


Abbildung 1: ÖBB-Projektlandschaft im Bereich der Indoornavigation. Quelle: Eigene Darstellung

## 2.1. Navigationsapps

Im Zuge der Forschungsprojekte „**ways4all**“, „**NAVCOM**“ und „**ways4me**“ werden innovative technologische Navigationsunterstützungen für Personen mit besonderen Bedürfnissen entwickelt. Zudem arbeitet das Team der Digitalen Innovationen (DIGI@ttack) des ÖBB Business Competence Center derzeit an einer Indoornavigationsapp für den Hauptbahnhof Wien mit dem Namen „**ÖBB Hauptbahnhof Wien**“. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu den vier genannten Projekten.

### Forschungsprojekt „**ways4all**“

- Langtitel: Barrierefreie Mobilität für alle! Explizit – Blindennavigation unter speziellen Erfordernissen des öffentlichen Verkehrs
- Laufzeit: 2010-2011
- Zielgruppe: Blinde und sehbehinderte Menschen

#### Beschreibung des Forschungsprojektes „ways4all“:

Im Rahmen des Projektes „**ways4all**“ war das Ziel ein barrierefreies Gesamtsystem für die Orientierung und Bewegung im öffentlichen Raum für Personen mit besonderen Bedürfnissen zu entwickeln. Die Software (Datenserver, mobile Software, RFID-Einlese-Software) und Hardware (eigens entwickelte RFID-Tags und 433mHz-Sender) sorgen für ein durchgehendes Routing im Indoorbereich am Weg von und zum Verkehrsmittel. Dieses Routing baut auf der RFID-Navigation (siehe Seite 67) auf, welche eine in das Handy integrierte Anwendung für sehbehinderte und blinde Menschen darstellt. Eine besondere Benutzeroberfläche, basierend auf Textinformationen in Kombination mit einem angepassten Screen Reader für mobile Geräte, ermöglicht es sehbehinderten und blinden Menschen, diese Software zu nutzen. Die Basis für das Routing stellt das taktile Leitsystem dar. An allen strategischen Knoten im taktilen Leitsystem werden RFID-Tags platziert. Werden diese eingelesen, kann vom aktuellen Standort der kürzeste Weg zum ausgewählten Ziel an die mobile Applikation gesendet und vom Screen Reader (Audiofunktion) vorgelesen werden.

#### Reflexion über das Forschungsprojekt „ways4all“:

Die Umsetzung eines auf RFID-Tags basierenden Indoornavigationssystems umfasst einerseits die Anbringung der RFID-Tags an entsprechenden Schlüsselstellen (in diesem Fall entlang des taktilen Leitsystems) und die Anbringung von RFID-Readern an der zu positionierenden Person (in diesem Fall wird ein fußmontierter RFID-Reader verwendet) in Kombination mit der Entwicklung einer eigenen Applikation zur Informationsverarbeitung- und -ausgabe am Smartphone. Für die erfolgreiche Anwendung dieses Systems ist der Nutzer daher auf die Anschaffung aller erforderlicher Systemkomponenten angewiesen.

Um eine auf möglichst viele Zielgruppen ausgerichtete, kundenorientierte, barrierefreie und umfassende Lösung bereitzustellen, wird im Rahmen dieses Projektes von der Entwicklung

weiterer technologischer „Insellösungen“ abgesehen, da diese mit hohen Entwicklungsaufwand und -kosten einhergehen und zumeist keine breit ausgelegte bzw. eher komplexe Nutzerfreundlichkeit bereitstellen. Vielmehr wird eine Fusionierung der Navigationsfunktionen mobiler Endgeräte (siehe Kapitel 3.2.3) in Form eines umfassenden Informations- und Navigationsservice (siehe Empfehlung zwei) empfohlen, das aufgrund eines vielfältigen, individualisierbaren und barrierefreien Funktionsumfangs jedem Nutzer mit Smartphone frei zur Verfügung gestellt werden kann (sowohl für Android als auch für iOS).

### **Forschungsprojekt „NAVCOM“**

- Langtitel: Navigation und Kommunikation im und mit dem öffentlichen Verkehr speziell für Menschen mit besonderen Bedürfnissen
- Laufzeit: 2010-2012
- Zielgruppe: Blinde und sehbehinderte Menschen

#### Beschreibung des Forschungsprojektes „NAVCOM“:

Im Projekt „NAVCOM“ werden zwei wesentliche Fragen hinsichtlich der Navigation und Kommunikation von Menschen mit besonderen Bedürfnissen (insbesondere Blinde und Sehbehinderte) im öffentlichen Verkehr untersucht:

- Wie kann eine blinde Person mit einem gewünschten ÖV-Fahrzeug kommunizieren (beispielsweise beim Artikulieren eines Einsteigewunsches)?
- Wie kann diese Person bei der Navigation im Gebäude (ohne GPS-Signal) unterstützt werden?

Das Projekt baut auf den Erkenntnissen des Projektes „ways4all“ auf. Hinsichtlich der Navigation im Gebäude (ohne GPS-Signal) wird im Zuge des Projektes ein auf WLAN-basierendes (siehe Seite 65) System zur Trägheitsnavigation bzw. Inertialtechnologie (siehe Seite 72) getestet. Dieses System besteht aus einem am Fuß angebrachten Bluetooth-Inertialsensor, der mit Hilfe von eigenen Positionierungsalgorithmen die Position der sich bewegenden Person erfassen kann. Die über das System generierten Informationen werden dem Nutzer über eine barrierefreie Applikation am Smartphone (Android) je nach Profil (blind, wheelchair) spezifisch zur Verfügung gestellt (das Smartphone stellt die Recheneinheit für die generierten Informationen dar). Die entwickelten Algorithmen erlauben eine sichere und vollautonome Navigation für blinde Personen mit einer maximalen Abweichung von ein bis zwei Metern.

Im Zuge des Projektes wurden unterschiedliche Sensoren, die für die Realisierung eines solchen Systems herangezogen werden können und die beispielsweise auf ZigBee (siehe Seite 71) bzw. auf Bluetooth (siehe Seite 66) basieren, getestet und miteinander verglichen. Im Zuge des Projektes konnte kein Sensor identifiziert werden, der alle erforderlichen Einsatzkriterien erfüllt. Diese Kriterien sind:

- Messbereich und Messgenauigkeit

- Größe und Gewicht
- Tragkomfort und Einsatzdauer
- Datenübertragung (Kabel oder drahtlos)
- Kompatibilität mit dem Smartphone
- Preis

Zudem wird im Rahmen des Projektes auf die Bedeutung von digitalen Gebäudeplänen aufmerksam gemacht und deren vielfältige Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt. Diese werden von den navigierenden Personen zwar aktiv nicht wahrgenommen, jedoch kann die aktuelle „Spur“ der Person mit den Grundrissdaten abgeglichen werden. So können beispielsweise Treppen oder Türen erkannt oder der Benutzer gewarnt werden. Das im Zuge des Projektes entwickelte Software-Tool erlaubt es, die für die Routenplanung notwendigen Karten und Grundrisse aus verschiedenen Quellen (beispielsweise Google Maps) herunterzuladen und diese offline mit den Gebäudeplänen zu verbinden und für die Navigation zu nutzen.

#### Reflexion über das Forschungsprojekt „NAVCOM“:

Da mit der vorgestellten Lösung eine aufwändige Entwicklung von Benutzergeräten einhergeht (ein am Fuß anzubringender Bluetooth-Inertialsensor und eine zu konzipierende App für die Informationsverarbeitung), stellt die vorgestellte Lösung einen hohen Entwicklungsaufwand dar. Für den Nutzer selbst entstehen unter Umständen hohe Kosten für die Anschaffung der erforderlichen Endgeräte. Zudem muss die Zielgruppe (in diesem Fall Blinde und Sehbehinderte) eigens für den Umgang mit der entwickelten Technologie eingeschult werden. Wie bereits in der Reflexion über das Projekt „**ways4all**“ dargelegt, stellt auch die in diesem Projekt entwickelte Lösung eine technologische „Insellösung“ dar, deren breit ausgelegte Umsetzung sich für die Zielgruppe aufgrund der erforderlichen Entwicklungs- und Anschaffungskosten als schwierig gestaltet.

Dennoch zeigt das Projekt „**NAVCOM**“ die Notwendigkeit der Entwicklung von exaktem Kartenmaterial und dessen vielfältige Einsatzbarkeit erfolgreich auf. Die Erstellung von umfassenden, digitalen Kartengrundlagen ist eine zentrale Empfehlung (siehe Empfehlung drei) des vorliegenden Berichtes. Für die erfolgreiche Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice (siehe Empfehlung zwei) ist die Erstellung und Integration von detaillierten Kartengrundlagen dringend erforderlich.

## **Forschungsprojekt „ways4me“**

- Langtitel: Barrierefreie Mobilität im ÖPNV!
- Laufzeit: 2012-2015
- Zielgruppe: Personen mit besonderen Bedürfnissen (insbesondere sehingeschränkte Personen)

### Beschreibung des Forschungsprojektes „ways4me“:

Im Projekt „**ways4me**“ wird eine Smartphone-Applikation (für Android-Endgeräte) mit barrierefreiem Userinterface für die Bedienung auf Android-Endgeräten entwickelt. Die Applikation soll das Reisen im öffentlichen Verkehr für Menschen mit besonderen Bedürfnissen in Zukunft vereinfachen (sowohl in Bezug auf die Outdoor- als auch auf die Indoornavigation). Für die Indoornavigation wurde im Rahmen des Projektes ein Ausbauvorschlag (Anbringung von weiteren WLAN-Access-Points an der Gebäudeinfrastruktur) für eine WLAN-basierte Indoornavigationslösung (siehe Seite 65) in der Passage am Südtirolerplatz (Wien) simuliert. Ein weiteres Projektziel stellte die Entwicklung einer grafischen Benutzeroberfläche für Menschen mit Sehbehinderung dar. Am Ende des Projektes wurde eine barrierefreie Gesamtapplikation für Personen mit besonderen Bedürfnissen (insbesondere sehingeschränkte Personen) sowohl im Bereich der Indoor- als auch der Indoornavigation geschaffen.

### Reflexion über das Forschungsprojekt „ways4me“:

Mit dem Ziel, eine Navigationslösung für die Indoor- und gleichzeitig für die Indoornavigation basierend auf einem barrierefreien Userinterface zu erstellen, stellt das Projekt einen innovativen Ansatz in Richtung der Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationservice für Personen mit besonderen Bedürfnissen dar, die im Rahmen des vorliegenden Berichtes in Empfehlung zwei konkretisiert wird. Es wird die erforderliche Weiterentwicklung (in diesem Fall des Open-Street-Map-Moduls) für die Schaffung eines Übergangs von Indoor zu Outdoor dargelegt.

Wie auch das Projekt „**NAVCOM**“, zeigt das Projekt „**ways4me**“ die Wichtigkeit der Schaffung von detaillierten, digitalen Kartengrundlagen für den Indoorbereich (siehe Empfehlung drei) auf.

Zudem sei darauf hingewiesen, dass die erforderliche Ausgestaltung der Technologie für das Indoornavigationssystem (in diesem Fall die Anbringung der WLAN-Access-Points) über eine Simulation erfolgte. Da es sich mit der Ausgestaltung eines Indoornavigationssystems jedoch um eine derartig komplexe Entwicklung handelt, bei welcher die spezifischen räumlichen Eigenschaften und Gegebenheiten eine wesentliche Rolle spielen, ist für eine zuverlässigere und aussagekräftigere Testung von Verfahren und Methoden jedenfalls immer eine prototypische Umsetzung in der realen Umgebung anzustreben. So sieht das Implementierungskonzept des vorliegenden Berichtes sowohl bei der Umsetzung bzw. der Adaption oder Ausweitung von analogen oder digitalen Navigationshilfen immer eine

Testphase in Form einer kleinflächigen prototypischen Umsetzung inkl. anschließender Ex-post-Evaluierung vor (siehe Implementierungskonzept in Kapitel 5). Zudem sollte bei der Entwicklung einer solchen nutzerorientierten und barrierefreien Anwendung zukünftig auch auf die Nutzbarkeit sowohl auf Android-Systemen als auch auf iOS-Systemen geachtet werden. Im Zuge der Anfertigung einer grafischen Benutzeroberfläche für Personen mit Sehenschränkung konnten im Rahmen des Projektes „**ways4me**“ wesentliche Gestaltungsprinzipien abgeleitet werden, die einen wertvollen Beitrag für die in diesem Bericht formulierte Empfehlung zwei über die Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice (und insbesondere für Entwicklung von individualisierbaren Profilen) bereitstellen.

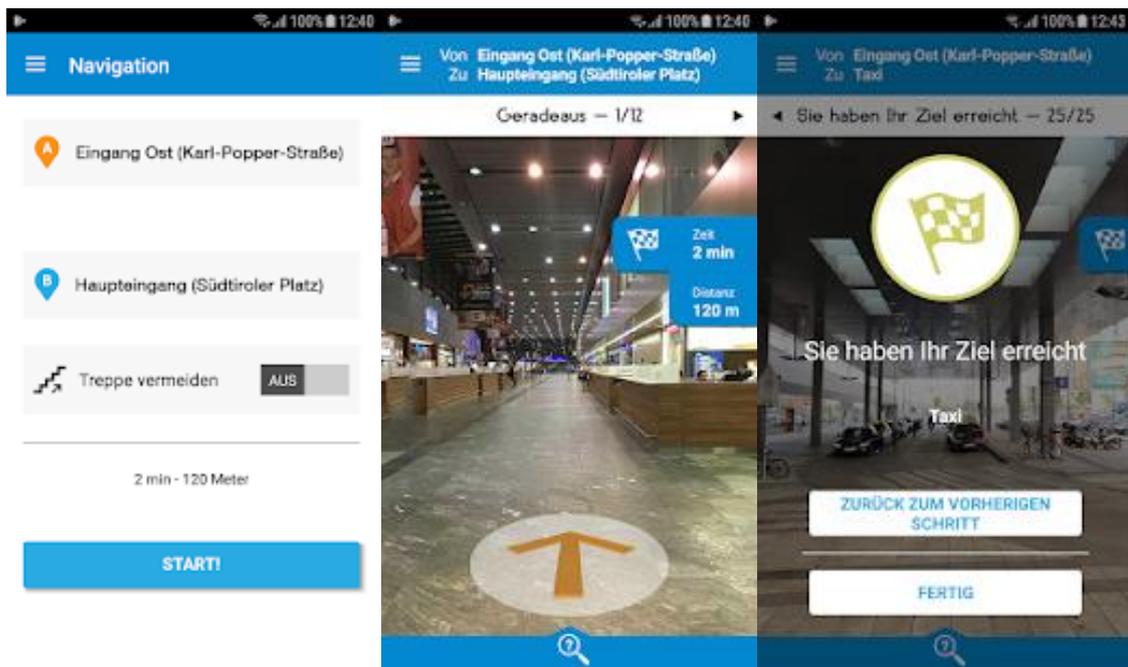
### **Navigationsapp „ÖBB Hauptbahnhof Wien“**

Das Team der Digitalen Innovationen (DIGI@ttack) des ÖBB Business Competence Center entwickelt derzeit eine Indoornavigationsapp für den Hauptbahnhof Wien mit dem Namen „**ÖBB Hauptbahnhof Wien**“. Die App ermöglicht eine Navigation durch den Wiener Hauptbahnhof mit Hilfe von Fotoabfolgen (Foto-Swiping). Die Positionsbestimmung mit Hilfe der App basiert theoretisch auf den folgenden Technologien (nicht alle davon sind durchgehend am Hauptbahnhof Wien verfügbar):

- GPS
- WLAN
- Aufnahme eines Fotos mit Hilfe der Smartphone-Kamera
- Manuelle Eingabe

Ist die aktuelle Startposition ermittelt und das gewünschte Ziel eingegeben, so wird über die App ein Foto angezeigt, welches das Bahnhofsgebäude aus dem Blickwinkel des gewählten Ausgangspunktes anzeigt. Eine Pfeilmarkierung auf dem Foto zeigt die erforderliche Bewegungsrichtung an. Zudem werden die Entfernung und die Wegzeit zum eingegebenen Ziel ermittelt. Die virtuelle Wegführung zum Ziel erfolgt mit einer Reihe von Fotoabfolgen. Die Einstellungen der App ermöglichen auch eine barrierefreie Wegführung für Personen mit Einschränkungen (z.B. über die Auswahl, Treppen zu vermeiden).

Zudem soll die App Funktionen im Bereich der Augmented-Reality bereitstellen. Mit Hilfe dieser Funktionen können Informationen zu unterschiedlichen Objekten durch ein einfaches Vorhalten des Smartphone-Displays eingeblendet werden. Diese Informationen umfassen beispielsweise Öffnungszeiten von Geschäften, Abfahrtszeiten von Zügen oder Gutscheine für Geschäfte, welche man auf dem Weg passiert. Zudem sollen auch statische Elemente wie Points of Interest (z.B. Toiletten, Ticketautomaten, Geschäfte) in die App integriert und Abfragen zu aktuellen Zügen (inkl. Waggon-Auslastung und Fahrplan in Echtzeit) ermöglicht werden. (futurezone.at, 2017) In Abbildung 2 finden sich Eindrücke über den aktuellen Entwicklungsstand der Indoornavigationsapp „**ÖBB Hauptbahnhof Wien**“:



**Abbildung 2:** Vorschau der App „ÖBB Hauptbahnhof Wien“.

Quelle: play.google.com (Zugriff am 03.07.2019)

Eine Analyse der Nutzererfahrung im Umgang mit der App „**ÖBB Hauptbahnhof Wien**“ erfolgte im Zuge der im vorliegenden Projekt durchgeführten Eyetracking-Studie am Hauptbahnhof Wien (siehe Kapitel 4).

## 2.2. Navigations- und Verkehrsmittelinformation

Mit den technologischen Herausforderungen zur Bereitstellung einer umfassenden, einheitlichen und bedürfnisangepassten Navigations- und Verkehrsmittelinformation befasst sich das Projekt „**VIATOR**“. Aktuell wird in der Kategorie Navigations- und Verkehrsmittelinformation außerdem das Projekt „**DIRIGENT**“ durchgeführt, welches sich mit der Entwicklung eines Leitsystems der Zukunft und einer innovativen Infobox für den Hauptbahnhof Wien beschäftigt. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu den beiden genannten Projekten.

### Forschungsprojekt „**VIATOR**“

- Langtitel: Verkehrsinfrastruktur für ein allgemeines, transportmittelübergreifendes und ortsbezogenes Reiseinformationssystem
- Laufzeit: 2011-2013
- Zielgruppe: allgemein & Personen mit besonderen Bedürfnissen

#### Beschreibung des Forschungsprojektes „**VIATOR**“:

Innerhalb des Projektes „**VIATOR**“ werden die folgenden vier Themenschwerpunkte hinsichtlich eines transportmittelübergreifenden und ortsbezogenen Reiseinformationssystems untersucht:

- Bereitstellung von verkehrsbetreiberübergreifenden Navigationsinformationen auf Basis einer einheitlichen Schnittstelle
- Anzeige und automatische Verarbeitung von aktuellen Verkehrsdaten (Verspätungen, Umleitungen, Unfälle)
- Berücksichtigung von Barrierefreiheit in unterschiedlichen Ausprägungen: Angefangen beim User-Interface für Blinde bis hin zur bedürfnisangepassten Informationsbereitstellung (d.h. unterschiedliche Informationen für Blinde, Sehbehinderte, Rollstuhlfahrer, etc.)
- Gestaltung eines offenen, selbstorganisierenden Systems, in dem jede Zielgruppe die für sie relevanten Informationen selbst aktualisieren, ergänzen oder löschen kann

#### Reflexion über das Forschungsprojekt „**VIATOR**“:

Die Bereitstellung von dynamischen und zuverlässigen Navigations- und Verkehrsmittelinformationen stellt einen zentralen Bestandteil für die erfolgreiche Ausgestaltung der Indoornavigation an Bahnhöfen dar. Da für die in diesem Bericht formulierte Empfehlung zwei über die Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice eine Integration umfassender Navigations- und Verkehrsmittelinformationen erforderlich ist, können die Erfahrungen aus dem Projekt „**VIATOR**“ hierfür als Informationsquelle herangezogen werden. Es konnten Erkenntnisse über die Schaffung eines zentralen Datenknotens durch die Schaffung einer Datenverschmelzung von Daten der

ÖBB, der Linzer Linien und des OÖ Verkehrsverbundes erzielt werden. Für den Themenschwerpunkt 3 erfolgte außerdem eine konzeptionelle Entwicklung von barrierefreien Interaktions- und Navigationsmodellen für die profilgesteuerte und bedarfsorientierte Abfrage von Verkehrsinformationen. Auch dieses Konzept kann als Grundlage für Empfehlung zwei herangezogen werden, da die Entwicklung eines individualisierbaren Userprofils einen zentralen Aspekt in Bezug auf die Nutzungsbereitschaft eines umfassenden Informations- und Navigationsservice darstellt. Im Rahmen von Themenschwerpunkt 4, der die Offenheit und Selbstorganisation des Systems adressiert, wurde untersucht, inwiefern über Benutzerprofileinstellungen automatisch Informationen für die jeweilige Zielgruppe zur Verfügung gestellt werden und diese auch von der Zielgruppe selbst verändert werden können. Diese Erkenntnisse stellen ebenfalls eine Grundlage für Empfehlung zwei dar.

### **Forschungsprojekt „DIRIGENT“**

- Langtitel: Dynamisches und interaktives Informations- und Leitsystem für den Bahnhof der Zukunft
- Laufzeit: laufend (geplant: 2018-2020)
- Zielgruppe: allgemein

### Beschreibung des Forschungsprojektes „DIRIGENT“:

Im Zuge des Projektes „**DIRIGENT**“ werden innovative Einsatzmöglichkeiten zur Neugestaltung und kundenorientierten Konzeption von Informationsmedien am Bahnhof erforscht.

### Reflexion über das Forschungsprojekt „DIRIGENT“:

Da es sich mit „**DIRIGENT**“ um ein laufendes Projekt handelt, ist eine Beurteilung der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse zum aktuellen Zeitpunkt nicht möglich. Während sich das vorliegende Projekt mit der ganzheitlichen Ausgestaltung der Indoornavigation an Bahnhöfen beschäftigt (siehe Kapitel 3), erfolgen im Zuge des Projektes „**DIRIGENT**“ Detailbetrachtungen von konkreten Komponenten, die jeweils einen zentralen Bestandteil für die ganzheitliche Ausgestaltung der Indoornavigation darstellen:

- Wegleitsystems 4.0
- Infopoint 4.0
- Fahrgastinformationssystem 4.0

### 2.3. Digitale Karten

Detailliertes, digitales Kartenmaterial stellt das Grundgerüst für die Entwicklung einer Navigationshilfe auf digitalen Endgeräten dar. Je genauer, ergänzend zum generellen Grundriss, die spezifischen Einrichtungen (wie Shops, Ticketschalter, Info-Point, Aufzüge, Rolltreppen etc.) eines Bahnhofes abgebildet werden, desto eher wird dem Nutzer der Abgleich zwischen Karte und Umgebung und damit die ungefähre Positionsbestimmung ermöglicht. Mit der Erstellung einer umfassenden, digitalen Kartengrundlage beschäftigt sich das Projekt „**Indoor Maps**“. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu dem genannten Projekt.

Im Projekt „**Indoor Maps**“ werden 12 Indoor-Pläne der Top-WLAN-Bahnhöfe erstellt (Wien Mitte, Wien Quartier Belvedere, Wien Flughafen, St. Pölten Hauptbahnhof, Linz Hauptbahnhof, Wels Hauptbahnhof, Salzburg Hauptbahnhof, Innsbruck Hauptbahnhof, Villach Hauptbahnhof, Klagenfurt Hauptbahnhof, Graz Hauptbahnhof, Bruck an der Leitha). Ziel ist es, Indoor- und Umgebungspläne nach dem Vorbild von Google Maps (längerfristig auch mit Routing) mit POI je Bahnhof (Lounge, Lift, WC, Gastronomie, Shops etc.) zu entwickeln. Mit den Plänen soll ein Mehrwert für die Fahrgäste und Kunden am Bahnhof geleistet werden. Dieses Kartenmaterial stellt eine wichtige Grundlage für die in diesem Bericht formulierte Empfehlung drei zur Entwicklung von umfassenden, detaillierten, digitalen als auch analogen Kartengrundlagen dar.

### 2.4. Data Science

Das Team von DIGI@ttack des ÖBB Business Competence Center beschäftigt sich außerdem mit der Entwicklung neuer Verfahren im Bereich „Data Science“. Für die Indoornavigation erscheint hier insbesondere die aktuelle Entwicklung eines automatisierten Auswertungsverfahrens mittels „**Advanced Videoanalytics**“ interessant. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu dem genannten Projekt.

#### **Advanced Videoanalytics**

Im Bereich der „**Advanced Videoanalytics**“ geht es um die Entwicklung eines automatisierten und anonymen Auswertungsverfahrens der Aufnahmen von Überwachungskameras, die seitens der ÖBB in öffentlichen Bereichen wie Bahnhöfen und Haltestellen betrieben werden. Die Überwachungskameras leisten einen wesentlichen Beitrag für die Sicherstellung eines reibungslosen und sicheren Bahnbetriebs. Automatisierte Verfahren können das Bahnhofspersonal in der Echtzeitüberwachung unterstützen, indem beispielsweise auf freistehende Gepäckstücke bzw. auf Gefahrensituationen automatisiert aufmerksam gemacht werden kann.

Anonymisierte und automatisierte Verfahren im Bereich der „**Advanced Videoanalytics**“ können für die Indoornavigation einen Mehrwert darstellen, um zukünftig Bewegungsströme innerhalb des Bahnhofsgebäudes besser zu verstehen und analoge sowie digitale Navigationshilfen darauf abzustimmen (z.B. für die Identifikation von Hotspots für die Situierung von Landmarken wie Schildern, Ticketautomaten, Informationsterminals etc.). (ÖBB Business Competence Center, 2019a)

## 2.5. Virtual Reality

Im Bereich der Virtual Reality werden zwei Projekte für die Evaluierung von Wegeleitsystemen innerhalb der virtuellen Umgebung „DAVE“ durchgeführt: „**IMITATE**“ und „**MOVING**“. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu den beiden genannten Projekten.

### Forschungsprojekt „IMITATE“

- Projekttitel: Immersive interaktive Testumgebung zur Evaluierung von Leitsystemen in Verkehrsinfrastrukturen
- Laufzeit: 2011-2013
- Zielgruppe: allgemein

#### Kurzbeschreibung des Forschungsprojektes „IMITATE“:

Im Rahmen des Projektes „**IMITATE**“ wird eine kontrollierte Testumgebung zur Evaluierung von Leitsystemen in Verkehrsinfrastrukturen erprobt. Die Basis stellt die virtuelle Umgebung „DAVE“ dar, die im Zuge des Projektes weiterentwickelt worden ist. Mit Hilfe dieser Testumgebung können Nutzen und Wirkungen von Leitsystemkomponenten in Fußgängerinfrastrukturen evaluiert werden. Im Rahmen zweier Case-Studies werden 106 Probanden durch die entwickelte virtuelle Repräsentation des Wiener Hauptbahnhofes geleitet.

Für die Leitsysteme gehen aus dem Projekt die folgenden wesentlichen Erkenntnisse hervor:

- Vollständigkeit und Lückenlosigkeit des Leitsystems
- Anbieten von Erstinformation beim Eintreten in den Raum
- Förderung der natürlichen Orientierung der Nutzer durch Infrastrukturen
- Trennung von Werbung und Wegeinformation
- Fluchtwegweisung: Rückfallvarianten bei Ausfall von energieabhängigen Leitsystemkomponenten

#### Reflexion über das Forschungsprojekt „IMITATE“:

Innerhalb einer virtuellen Umgebung kann die Vielzahl an spezifischen räumlichen Gegebenheiten und Kontextparametern sowie deren Variabilität und Komplexität nur bis zu einem begrenzten bzw. generalisierten Ausmaß repräsentiert werden (Besucherströme,

Geräuschkulisse etc.). Für eine zuverlässigere und aussagekräftigere Testung von Verfahren und Methoden und insbesondere zur Gestaltung der zentralen Leitsystemkomponenten erscheinen daher prototypische Umsetzungen in der realen Umgebung besser geeignet, um die Funktionalität der einzelnen Navigationshilfen während der Testphase sowie ex-post zu evaluieren. So sieht das Implementierungskonzept des vorliegenden Berichtes sowohl bei der Umsetzung bzw. der Adaption oder Ausweitung von analogen oder digitalen Navigationshilfen bei den einzelnen Empfehlungen immer eine Testphase in Form einer kleinflächigen, prototypischen Umsetzung inkl. anschließender Ex-post-Evaluierung vor (siehe Implementierungskonzept in Kapitel 5). Um eine der wesentlichen Erkenntnisse des Projektes „**IMITATE**“, nämlich ein konsistentes und flächendeckend lückenloses Leitsystem im Indoorbereich, tatsächlich garantieren zu können, sind dringend Begehungen mit Probanden direkt am Ort des Geschehens (i.e. Bahnhöfen) durchzuführen.

Grundsätzlich kann eine virtuelle Testumgebung für eine allgemeine Voraberschätzung bzw. für die Vorabtestung von umzusetzenden Szenarien herangezogen werden, da im Rahmen der virtuellen Testumgebung eine schnell durchführbare Simulation von unterschiedlichen Szenarien, Varianten oder Konfigurationen ermöglicht wird. Diese Simulationen stellen eine erste Erkenntnisgrundlage für die anschließende prototypische Umsetzung in der realen Umgebung dar.

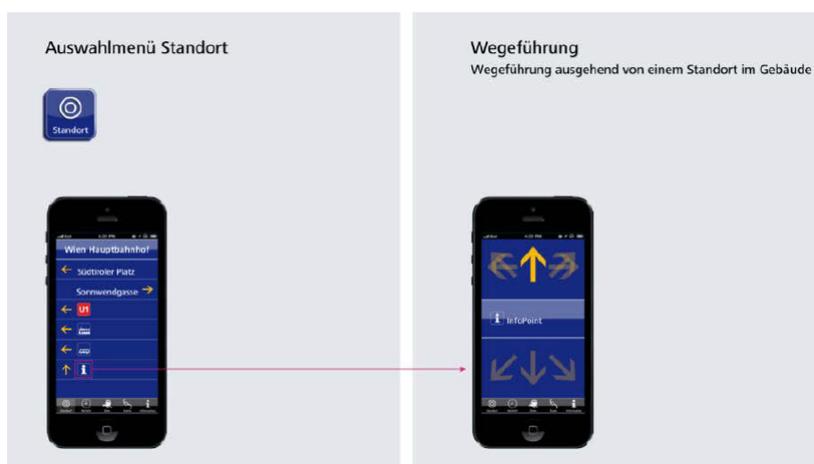
#### **Forschungsprojekt „MOVING“**

- Projekttitel: Methodik zur Optimierung von Indoor Leit- und Navigationssystemen
- Laufzeit: 2012-2014
- Zielgruppe: allgemein

#### Kurzbeschreibung des Forschungsprojektes „MOVING“:

Im Rahmen des Projektes „**MOVING**“ wird eine Methodik zur Verbesserung von Indoor-Leit- und Navigationssystemen entwickelt. Dies erfolgt durch die Weiterentwicklung der virtuellen Umgebung „DAVE“ sowie durch die Durchführung von Feldstudien unter Einbeziehung von Eyetracking in der virtuellen Umgebung. Nach Einschätzung des MOVING-Projektkonsortiums konnte die Eignung von virtuellen Umgebungen zur Evaluierung von Leit- und Navigationssystemen bestätigt werden. Mit Hilfe der im Projekt entwickelten Testumgebung können Szenarien zur Informationsbereitstellung getestet werden.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird ein Konzept für den Prozessablauf sowie für die grafische Umsetzung der mobilen Indoornavigation auf mobilen Endgeräten in Form eines „mobilen Schildes“ ausgearbeitet (siehe Abbildung 3). Die Idee dahinter ist, die mobile Navigationslösung optisch gleichartig wie die Anweisungen aus der realen Umgebung (d.h. in der Optik der statischen Beschilderung) umzusetzen.



**Abbildung 3:** Darstellung der mobilen Navigationslösung „mobiles Schild“ aus dem Projekt „MOVING“. Quelle: Ergebnisbericht Projekt Moving.

### Reflexion über das Forschungsprojekt „MOVING“:

Wie bereits unter der Reflexion über das Forschungsprojekt „IMITATE“ angemerkt, werden im vorliegenden Bericht prototypische Testungen von Navigationshilfen in realen Umgebungen den Testungen in virtuellen Umgebungen vorgezogen, da räumliche Gegebenheiten innerhalb von virtuellen Umgebungen nur begrenzt abgebildet werden können. Im Zuge des Projektes „Indoornavigation“ wird daher ein Feldtest über das Orientierungsverhalten von Bahnhofsbesuchern mittels Eyetracking-Begehungen direkt am Hauptbahnhof Wien vorgenommen. Auch in den im Rahmen des vorliegenden Berichtes abgeleiteten Empfehlungen (siehe Kapitel 5.1) sind Untersuchungen über die Wirkung und Funktionalität von Navigationshilfen im Indoorbereich ausschließlich über Begehungen bzw. Testungen in realen Umgebungen vorgesehen. Die Ergebnisse der Testungen in den realen Umgebungen können jedoch beispielsweise unterstützend für Empfehlung neun zur Ausweitung und Optimierung der Beschilderung herangezogen werden (beispielsweise die Erkenntnis, dass Pfeilrichtungen auf den analogen Schildern oftmals für Verunsicherungen bzw. Fehlinterpretationen anfällig sind). Sie können eine vertiefte Analyse vor Ort mittels Eyetracking jedoch nicht ersetzen. Das Konzept des „mobilen Schildes“ als mobile Navigationslösung ist grundsätzlich eine gute Idee, zumal die Beschilderung das zentrale analoge Element für die Indoornavigation darstellt und diese Lösung auch einen entsprechenden Wiedererkennungswert zwischen digitaler Routinganweisung und realer Routinganweisung gewährleistet. Für ein praktikables, barrierefreies und kundenorientiertes digitales Indoornavigationsservice wird in diesem Bericht jedoch die Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice (siehe Empfehlung zwei) vorgeschlagen.

## 2.6. Mixed Reality

Erste Testungen im Bereich der Mixed Reality, also der Verschmelzung von digitaler und physischer Realität, werden im aktuell laufenden Projekt „**HoloLens**“ des ÖBB Business Competence Center durchgeführt. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu dem genannten Projekt.

### HoloLens

Mit „**HoloLens**“ testet das Team der Digitalen Innovationen (DIGI@ttack) des ÖBB Business Competence Center eine eigenständige und holographische Brille, die es ermöglicht, während des Navigierens durch den echten Raum zusätzliche digitale Informationen über die Brille eingeblendet zu bekommen. Der Vorteil gegenüber einer virtuellen Realität besteht darin, sich durch die echte Welt fortzubewegen und via Sprachsteuerung oder auch über Gesten die virtuellen Informationen zu steuern, zu platzieren und zu verschieben. Der Begriff „**HoloLens**“ leitet sich von der Einspielung adaptiver Hologramme (z.B. Icons, Wetterinfos oder 3D-Modelle) ab, die sich flexibel an die Umgebung anpassen. Nutzer können spezifische Apps in das Sichtfeld der Brille einblenden lassen. (ÖBB Business Competence Center, 2019b)

Für die Indoornavigation stellt die „**HoloLens**“ unter Umständen eine interessante Möglichkeit für eine nahtlose Informationsübertragung zwischen realer und digitaler Welt sowie für die Angabe von Routinganweisungen über die Brille dar. Digitale Navigationsfunktionen (siehe Kapitel 3.2.3), können zukünftig über eine Brille anstatt über das Smartphone wiedergegeben werden, sodass während der Navigation der Blickkontakt auf die reale Welt ausgerichtet bleibt. In Abbildung 4 findet sich eine Veranschaulichung der „**HoloLens**“.



**Abbildung 4:** Darstellung der HoloLens. Quelle: bcc.oebb.at (Zugriff am 10.07.2019)

## Reflexion über den Einsatz von HoloLens für die Indoornavigation

Die „**HoloLens**“ werden derzeit für Schulungszwecke und auch als Remote Unterstützung für Techniker eingesetzt. Insbesondere im asiatischen Raum zeigt sich ein Trend in Richtung Entwicklung und erweiterten Einsatzbereichen von smarten Brillen. Für den Einsatz intelligenter Brillen im Bereich der Indoornavigation gilt es jedoch vorerst Erfahrungen in Bezug auf die Bereitschaft und Akzeptanz der Nutzer, eine solche Brille für Navigationszwecke zu verwenden, empirisch zu erheben. Außerdem sind datenschutzrechtliche Aspekte bei der Verwendung intelligenter Brillen und insbesondere bei der Verarbeitung der über die Brille generierten Daten zu berücksichtigen (wie etwa auch bei der Verwendung von Fitness-Armbändern und dem Upload von zum Beispiel Ruhepotenzialdaten in eine Cloud, wodurch der Nutzer eine Benachrichtigung erhält, sobald er müde wird). Es müsste somit insbesondere die Frage geklärt werden, ob die über die Brille generierten Daten tatsächlich beim Nutzer bleiben.

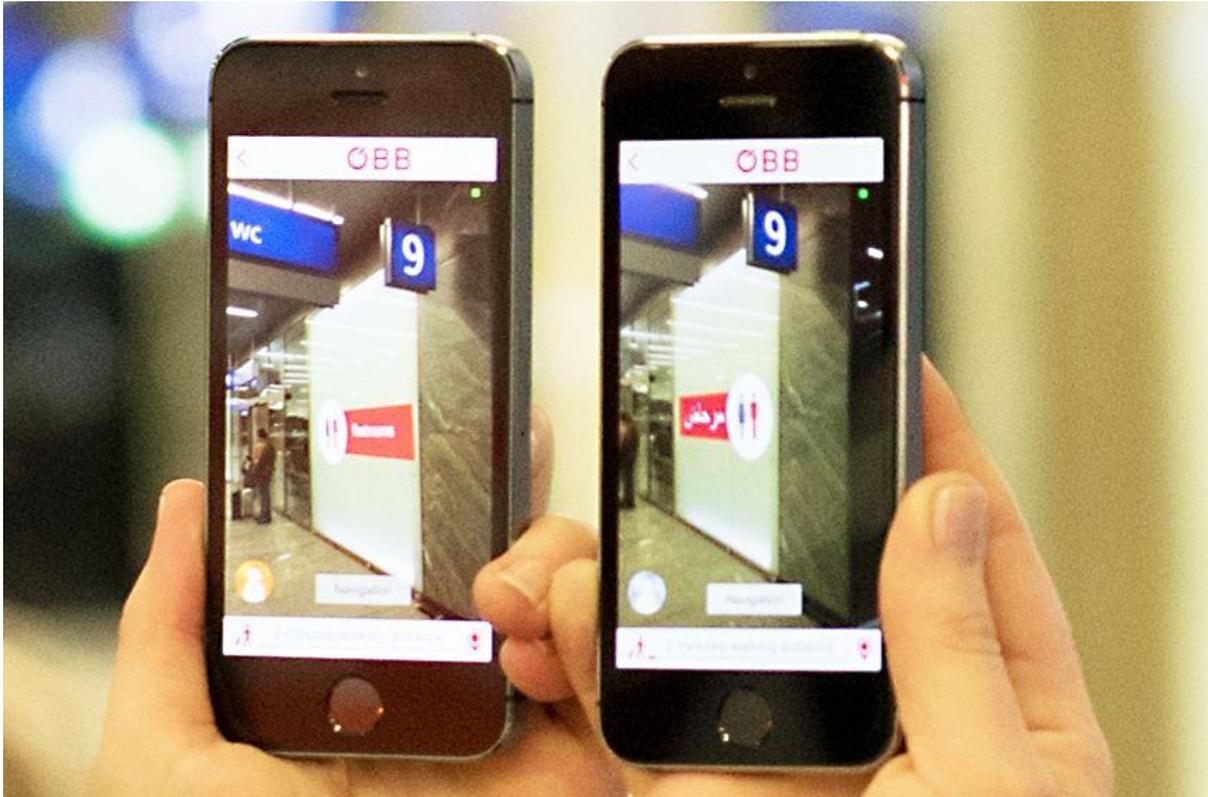
### **2.7. Augmented Reality**

Testungen im Bereich der Augmented Reality, also der erweiterten Realität, werden im Zuge der Entwicklung eines persönlichen Navigationsassistenten „**PIA**“ durchgeführt. „**PIA**“ stellt einen App-basierten Lösungsansatz für die Indoornavigation in Bahnhöfen oder Flughäfen dar. Bei „**PIA**“ handelt es sich derzeit noch um einen Prototyp, der seitens der ÖBB getestet und evaluiert wird. In der Folge findet sich eine Kurzbeschreibung zu dem genannten Projekt.

#### **Personal Indoor Assistant „PIA“**

Bei dem „**Personal Indoor Assistent**“ (PIA) handelt es sich um eine innovative App zur Indoornavigation in öffentlichen Bereichen wie beispielsweise in Bahnhöfen oder Flughäfen. Die Prototyp-App „**PIA**“ wird derzeit vom ÖBB Business Competence Center entwickelt.

Die Positionsbestimmung und Navigation durch den Innenraum des Hauptbahnhofs Wien erfolgt mit Hilfe der Smartphone-Kamera. In der App ist die gesamte Infrastruktur des Hauptbahnhofs integriert (Bahnsteige, Züge, Informationsschalter, Geschäfte, Restaurants, Banken, Post, Aufzüge, Sanitäranlagen, Informationsschalter und weitere Verkehrsanbindungen). Aufgrund der hinterlegten Informationsdichte über das Bahnhofsgebäude ist eine exakte Ortung des Nutzers innerhalb des Gebäudes möglich sowie eine exakte (unbehinderte) Routenführung durch das Gebäude selbst. Die App ist außerdem durch visuelle aber auch durch audiobasierte Routenführungen für unterschiedliche Nutzergruppen konzipiert. Die wichtigsten Points of Interest (wie etwa der Informationsschalter) sind multilingual in die App integriert, sodass Reisende und Besucher diese in der eigenen Sprache ausfindig machen können. (ÖBB Business Competence Center, 2019c) In Abbildung 5 findet sich ein erster Eindruck zur Indoornavigationsapp „**PIA**“.



**Abbildung 5:** Darstellung des „Personal Indoor Assistent“ (PIA). Quelle: bcc.oebb.at (Zugriff am 26.06.2019)

### Reflexion über den Personal Indoor Assistent „PIA“

„PIA“ stellt eine der wesentlichen Grundlagen für die im vorliegenden Projekt durchgeführte Definition von Navigationsfunktionen mobiler Endgeräte dar (siehe Kapitel 3.2.3). Im Sinne einer ganzheitlichen Gestaltung der Indoornavigation wurde im Rahmen dieses Projektes auch eine Empfehlung zur Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice verfasst. Mit PIA handelt es sich um eine erste Entwicklung in diese Richtung. Um die Nutzungsbereitschaft zur Verwendung von „PIA“ zu erhöhen, sollte die Abfrage von Navigationsanweisungen jedoch nicht nur ausschließlich durch Fotoabfolgen ermöglicht werden. Die zusätzliche Einbindung einer detaillierten, interaktiven Karte in die App, auf welcher der Umgebungskontext im Bahnhofsgelände exakt abgebildet wird (wie beispielsweise Landmarken, siehe Seite 51), stellt beispielsweise eine weitere praktikable Lösung dar, die Navigation und Orientierung innerhalb des Bahnhofsgeländes zu erleichtern.

### **3. KUNDENORIENTIERTE INDOORNAVIGATION AM BAHNHOF: EIN GESAMTBILD**

Ergänzend zu den seitens der ÖBB bereits durchgeführten Forschungen und Entwicklungen im Bereich der Indoornavigation erfolgt im Rahmen des vorliegenden Kapitels eine vertiefte Darstellung des State of the Art bezüglich der kundenorientierten Indoornavigation am Bahnhof. Dazu wird in diesem Kapitel auf die folgenden fünf Analysefragen im Detail eingegangen:

- Welche Diversity-Kriterien sind für die kundenorientierte Indoornavigation zu berücksichtigen?
- Welche Navigationshilfen gibt es am Bahnhof?
- Welche technologischen Verfahren und Methoden gibt es im Bereich der Indoornavigation?
- Welche internen Datenquellen (z.B. Fahrgastinformation, Fahrplan) werden miteinbezogen und welche externen Datenquellen können miteinbezogen werden (z.B. Nachrichten, Social-Media-Kanäle)?
- Wie unterscheiden sich Bahnhöfe untereinander in Bezug auf die Anforderungen an die Indoornavigation und welche Kategorisierung der Bahnhöfe kann dazu vorgenommen werden?

#### **3.1. Diversity-Kriterien**

Für die Entwicklung eines kundenorientierten Implementierungskonzeptes zur Indoornavigation am Bahnhof werden die folgenden Diversity-Kriterien berücksichtigt:

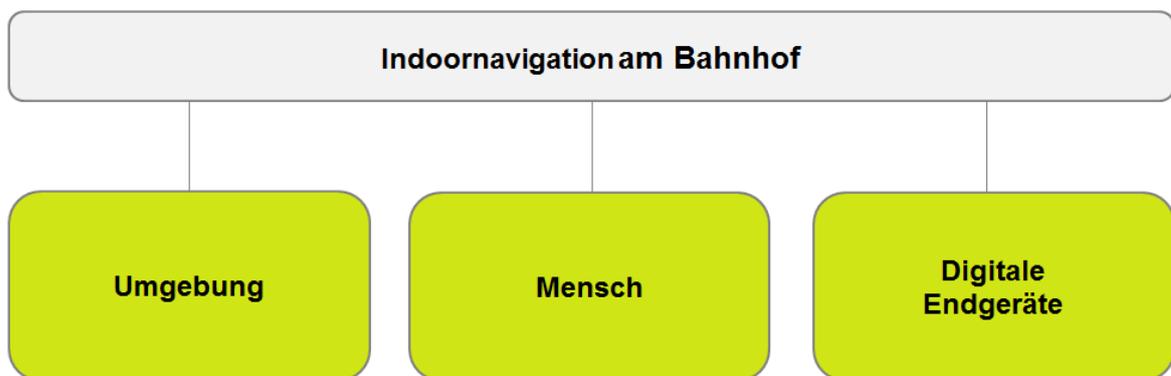
- Alter (jung/alt)
- Geschlecht (weiblich/männlich)
- Behinderung/Einschränkung (Körper-, Seh-, Hör- und geistige Einschränkung)
- Ethnie (deutschsprachig, nicht-deutschsprachig)

Die Diversity-Kriterien werden für die spätere Evaluierung der einzelnen Navigationshilfen und Navigationsfunktionen am Bahnhof (siehe Kapitel 5) herangezogen.

### 3.2. Navigationshilfen am Bahnhof

Für die Navigation durch den Bahnhof und für die Orientierung am Bahnhof können Bahnhofsbesucher eine Vielzahl an durch die Umgebung und Infrastruktur vorgegebenen Navigationshilfen unterstützend heranziehen. Aber auch digitale Endgeräte können mit Hilfe zahlreicher Navigationsfunktionen die Wegfindung am Bahnhof erleichtern.

Dem Bahnhofsbesucher stehen für die Zielfindung innerhalb eines Bahnhofes daher Navigationshilfen und Navigationsfunktionen aus den in Abbildung 6 dargestellten drei Kategorien zur Verfügung.



**Abbildung 6:** Kategorisierung der Navigationshilfen und -funktionen am Bahnhof.

Quelle: Eigene Darstellung

#### 3.2.1 Navigationshilfen durch die Umgebung

Die Navigationsunterstützung durch die Umgebung umfasst sämtliche durch die Umwelt und Infrastruktur vorhandenen statischen und temporären Anhaltspunkte, die der Orientierung und Wegfindung dienlich sind. Das Orientierungsangebot durch die Umgebung fördert die natürliche Orientierung des Menschen, das heißt eine Orientierung unter dem ausschließlichen Gebrauch des Angebotes aus der Umgebung ohne Heranziehung technologischer Hilfsmittel. Die Navigationsunterstützung durch die Umgebung umfasst für den Bahnhof die folgenden Elemente:

- Schilder
- Pläne
- Leitlinien und -signale
- Farbcodierung von Bereichen, Ebenen
- Fahrgastinformationen
- Landmarken (inkl. architektonischer Gestaltung)
- Architektur (architekturgestütztes Leitsystem)

Abbildung 7 findet sich eine detaillierte Darstellung der Navigationshilfen, die am Bahnhof durch die Umgebung bereitgestellt werden.

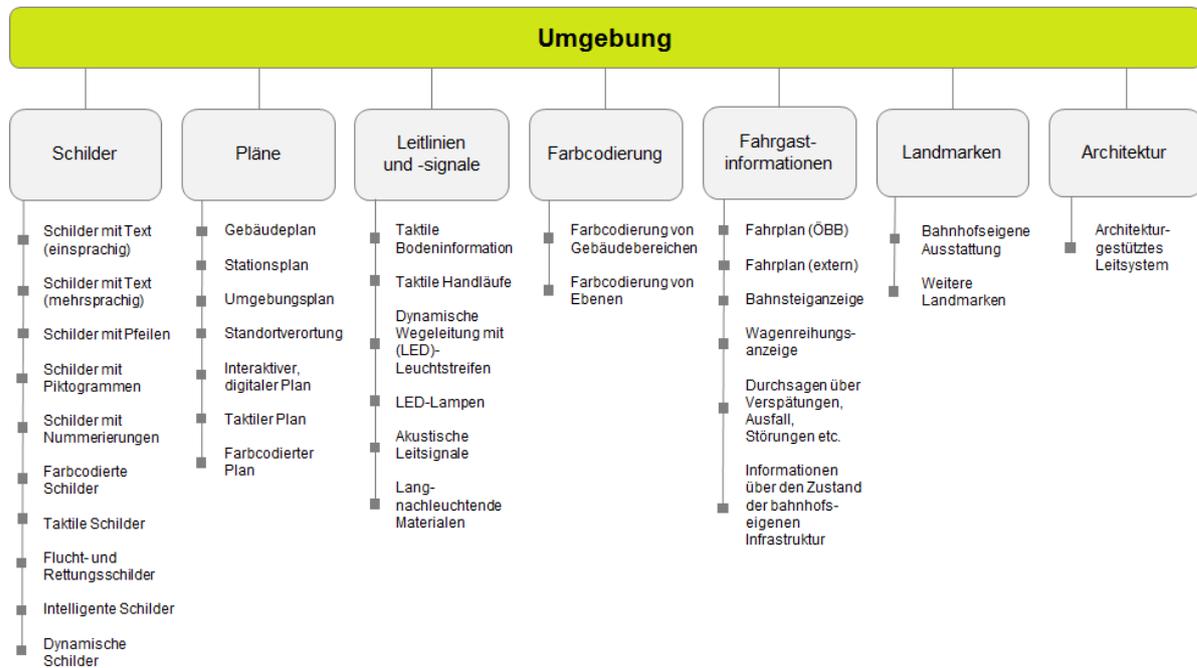


Abbildung 7: Überblick zu den Navigationshilfen in der Umgebung. Quelle: Eigene Darstellung

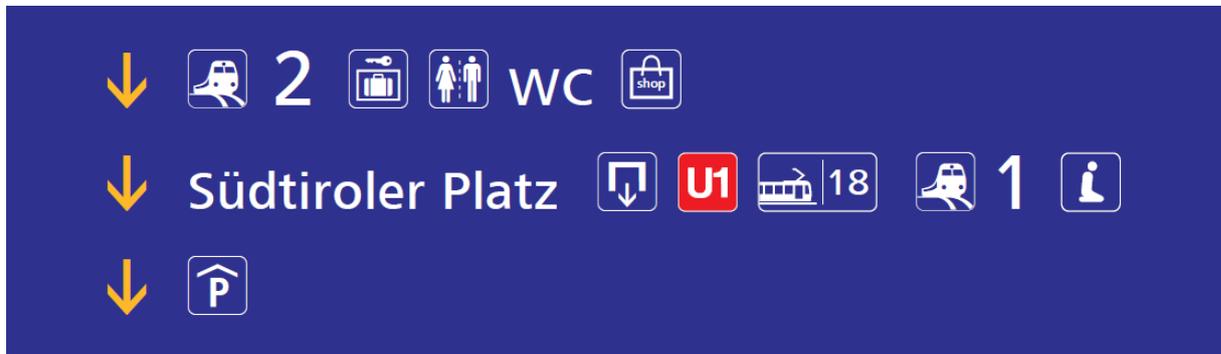
## Schilder

Schilder zählen zu den klassischen und für den Bahnhof dringlichsten Navigationselementen. Sie sind ausschlaggebend dafür, möglichst viele Menschen in möglichst kurzer Zeit durch das Bahnhofsgebäude bzw. zu den jeweiligen Nutzungsbereichen zu leiten. Schilder stellen nicht nur ein bloßes Leitsystem dar, sie machen den Raum erlebbar und erfahrbar. Im Idealfall wirken Schilder aufgrund ihrer Unaufdringlichkeit wie unsichtbare Navigationsbegleiter, da sie den Bahnhofsbesucher dabei unterstützen, möglichst rasch das gewünschte Ziel zu erreichen, ohne dass der Besucher besonders aufmerksam sein muss bzw. viel nachdenken muss. Im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ werden verschiedene Schilderarten für den Bahnhof definiert. Diese sind in der folgenden Tabelle 2 abgebildet. Da die Beschilderung eines der grundlegendsten Elemente für die Wegeleitplanung darstellt, werden in Tabelle 2 ergänzend Informationen aus dem Regelwerk für das Informations- und Wegeleitsystem (ÖBB-Infrastruktur AG, 2017) für die jeweiligen Schildarten angeführt.

Schildart	Vorgaben in Regelwerk	Kurzdetaills zu den Vorgaben
Schilder mit Text – einsprachige Schilder	ja	Vorgaben zu Schrift, Größe, Höhe, Abkürzungen, Situierung, Montage
Schilder mit Text – mehrsprachige bzw. englische Schilder	ja	Gleich wie bei einsprachigen Schildern, aber ergänzende Vorgabe zu englischsprachigen Texten: Hervorhebung mit schrägen Schriftschnitt (italic)
Schilder mit Pfeilen	ja	Vorgabe des Farbtons (orange) und der genauen Ausgestaltung der Pfeile: nach rechts, nach links, geradeaus bzw. nach oben, nach unten, nach halb rechts bzw. nach oben, nach halb links bzw. nach oben, nach rechts unten, nach links unten
Schilder mit Piktogrammen	ja	Vorgaben zu Anwendungsbereich, Unveränderbarkeit, Richtungsabhängigkeit, Anordnung, Gruppierung, Positionierung, Kombination mit Textbausteinen, Kombination mit Verkehrsträgern
Schilder mit Nummerierungen	ja	Vorgaben zur Nummerierung von Bahnsteigkennungsschildern
Farbcodierte Schilder	ja	Vorgaben zur Farbgebung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauerhafte Elemente = blau</li> <li>• Temporäre Elemente = gelb</li> <li>• Pfeile = orange</li> </ul>
Taktile Schilder	ja	Vorgaben zur Anbringung von taktilen Zielbestätigungen an: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufzügen</li> <li>• WCs</li> <li>• Abholstellen für Menschen mit besonderen Bedürfnissen</li> <li>• Barrierefreie Informationsschaltern</li> <li>• SOS-Säulen</li> </ul>
Flucht- und Rettungsschilder	ja	Vorgabe, dass die Fluchtwegplanung (Brandschutzplanung) in den Planungsphasen mit der Gestaltung des Informations- und Wegeleitsystems abzustimmen ist
Dynamische Schilder	ja	Vorgabe zur Anbringung von dynamischen Schildern an: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahnsteiganzeiger</li> <li>• Elektronischer Wagenreihungsanzeiger (je nach Kategorie der Verkehrsstation bzw. Bahnsteig)</li> <li>• Abfahrts- und Ankunftsmonitore</li> <li>• Hauptanzeigetafel</li> </ul>
Intelligente Schilder	nein	

**Tabelle 2:** Kurzübersicht zu Schilderarten am Bahnhof. Quelle: Eigene Darstellung

Schilder an einem Bahnhof können grundsätzlich mit **Texten** (einsprachig oder mehrsprachig bzw. Englisch), **Pfeilen**, **Piktogrammen** und **Nummerierungen** ausgestaltet sein. In Abbildung 8 findet sich ein exemplarisches Schild aus dem Aufnahmebereich des Hauptbahnhofes Wien, welches all diese Ausprägungen miteinander vereint.



**Abbildung 8:** Exemplarisches Sammelschild im Aufnahmebereich des Hauptbahnhof Wien mit Text, Pfeilen, Piktogrammen und Nummerierung. Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG.

Entsprechend dem Regelwerk für das Informations- und Wegeleitsystem (ÖBB-Infrastruktur AG, 2017) wird grundsätzlich die Farbe Blau für die dauerhafte Beschilderung und die Farbe Gelb für die temporäre Beschilderung verwendet.

**Farbcodierte Schilder** können ergänzend und in Abstimmung mit einer zugehörigen Farbcodierung von Gebäudebereichen und Gebäudeplänen ein eigenes Leitsystem darstellen und die Identifikation von Gebäudebereichen bzw. Ebenen insbesondere in mehrstöckigen Bauwerken erleichtern (wie beispielsweise die Anbringung einer farbcodierten Nummerierung der Ebenen an den Wänden bzw. an wichtigen Schlüsselstellen wie Treppen, Rolltreppen oder Aufzügen). Ein Beispiel für eine standardisierte Farbcodierung stellt beispielsweise das FLS-Farbleitsystem dar, welches für Schulen und öffentliche Gebäude entwickelt wurde, um die Wegfindung in Krisensituationen und Notfällen zu erleichtern (siehe Farbcodierung von Gebäudebereichen auf Seite 48).

Während die herkömmliche Beschilderung zumeist ein statisches Navigationselement in der Umgebung darstellt, können **dynamische Schilder** (beispielsweise LED-Schilder oder Prismenwender) sowohl als statische als auch als flexible Navigationselemente angebracht werden. Zudem können sie so designt werden, dass sie einen stärkeren Kontrast zur Umgebung als die herkömmliche Beschilderung erzeugen. Auf den Bahnhöfen der ÖBB werden dynamische Schilder laut Regelwerk für das Informations- und Wegeleitsystem (ÖBB-Infrastruktur AG, 2017) für die Bahnsteiganzeige, die elektronische Wagenreihungsanzeige, Abfahrts- und Ankunftsmonitore sowie für die Hauptanzeigetafel (auf großen Stationen) herangezogen. Dynamische Schilder können aber beispielsweise auch in spezifischen

Störungsfällen (wie etwa im Falle eines Schienenersatzverkehrs) als auffällige, gelb leuchtende Schilder zugeschaltet werden und ein temporäres Leitsystem für diesen spezifischen Bedarfsfall bilden.

**Intelligente Schilder** können statische und dynamische Inhalte kombinieren und mit weiteren Funktionen wie beispielsweise mit Sensoren ausgestattet sein. Seitens der ÖBB wurde die Entwicklung intelligenter Schilder durch den Schilderhersteller Bayer bereits beauftragt: Die intelligenten Schilder sollten dabei mit taktile Schrift versehen werden und mit QR-Codes (siehe Seite 73) ausgestattet werden. Mit Hilfe der QR-Codes können beispielsweise Fahrpläne und aktuelle Informationen über den Betrieb über das Smartphone ausgelesen werden. (OÖ Nachrichten, 2014)

**Taktile Schilder** (beispielsweise mit Brailleschrift) innerhalb des Bahnhofgebäudes stellen eine wesentliche Ergänzung zur taktilen Bodeninformation (z.B. Bodenrillen und Aufmerksamkeitsfelder, siehe Seite 42) dar. Laut dem Regelwerk für das Informations- und Wegeleitsystem (ÖBB-Infrastruktur AG, 2017) werden taktile Schilder entsprechend der ÖNORM V 2105 als taktile Zielbestätigungen an den folgenden Einrichtungen an den Wänden angebracht:

- Aufzug
- WC
- Abholstelle für Menschen mit Behinderung und Menschen mit eingeschränkter Mobilität
- Barrierefreie Informationsschalter
- SOS-Säule

Das Auffinden von Fluchtwegen und von Standorten mit Erste-Hilfe-Einrichtungen wird durch **Flucht- und Rettungsschilder** in Form der klassischen grün-weißen Rettungsschilder ermöglicht (ÖNORM EN ISO 7010). Die Rettungszeichen weisen eine international verständliche Symbolik zur eindeutigen Kommunikation von Sicherheitsaussagen auf. In Abbildung 9 findet sich ein Überblick über die Flucht- und Rettungszeichen für den Hauptbahnhof Wien. Flucht- und Rettungsschilder müssen in der Dunkelheit leuchten und bestehen zumeist aus langnacheleuchtendem Material.

Ergänzend zu den Flucht- und Rettungsschildern können langnacheleuchtende Bodenleitlinien aus fluoreszierendem Material eine Möglichkeit zur Ausweitung des Sicherheitsleitsystems innerhalb des Bahnhofgebäudes darstellen.



**Abbildung 9:** Flucht- und Rettungszeichen am Hauptbahnhof Wien. Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG.

## Pläne

Zusätzlich zur Beschilderung stellen Übersichtspläne eine grundlegende und klassische Orientierungshilfe dar. Zu den klassischen Übersichtsplänen am Hauptbahnhof Wien zählen der Gebäudeplan, der Stationsplan und der Umgebungsplan. Weitere Planarten stellen taktile Gebäudepläne, farbcodierte Pläne (beispielsweise gemäß dem standardisierten FLS-Farbleitsystem, siehe Seite 48) und interaktive Gebäudepläne dar. Grundsätzlich ist bei der Aufstellung von Gebäudeplänen auf eine prominente und auffällige Platzierung der Pläne zu achten. Mit einer angemessenen Positionierung und Ausgestaltung können Pläne als wichtige Landmarken (siehe Seite 51) fungieren.

Ein **Gebäudeplan** stellt den Grundriss des Gebäudes dar und dient der übersichtlichen Darstellung und Verortung der am Bahnhof situierten Einrichtungen. Im Idealfall informiert der Gebäudeplan über den **aktuellen Standort** des Besuchers innerhalb des Gebäudes. Der Gebäudeplan des Hauptbahnhof Wien ist in Abbildung 10 dargestellt.



Ein **Stationsplan** verschafft im Vergleich zum detaillierten Gebäudeplan einen groben Gesamtüberblick über die Struktur der Station bzw. des Bahnhofgebäudes inklusive der Darstellung der einzelnen Bahnsteige bzw. der bahnhofseigenen Infrastruktur. Im Stationsplan des Hauptbahnhofes Wien werden die am Bahnhof befindlichen Einrichtungen (wie Geschäfte oder Bankomat) überblicksmäßig verortet. Der Stationsplan des Hauptbahnhofes Wien ist in Abbildung 11 dargestellt.



Abbildung 11: Stationsplan am Hauptbahnhof Wien. Quelle: hauptbahnhofcity.wien

Mit Hilfe eines **Umgebungsplanes** kann der Bahnhofsbesucher eine übergeordnete Einordnung des Bahnhofgebäudes in die umgebende Stadt- bzw. Ortstruktur vornehmen und somit beispielsweise wichtige Anknüpfungsstellen zu weiteren öffentlichen Verkehrsmitteln leichter ausfindig machen. Der Umgebungsplan stellt folglich ein wesentliches Hilfsmittel für einen erfolgreichen Übergang von der Indoor- zur Outdoornavigation dar. Der Umgebungsplan für den Hauptbahnhof Wien ist in Abbildung 12 dargestellt.

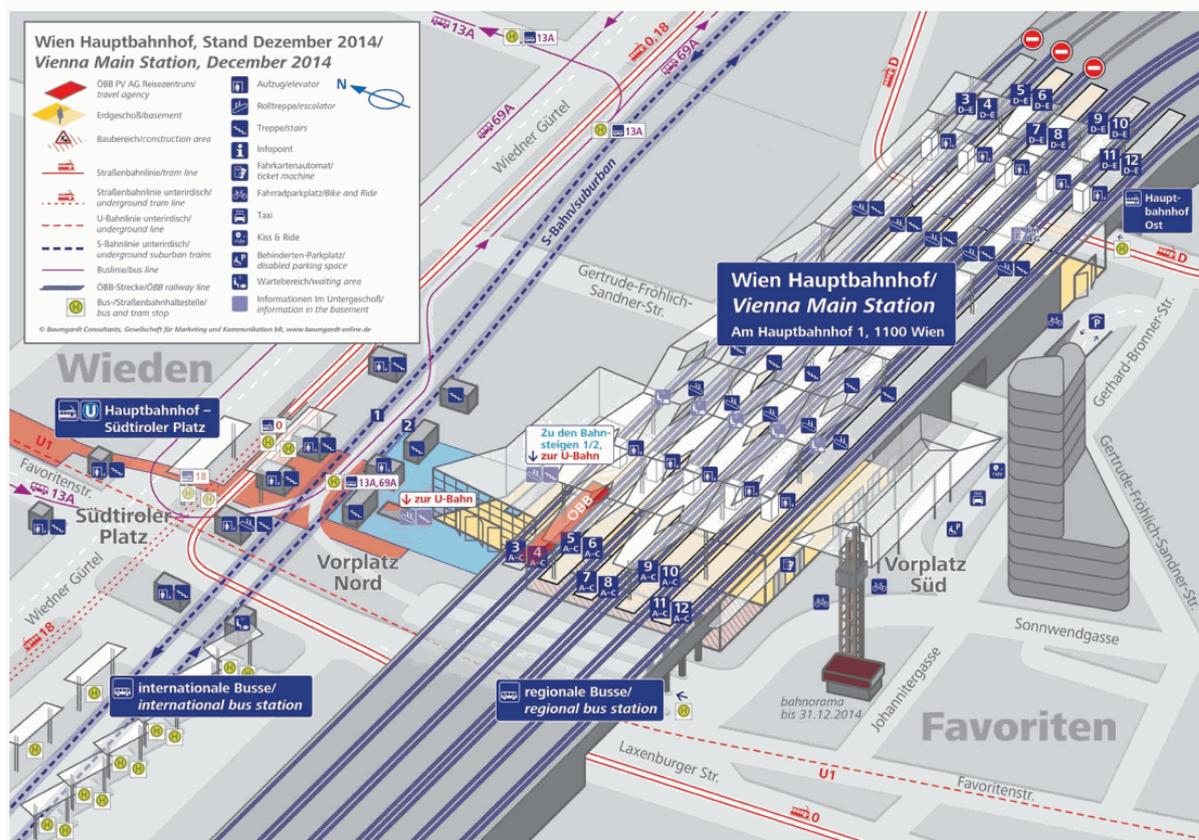
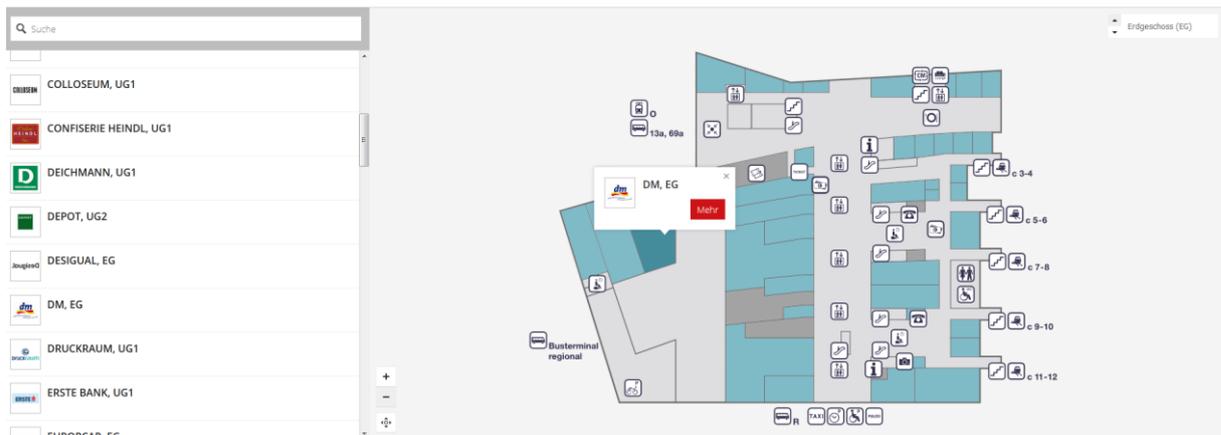


Abbildung 12: Umgebungsplan am Hauptbahnhof Wien. Quelle: wien-hbf.at

Studien wie etwa Wang et al. (2018) zur Wegführung in Indoor-Umgebungen können nachweisen, dass in mehrstöckigen Bauwerken Personen ohne die Assistenz von Gebäudeplänen wesentlich höhere Orientierungsprobleme aufweisen. Besonders an wichtigen Entscheidungspunkten können Passanten ohne Gebäudepläne ihre Orientierung oder die Kenntnis über ihren aktuellen Standort verlieren. **Interaktive, digitale Pläne** können unter Umständen hilfreicher für die Orientierung und Positionsbestimmung sein als herkömmliche analoge Pläne, da sie auf die Eingabe von Nutzern (z.B. Selektion von Kartenobjekten wie etwa Einrichtungen am Bahnhof) reagieren können und unterschiedliche Zoomstufen (Detaillierungsgrade) der Gebäudestruktur ermöglicht werden.

Der interaktive, webbasierte Gebäudeplan für die BahnhofCity des Hauptbahnhof Wien ist in Abbildung 13 dargestellt und online über den folgenden Link abrufbar:

<https://www.hauptbahnhofcity.wien/das-center/centerplan/lageplan/?location=p865-44>



**Abbildung 13:** Auszug aus dem webbasierten, interaktiven Gebäudeplan der BahnhofCity am Hauptbahnhof Wien. Quelle: hauptbahnhofcity.wien (Zugriff am 26.06.2019)

Neben den bereits beschriebenen, tastbaren Schildern können auch **taktile Gebäudepläne** die barrierefreie Navigation und Orientierung unterstützen und eine Ergänzung zum bestehenden taktilen Leitsystem wie der taktilen Bodeninformation (siehe Seite 42) darstellen. Ein taktiler Gebäudeplan unterstützt sehbeeinträchtigte Personen dabei, sich einen Überblick über das Gebäude zu verschaffen. Eine taktiler Legende erklärt die einzelnen Elemente des Planes. Der Einsatz von Farbkontrasten (in Abstimmung mit der Farbcodierung von beispielsweise Gebäudebereichen oder farbcodierten Ebenen) kann die Lesbarkeit dieser Pläne für sehingeschränkte Personen zusätzlich unterstützen. In Abbildung 14 findet sich ein Beispiel für einen taktilen Gebäudeplan, der für den Bahnhof in Marburg umgesetzt wurde.



**Abbildung 14:** Taktile Gebäudeplan am Bahnhof Marburg.

Quelle: [allianz-pro-schiene.de](http://allianz-pro-schiene.de) (Zugriff am 24.06.2019)

**Farbcodierte Pläne** können ergänzend und in Abstimmung mit einer zugehörigen Farbcodierung von Gebäudebereichen und Schildern ein eigenes Leitsystem darstellen und die Identifikation von Gebäudebereichen bzw. Ebenen erleichtern. Ein Beispiel stellt hier das FLS-Farbleitsystem dar, welches für Schulen und öffentliche Gebäude entwickelt wurde, um die Wegfindung in Krisensituationen und Notfällen zu erleichtern (siehe Seite 48).

## Leitlinien und Leitsignale

Ergänzend zur Beschilderung und den Gebäudeplänen stellen auch Leitlinien und Leitsignale klassische Navigations- und Orientierungshilfen innerhalb eines Bahnhofsgebäudes dar. Leitlinien und Leitsignale können am Boden, an der Wand oder an der Decke angebracht sein. Leitlinien und Leitsignale sind zudem wesentliche Komponenten für die barrierefreie Ausgestaltung des Bahnhofgebäudes, da für Menschen mit Seheinschränkung Leitlinien in Form von taktilen Bodeninformationen und taktilen Handläufen eine verlässliche Orientierungshilfe darstellen. Zudem können LED-Lampen bzw. LED-Leitlinien eine innovative Ausgestaltung des bestehenden Leitsystems darstellen. Ein intelligentes Netzwerk an akustischen Leitsignalen im Bahnhofsgebäude kann unter Umständen zu einer Verbesserung der Orientierung für Personen mit Seheinschränkung beitragen. Langnachleuchtende Materialien wiederum stellen eine Möglichkeit zur Ausweitung des Sicherheitsleitsystems dar. In Tabelle 3 findet sich eine Übersicht zu den einzelnen Leitlinien und Leitsignalen.

Leitlinien und Leitsignale	Vorgaben in Regelwerk	Kurzdetails zu den Vorgaben
Taktile Bodeninformation	ja	Anbringung gemäß ÖNORM V 2102-1:2003 in Form vertiefter Rillen und Aufmerksamkeitsfelder
Taktile Handläufe	ja	Anbringung von taktilen Informationen gemäß der ÖNORM V 2105
Dynamische Wegeleitung mit (LED)-Leuchtstreifen	nein	
LED-Lampen	nein	
Akustische Leitsignale	nein	
Langnachleuchtende Materialien	nein	

**Tabelle 3:** Kurzübersicht zu Leitlinien und Leitsignalen (inkl. Vorgaben aus der Wegleitplanung).

Quelle: Eigene Darstellung

## Taktile Bodeninformation

Die Ausführung der taktilen Bodeninformation (TBI) ist in der ÖNORM V 2102-1:2003 verankert. Die taktile Bodeninformation der ÖBB-Infrastruktur AG besteht aus taktilen Leitlinien und Aufmerksamkeitsfeldern (wobei die Aufmerksamkeitsfelder abweichend von der klassischen ÖNORM als Leerfelder umzusetzen sind). Im Regelwerk für das Informations- und Wegeleitsystem (ÖBB-Infrastruktur AG, 2017) sind die Grundprinzipien zur Ausführung der taktilen Bodeninformation im Bahnhofsgebäude, an den Bahnsteigen, an Bushaltestellen enthalten. In jedem Fall muss gewährleistet werden, dass die taktile Bodeninformation an die folgenden Einrichtungen angebunden wird:

- Bahnhofstele
- Informations- und Kundenbetreuungseinrichtungen (sofern am Bahnhof vorhanden)
- Türanbindung
- Fahrkartenautomat
- Hauptinformationszone (Monitorvitrine barrierefrei)
- Öffentliche Verkehrsmittel

Bei der Gestaltung der taktilen Bodeninformation in Innenräumen ist grundsätzlich darauf zu achten, ein möglichst durchgängiges Leitsystem zu schaffen und gleichzeitig das Ausmaß an Information so gering wie möglich zu halten. Dies soll eine einfache Lesbarkeit des Informationssystems gewährleisten. Die Wahrnehmbarkeit der taktilen Bodeninformation ist durch ausreichend Kontrast zum umgebenden Bodenbelag zu gewährleisten. Die taktile Bodeninformation soll grundsätzlich an räumlichen Hindernissen vorbeiführen bzw. unvermeidbare Hindernisse für sehingeschränkte Personen klar erkenntlich machen.

Geländer stellen ein wesentliches Verbindungsglied bei der Ausgestaltung des taktilen Leitsystems dar. Die Ausführung der taktilen Information inkl. der **taktilen Handläufe** an Geländern ist in der ÖNORM V 2105 verankert.

## Dynamische Wegeleitung mit Leuchtstreifen

Das herkömmliche Wegeleitsystem in Form von Schildern, Plänen und Bodeninformationen kann mit Hilfe von dynamischen (elektronischen) Elementen wie etwa (LED)-Bodenleuchtstreifen innovativ ausgestaltet werden. Als ein konkretes Anwendungsbeispiel ist hier die leuchtende Bahnsteigkante am Bahnhof Stuttgart zu nennen (siehe Abbildung 15). Basierend auf der Messung der aktuellen Zugauslastung kann eine leuchtende Bahnsteigkante günstige Wartepositionen für Fahrgäste auf den Bahnsteigen darstellen und damit eine effizientere Abfertigung der Einstiegsprozesse ermöglichen. Sie zeigt den Fahrgästen an, wo sie am Bahnsteig am besten auf die Züge warten, indem Position und Auslastung der Züge in Echtzeit angezeigt werden. Die leuchtende Bahnsteigkante besteht aus in den Boden eingelassenen Leuchtsymbolen (Lichtfaserbeton), die mit Hilfe von Pfeilen oder Kreuzen darauf hinweisen, wo am Bahnsteig der Zug halten wird und wo genau sich die

Einstiegstüren befinden werden. In den Zügen selbst wird mit Hilfe von Kameras anonymisiert erfasst, wie stark die einzelnen Wagons ausgelastet sind (siehe „Advanced Videoanalytics“ des ÖBB Business Competence Center auf Seite 22). Basierend auf der Auswertung der Kameras zeigt die leuchtende Bahnsteigkante, entsprechend der Ampellogik aus dem Verkehr, mit Hilfe der Farben Grün, Gelb und Rot die Auslastung der einzelnen Wagons am Bahnsteig an. Die Idee hinter dieser dynamischen Orientierungslinie ist, dass das Einsteigen in den Zug rascher abgewickelt und damit der Verspätung von Zügen vorgebeugt werden kann. (Spiegel Online, 2018).



**Abbildung 15:** Leuchtende Bahnsteigkante am Bahnhof Stuttgart. Quelle: teckbote.de (Zugriff am 27.06.2019)

Nach einer ersten Testphase ist die leuchtende Bahnsteigkante am Bahnhof Stuttgart derzeit ausgeschaltet. Aus der Betriebsphase konnten jedoch erste wichtige Erfahrungen gewonnen werden: In Bezug auf die Umsetzung eines solchen Systems stellt insbesondere die Bereitstellung der Information in Echtzeit eine wesentliche Herausforderung dar (Austausch und Synchronisation von Daten zwischen der Technik am Bahnsteig und der Technik am Fahrzeug). Erste Kundenerfahrung mit der leuchtenden Bahnsteigkante in Stuttgart zeigen außerdem, dass die LED-Leuchten unter Tags nur sehr schlecht erkannt werden. Zudem verteilen sich die Reisenden entlang des Bahnsteiges verstärkt bei den Treppenaufgängen. Mit Hilfe der leuchtenden Bahnsteigkante konnte das Ziel, die Reisenden besser über den gesamten Bahnsteig zu verteilen, noch nicht erreicht werden. Zudem bestehen Schwierigkeiten bei der genauen Anzeige der Türposition des Zuges am Bahnsteig. Um die angezeigten Leuchtpunkte am Bahnsteig exakt anzufahren, müssen die Lokführer mit reduzierter Geschwindigkeit in den Bahnhof einfahren.

Wie in Abbildung 16 dargestellt, finden sich leuchtende Leitlinien in der Wiener U-Bahnstation Karlsplatz. Die Farben der leuchtenden Leitlinien sind hier den Farben der jeweiligen U-Bahnlinie (rot, lila, grün) zugeordnet, zu der sie führen.



Abbildung 16: Leuchtende Bodenleitlinien in der U-Bahn-Station Karlsplatz. Quelle: Eigene Aufnahme

## LED-Lampen

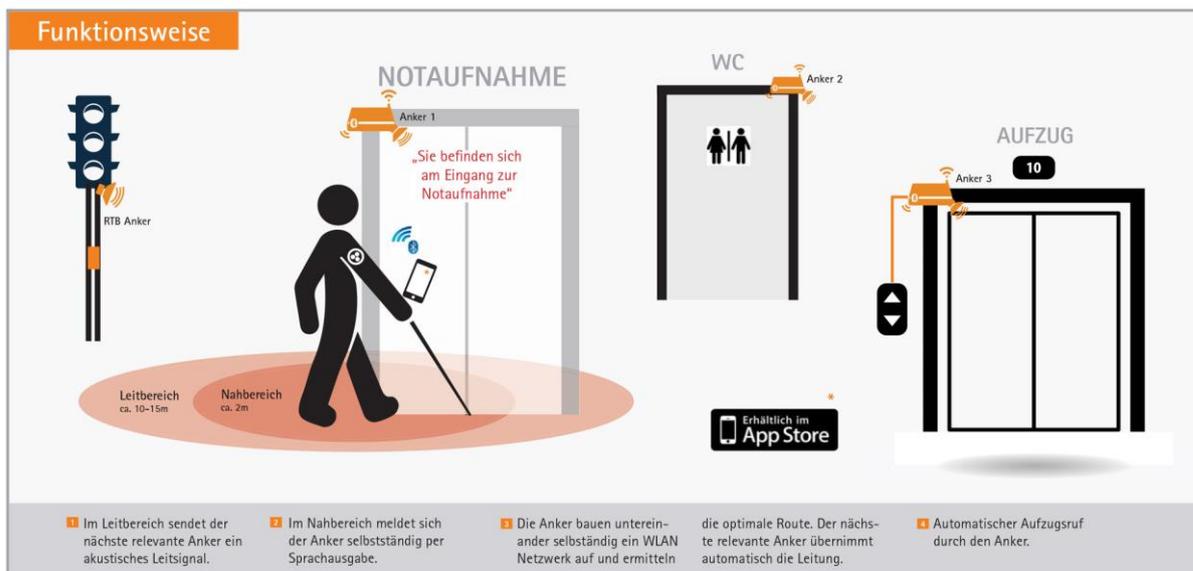
Ein intelligent vernetztes LED-Leuchtsystem in Form von LED-Lampen kann als Leitsystem innerhalb eines Bahnhofgebäudes eingesetzt werden. Hierfür sind die LED-Leuchten als Markierungsleuchten an wichtigen Infrastrukturen (wie zum Beispiel der bahnhofseigenen Ausstattung) anzubringen. Zudem können LED-Lampen auch als eine eigene Methode zur Positionsbestimmung innerhalb eines Gebäudes herangezogen werden (siehe Seite 67). Die sogenannte Visual Light Communication wird insbesondere in Supermärkten als Methode zur Positionsbestimmung getestet, wie beispielsweise von der französischen Supermarktkette Carrefour. (Der Standard, 2015)

## Akustische Leitsignale

Ein akustisches Informationssystem ermöglicht das zielgerichtete Abspielen von Tonsignalen (bekannt von den Tonsignalen an Fußgängerampeln) innerhalb des Bahnhofgebäudes. Es kann seh- und höreingeschränkte Personen bei der Navigation durch das Bahnhofgebäude unterstützen. Akustische Informationssysteme bestehen zumeist aus zwei Komponenten:

- einem Netzwerk an Basisstationen (statischer Teil des Systems), die an der Infrastruktur des Bahnhofgebäudes (beispielsweise Aufzüge, Rolltreppen, Geldautomaten, Toiletten etc.) angebracht sind und ein Signal aussenden und
- einem Empfänger (mobiler Teil des Systems, beispielsweise einem Smartphone), der von der Person mitgetragen wird.

Sobald der Empfänger in die Reichweite einer Basisstation eintritt, kann er durch Vibration bzw. durch das Abspielen von Tonsignalen reagieren. Mit Hilfe eines Knopfes, der am Empfänger angebracht ist, kann die in der aktuellen Basisstation enthaltene Information abgespielt werden. In Abbildung 17 findet sich eine beispielhafte Darstellung eines akustischen Informationssystems.



**Abbildung 17:** Beispielhafte Darstellung eines akustischen Leit- und Informationssystems.

Quelle: Signage and information system for visually impaired persons (sis4vip)

### Akustisches Orientierungssystem der Wiener Linien: POPTIS

Ein Umsetzungsbeispiel für ein akustisches Orientierungssystem ist das System **POPTIS**. POPTIS steht für „Pre-On-Post-Trip-Informationssystem“ welches seitens der Wiener Linien für die Navigation in den Stationen der Wiener U-Bahnlinien entwickelt wurde. Für blinde bzw. sehingeschränkte Personen werden mit Hilfe des Systems die möglichen Gehwege (d.h. Einsteigen, Aussteigen, Umsteigen von Bahnsteig zu Bahnsteig, von der U-Bahn zur Straßenbahn bzw. von einer Buslinie zur U-Bahn sowie alternative Gehwege im Störfall) in sämtlichen U-Bahn-Stationen erläutert. Die Informationen können von zu Hause als Reisevorbereitung über die POPTIS-Website (<http://poptis.wl-barrierefrei.at/>) bzw. unterwegs über einen MP3- bzw. über einen CD-Player abgespielt werden. In Abbildung 18 findet sich ein Beispiel für die Erläuterung des Umstiegsprozesses von der U1 Richtung Leopoldau auf die U4 Richtung Hütteldorf, die über die Website abgerufen wurde.

### Standort U-Bahnbahnsteig

**Bild** Linksdrehung, 37 Meter, entlang der Sicherheitslinie bis zur Querlinie. Rechts auspendeln.

**Bild** Abzweigung Sicherheitslinie, Rechtsdrehung, 6 Meter, entlang der Leitlinie bis zur Querlinie. Links auspendeln.

**Bild** Querlinie, Linksdrehung, entlang der Leitlinie und weiter frei bis zum Fahrtreppen und Stiegenantritt. Links befindet sich die Stiege, rechts die aufwärtsführende Fahrtreppe.

**Bild** Fahrtreppenantritt und Stiegenantritt, aufwärts, über die zweiläufige gerade Stiege mit einem Zwischenpodest oder über die Fahrtreppe.

**Bild** Fahrtreppenaustritt und Stiegenaustritt, geradeaus, entlang der Leitlinie bis zur Querlinie. Die Leitlinie beginnt an der linken Seite der Stiege.

**Bild** Querlinie, Linksdrehung, 13 Meter, entlang der Leitlinie bis zur Wand.

**Bild** Leitlinie mit Übergang zur Wand, rechts, 7 Meter, einige Schritte entlang der Wand. Die Wand befindet sich links. An die rechte Seite des Gangs wechseln. Der Gang ist zirka 6 Meter breit. Weiter entlang der Wand bis zur Ecke. Die

Wand befindet sich rechts.

**Bild** Wandecke, geradeaus, 44 Meter, entlang der Wand bis zur Ecke. Die Wand befindet sich rechts.

**Bild** Wandecke, Linksdrehung, 7 Meter, entlang der Wand bis zum Fahrtreppenantritt. Die Wand befindet sich rechts. An der Wand montierte Müllkübel. Geradeaus befindet sich die aufwärtsführende Fahrtreppe, ganz links abwärtskommende Fahrtreppen.

**Bild** Fahrtreppenantritt, aufwärts, über die Fahrtreppe.

**Bild** Fahrtreppenaustritt, 5 Meter, geradeaus, frei bis zur Querlinie.

**Bild** Querlinie, Linksdrehung, 5 Meter, entlang der Leitlinie bis zur Sicherheitslinie.

**Bild** Abzweigung Sicherheitslinie, Rechtsdrehung, 23 Meter, entlang der Sicherheitslinie bis zur Bahnsteigmitte. Die Bahnsteigmitte wird durch eine Querlinie markiert.

**Bild** Standort U-Bahnbahnsteig, Linksdrehung, **Bild** U4 Richtung Hütteldorf

### Alternative Gehwege

Im Fall einer Lift oder Fahrtreppenstörung wurde der alternative Gehweg unmittelbar in der Tripbeschreibung erläutert.

#### als mp.3 abspielen



**Abbildung 18:** Ausschnitt aus der POPTIS-Website. Veranschaulicht wird der Umstiegsprozess von der U1 Richtung Leopoldau auf die U4 Richtung Heiligenstadt.

Quelle: <http://poptis.wl-barrierefrei.at/> (Zugriff 29.08.2019)

Wie in Abbildung 18 veranschaulicht, sind die jeweiligen Wegstrecken durchaus exakt erläutert. Im Zuge einer Reisevorbereitung kann es für den Anwender daher hilfreich sein, sich vorab mit den Wegstrecken vertraut zu machen. Das Potential für dieses System liegt daher im Sinne einer Reisevorbereitung eher im Rahmen des „Pre-Trip“ bzw. nach Durchführung einer Reise („Post-Trip“) zur anschließenden Vertiefung der Wegstrecken. Es stellt sich jedoch die Frage der Praktikabilität der Navigations- bzw. Orientierungsunterstützung vor Ort. Der Anwender kann die Wegerläuterungen auf der geplanten Route durch Abspielen der Anweisungen über ein Medium wie einen MP3-Player bzw. einen CD-Player abspielen lassen. Hierfür ist jedoch aktives Starten und Stoppen beim Abspielen der Navigationsanweisungen gefragt. Durch die Komplexität der akustischen Textanweisungen verbunden mit weiteren räumlichen Einflussfaktoren innerhalb einer U-Bahn-Station (wie etwa hohe Bewegungsströme oder Durchsagen), besteht die Vermutung, dass der Anwender während der Navigation durch die U-Bahnstation durch die Vielzahl an zusätzlichen Sinneseindrücken überfordert ist. Hier kann es beispielsweise passieren, dass der Anwender eine Navigationsanweisung überhört und die weitere Abfolge nicht mehr erfolgreich einhalten kann. Zudem ist das System statisch ausgelegt, da eine spontane Änderung der Reiseplanung nicht möglich ist. Wie auch bereits in der Vorstellung der ÖBB-seitigen Vorprojekte im Bereich der Indoornavigation (siehe Kapitel 2), wird daher auch POPTIS als technologische „Insellösung“ eingeschätzt. Es bestehen insbesondere Bedenken in Bezug auf die Flexibilität und vor allem in Bezug auf die Usability bzw. Praktikabilität des Systems bestehen.

### **Langnachleuchtendes Material**

Langnachleuchtende bzw. fluoreszierende Materialien sind Materialien, die über die Allgemeinbeleuchtung eines Gebäudes aufgeladen werden (Aufladephase) und bei Dunkelheit die gespeicherte Energie abgeben (Entladungsphase). Sie geben ein gelbgrünes Licht ab und werden für die Bildung von Sicherheitsleitsystemen als Ergänzung zu den bestehenden Flucht- und Rettungsschildern herangezogen. Die Dauer der Aufladephase hängt von der Lichtart und der Beleuchtungsstärke innerhalb des Gebäudes ab. Je höher die Beleuchtungsstärke des Gebäudes, desto schneller lädt sich das Material auf.

Langnachleuchtende Materialien weisen die folgenden Eigenschaften auf:

- Ausfallsicher aufgrund der Stromunabhängigkeit
- Kostengünstig, da die Materialien relativ günstig sind und keine laufenden Stromkosten anfallen
- Wartungsarm bzw. leicht nachzurüsten (da keine Elektroinstallationen notwendig sind)
- Leicht implementierbar, da die Materialien fast überall angebracht werden können (Boden, Wand, Decke)

### **Farbcodierung von Gebäudebereichen bzw. Ebenen**

Eine klare farbliche Zuordnung von Gebäudebereichen bzw. Ebenen kann in Abstimmung mit den Gebäudeplänen eine kostenbewusste und zuverlässige Orientierungshilfe innerhalb eines mehrstöckigen Bahnhofgebäudes darstellen. Ein Beispiel für eine genormte Farbcodierung stellt das FSL-Farbleitsystem dar. Dieses wurde von Dejan Pavlovic im Jahr 2009 entwickelt und dient der einfachen Orientierung in Krisen- und Notfallsituationen an Schulen und in öffentlichen Gebäuden. Es wurde und wird in Austausch mit Schulen und der Polizei entwickelt und dient Rettungsdiensten, Feuerwehren und Einsatzkräften als leicht erfassbares Orientierungssystem. Das FLS-Farbleitsystem unterscheidet dabei zwischen dem öffentlichen und sichtbaren Teil des FLS-Farbleitsystems (wie z.B. Türmarker, Eingangsmarker, Schilder etc.) und eigenen, internen und FLS-genormten Orientierungsplänen, die der Polizei, Feuerwehr und Rettungsdiensten zur Verfügung gestellt werden. Das FLS-Farbleitsystem (FLS) kann auch in Abstimmung mit der taktilen Bodeninformation realisiert werden. In Abbildung 19 findet sich eine Veranschaulichung des FLS-Farbleitsystems.

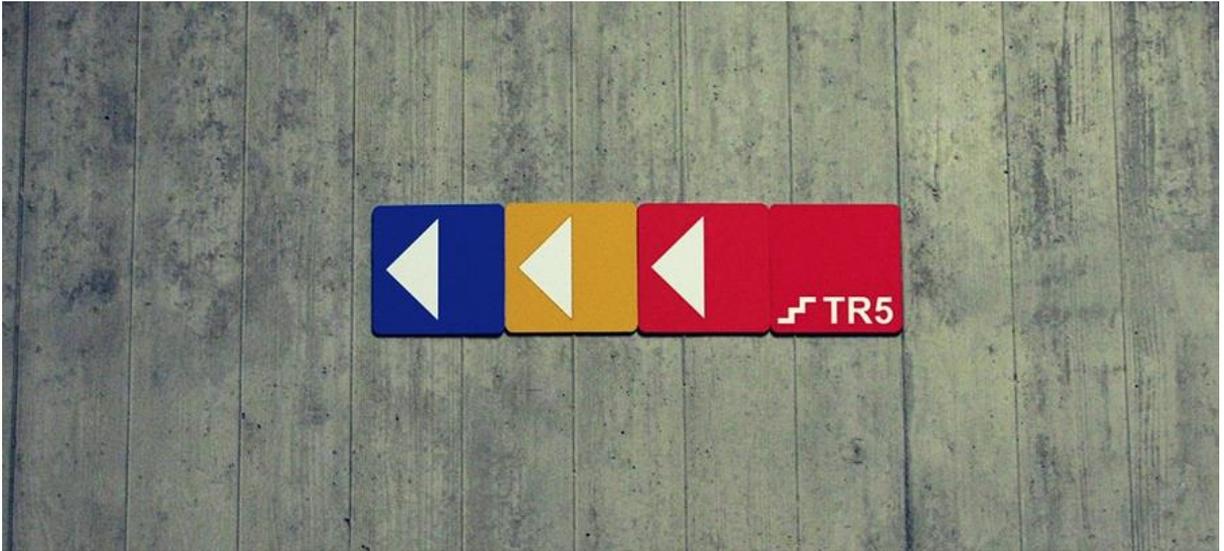


Abbildung 19: Beispielbild für das FLS-Farbleitsystem. Quelle: farbleitsystem.com

### **(Dynamische) Fahrgastinformation**

Die dynamische Fahrgastinformation dient dazu, Reisende über den Bahnbetrieb in Echtzeit zu informieren. Die Informationen des Fahrgastinformationssystems setzen sich aus langfristig festgelegten Informationen (wie z.B. dem Jahresfahrplan) und aktuellen dynamischen Informationen (wie z.B. Abweichungen im Fahrplan) zusammen. Zudem kann das Fahrgastinformationssystem über aktuelle Störungen der bahnhofseigenen Infrastruktur (wie beispielsweise Ausfall von Aufzügen, Rolltreppen oder Ticketautomaten) informieren. Das Fahrgastinformationssystem besteht aus den folgenden analogen und digitalen Komponenten:

- Analoges Fahrplan (ÖBB)
- Analoges Fahrplan (extern)
- Analoge Bahnsteiganzeige
- Analoge Wagenreihungsanzeige
- Elektronischer Fahrplan (ÖBB)
- Elektronischer Fahrplan (extern)
- Elektronische Bahnsteiganzeige
- Elektronische Wagenreihungsanzeige
- Durchsagen über Verspätungen, Störungen, Ausfälle etc.
- Informationen über den Zustand der bahnhofseigenen Infrastruktur

Mobile Endgeräte ermöglichen es, auf das Fahrgastinformationssystem von überall aus zuzugreifen und erleichtern die Reiseplanung damit wesentlich. So erhält der User beispielsweise Informationen über Verspätungen oder den Ausfall von Zügen in Echtzeit und unabhängig vom aktuellen Standort. Die Integration der Fahrgastinformation stellt ein wesentliches Kriterium bei der Ausgestaltung eines digitalen Indoornavigationssystems dar.

## Landmarken

Der Begriff „Landmarke“ findet seinen Ursprung in der Schifffahrt und dient der Bezeichnung für ein auffälliges, weithin sichtbares topographisches Objekt (wie etwa Leuchttürme, Kirchen, Berge, Burgen etc.). Solche Objekte werden auf Karten markiert und hervorgehoben. Landmarken spielen daher seit langer Zeit eine wesentliche Rolle bei der räumlichen Navigation und Orientierung. Sie sind eindeutige Orientierungspunkte (Merkzeichen) im Raum. Dies gilt sowohl für die Navigation und Orientierung im Außen- als auch im Innenbereich. In Abbildung 20 findet sich ein Beispiel für eine Landmarke in Form eines spezifischen Merkmals (Statuten, Monumente) am Hauptbahnhof Wien.



**Abbildung 20:** Landmarke am Hauptbahnhof Wien. Quelle: Eigene Aufnahme

Neben der Funktion als Bezugspunkt unterstützen Landmarken die Selbstverortung und Orientierung während der Wegeführung. Das Fehlen von Landmarken macht es für Personen schwierig, ihren Weg fortzusetzen, wenn sie an einem Entscheidungspunkt mit verschiedenen Richtungen stehen. Zugleich führen landmarkenbasierte Anweisungen zu einer effektiveren und effizienteren Aufgabenbewältigung und zu einer höheren Zufriedenheit der Anwender. Erwähnenswert ist auch, dass eine landmarkenbasierte Navigation zu einem Erwerb

räumlichen Wissens führt und eine Ortssuche in weiteren Durchläufen ohne Navigationshilfen erfolgen kann.

Landmarken sind im Vergleich zu anderen Objekten in der Umgebung leicht erkennbar. Die wichtigste Eigenschaft einer Landmarke ist ihre Auffälligkeit. Die Auffälligkeit definiert sich durch ihre visuellen Eigenschaften, ihre Bedeutung für die Nutzer sowie durch ihre Position in der Umgebung. Ein weiteres Kriterium stellt die Langfristigkeit einer Landmarke dar. Objekte, die dauerhaft an ihrem Standort bestehen bleiben, werden für die Orientierung bevorzugt.

In einem Bahnhofsgebäude können insbesondere gut sichtbare und prägnante architektonische Strukturen wie Stiegen, Rolltreppen, Aufzüge oder Hinweisschilder als Landmarken dienen und in Routinganweisungen berücksichtigt werden. Bei den Landmarken auf Bahnhöfen kann zwischen Landmarken der bahnhofseigenen Ausstattung und weiteren Landmarken differenziert werden. Eine Übersicht über in Bahnhofsgebäuden existierende Landmarken findet sich in der folgenden Tabelle 4.

Bahnhofseigene Ausstattung	Weitere Landmarken
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ticketautomat</li> <li>• Ticketschalter</li> <li>• Infopoint</li> <li>• Interaktives Informationsterminal</li> <li>• Reisezentrum</li> <li>• Telefon</li> <li>• Notrufsprechstelle</li> <li>• Aufzug</li> <li>• Rolltreppe</li> <li>• Ein- bzw. Ausgänge</li> <li>• WC-Anlagen</li> <li>• Schließfächer</li> <li>• Wartebereich</li> <li>• Sprechstelle bei Rollstuhlfahrer-Sammelplatz</li> <li>• Rollstuhlfahrer-Sammelplatz</li> <li>• Induktive Höranlagen</li> <li>• etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezifische Merkmale (wie Statuen, Monumente etc.)</li> <li>• Shops, Shopschilder</li> <li>• Werbung</li> <li>• Bankomat</li> <li>• Einrichtungen des öffentlichen Dienstes (z.B. Polizei)</li> <li>• Temporäre Kiosksysteme</li> <li>• etc.</li> </ul>

**Tabelle 4:** Übersicht zu Landmarken am Bahnhof. Quelle: Eigene Darstellung

## Architektur

In der Umgebung steht eine Vielzahl an Orientierungshilfen zur Verfügung, die verschiedene Wahrnehmungskanäle ansprechen und somit auch Menschen mit Einschränkungen bei der Orientierung helfen. Dazu zählen unter anderem Farben, Licht, Formen, Landmarken, Akustik, Haptik oder IT-Lösungen. Die Basis für die erfolgreiche Umsetzung eines umgebungs-spezifischen Leitsystems bildet die gebäudeeigene Architektur: Die Architektur eines Gebäudes bestimmt in hohem Maße die Orientierung im Raum und damit die Signaletik. Dies gelingt beispielsweise durch eine Zonierung von Gebäuden oder die Verwendung von schlichten bzw. auffälligen Grundrissen, Formen oder Materialien.

In einer unbekanntenen Umgebung sorgt ein gutes Leitsystem nicht nur für eine intuitive Orientierung, sondern es wird auch zum Teil der Architektur des Gebäudes. Daher ist es wichtig, Orientierungssysteme bereits im Bauprozess zu berücksichtigen und sie an die gebäudespezifische Architektur anzupassen. Eine durchdachte Architektur leitet und ein auf sie abgestimmtes Leitsystem unterstützt dabei.

Ein architekturnahes Leitsystem wurde beispielsweise im Düsseldorfer „Horizon“, einem neuen Bürohaus von L'Oréal Deutschland, umgesetzt (siehe Abbildung 21).



**Abbildung 21:** Beispiel für ein architekturnahes Leitsystem im Düsseldorfer „Horizon“.

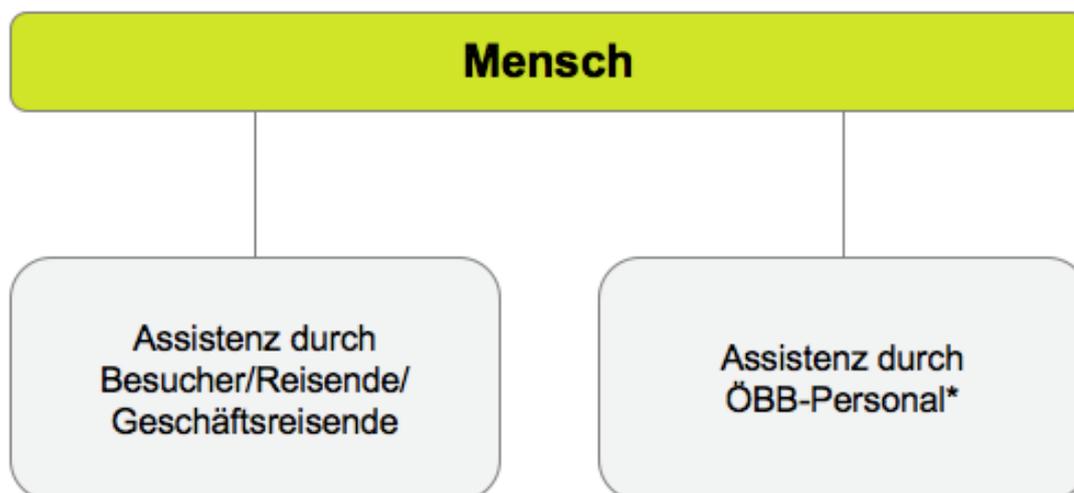
Quelle: dabonline.de (Zugriff am 26.09.2019)

### 3.2.2 Navigationshilfen durch den Menschen

Persönliche Auskünfte und persönliche Assistenz stellen eine wesentliche und innerhalb von Bahnhöfen sehr häufig vorkommende Hilfestellung im Rahmen der Wegfindung bzw. Zielsuche dar.

Da bei dieser Form der Navigationshilfe mehrere Sinne (Sehen, Hören und Fühlen) gleichzeitig angesprochen werden, entspricht der individuelle bzw. persönliche Kontakt mit anderen Menschen einer besonderen Form der Navigationsunterstützung. So können mündliche Auskünfte und Assistenz, die vor Ort und vor allem für Besucher mit besonderen Bedürfnissen erhältlich sind, die Navigation und Orientierung im Bahnhofsgebäude und damit den Reiseablauf verbessern. Wie in Abbildung 22 dargestellt, gliedert sich die Navigationsunterstützung durch den Menschen wie folgt:

- Assistenz durch Reisende, Geschäftsreisende bzw. Besucher
- Assistenz durch ÖBB-Personal



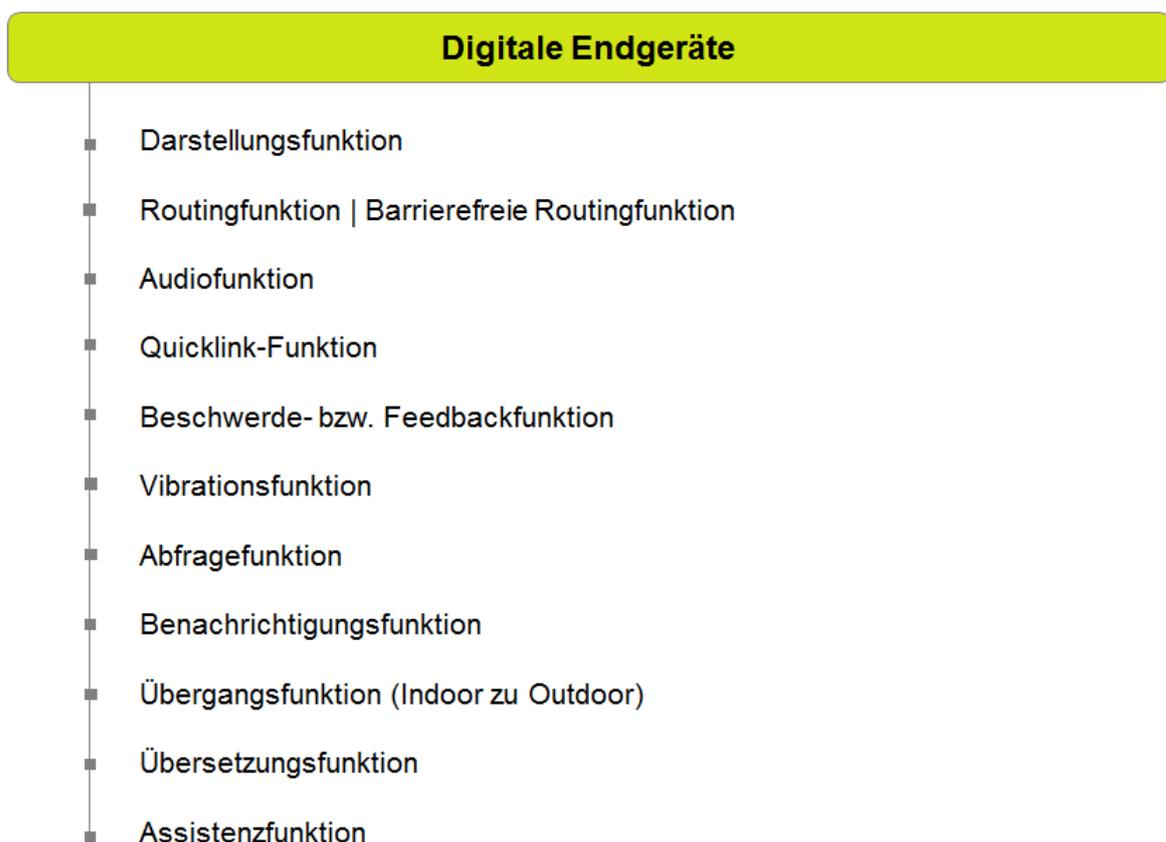
**Abbildung 22:** Navigationshilfe durch den Menschen. Quelle: Eigene Darstellung  
\*Personal der ÖBB-Infrastruktur bzw. im Auftrag der ÖBB-Infrastruktur oder der Eisenbahnverkehrsunternehmen (ÖBB PV, Westbahn, Regiojet etc.).

In Hinblick auf die Ausgestaltung einer kundenorientierten Indoornavigation am Bahnhof ist eine Auseinandersetzung mit dem Thema persönliche Assistenz wesentlich, da Hilfesuchende zumeist auf Reisende, Besucher des Bahnhofs bzw. das Personal am Bahnhof (insbesondere Mitarbeiter der Sicherheits- und Reinigungsfirma Mungos) zugehen, um Auskünfte zu erhalten. Da durch solcherlei Anfragen die Zeit von Besuchern, Reisenden oder Personal am Bahnhof in Anspruch genommen wird, gilt es Möglichkeiten zu schaffen, die bestimmte Formen der persönlichen Assistenz übernehmen.

### 3.2.3 Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte

Digitale Endgeräte wie etwa Smartphones, Tablets, interaktive Terminals, Smartwatches oder auch Computer-Brillen (siehe ÖBB-Projekt „HoloLens“ auf Seite 26) stellen in Kombination mit einer spezifischen Indoornavigationsapp eine flexible, adaptive und nutzerfreundliche Navigationshilfe dar. Ihr Vorteil ist, dass sie umgebungsspezifische Informationen aus der realen Welt sowie Informationen aus der digitalen Welt miteinander kombinieren.

Derzeit gibt es verschiedene Lösungen von Indoornavigationsapps (siehe Tabelle 6), die allesamt eine Reihe unterschiedlicher Funktionen bereitstellen. Im Rahmen des Projektes „Indoornavigation“ wurde basierend auf der Recherche und Untersuchung unterschiedlicher internationaler Indoornavigationsapps eine Reihe von Navigationsfunktionen mobiler Endgeräte identifiziert. Diese (wesentlichen) Navigationsfunktionen digitaler Hilfsmittel bzw. mobiler Endgeräte sind in Abbildung 23 dargestellt.



**Abbildung 23:** Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte. Quelle: Eigene Darstellung

### **Darstellungsfunktion (inkl. Suchfunktion von POI)**

Die Darstellungsfunktion dient der Bereitstellung von detaillierten, digitalen Kartengrundlagen inklusive der Verortung der Points of Interest sowie aller weiteren Einrichtungen (Shops, Restaurants, Autovermietungen etc.) am Bahnhof. Ziel ist, eine kombinierte, multifunktionale Informationsgrundlage (Kombination aus Stations- und Gebäudeinformation) zur Verfügung zu stellen.

### **Routingfunktion bzw. barrierefreie Routingfunktion (Bestimmung des Weges)**

Die Routingfunktion dient der Wegführung durch das Bahnhofsgebäude mit Hilfe von Karten, Bildabfolgen oder weiteren digitalen Leitsignalen wie Vibrationen, akustische Leitsignalen oder Textanweisungen. Für Personen mit besonderen Bedürfnissen besteht in einigen Indoornavigationsapps die Möglichkeit eines barrierefreien Routings (hier werden Hindernisse wie etwa Treppen oder Rolltreppen durch Lifte oder Rampen umgangen).

### **Audiofunktion (Akustische Routinganweisungen)**

Mit Hilfe der Audiofunktion erfolgt eine Sprachausgabe der Routinganweisungen. Zudem kann die Audiofunktion aber auch ein Abspielen von Alarmsignalen zur Start- bzw. Zielbestätigung, zur Angabe von Routingweisungen bzw. zum Abkommen von der aktuell ausgewählten Route beinhalten. Ein Beispiel für ein akustisches Leitsystem ist das seitens der Wiener Linien entwickelte System „POPTIS – Pre-On-Post-Trip-Informationssystem“ (siehe Seite 46).

### **Quicklink-Funktion (Rufen von Notfällen)**

Eine Quicklink-Funktion ermöglicht die einfache Herstellung einer direkten Verbindung zu Hilfspersonal am Bahnhof. Sie kann über Buttons mit Icons, einer Drop-Down-Liste oder auch über direkte Links realisiert werden.

### **Beschwerde- bzw. Feedbackfunktion (Bewertung des Bahnhofes bzw. der Einrichtungen am Bahnhof)**

Über eine Beschwerde- bzw. Feedbackfunktion kann der User Rückmeldungen zur App, aber auch über die Einrichtungen am Bahnhof abgeben. Die Beschwerde- und Feedbackfunktion ermöglicht es dem User, die individuelle „User-Experience“ mit der App und am Bahnhof zu beschreiben. Die erfassten Daten können als Grundlage für die Weiterentwicklung des Navigationsdienstes bzw. der Serviceleistungen am Bahnhof herangezogen werden.

### **Vibrationsfunktion (Haptische Routinganweisungen)**

Während des aktiven Routings durch den Bahnhof können haptische Routinganweisungen in Form von Vibrationen auf Richtungsänderungen bzw. auf das Abkommen von der richtigen Route aufmerksam machen. Haptische Routinganweisungen stellen eine wichtige Navigationshilfe für seh- und höreingeschränkte Personen dar.

### **Abfragefunktion (Echtzeitinformation über den Betrieb und den Zustand der Infrastruktur)**

Die Abfragefunktion ermöglicht eine Abfrage von Echtzeitinformationen zum Betrieb (z.B. Fahrplan, Bahnsteiganzeige, Wagenreihung). Diese Funktion wird durch eine Fusionierung von dynamischer Fahrgastinformation bzw. Navigations- und Verkehrsmittelinformation in einer Indoornavigationssapp ermöglicht. Zudem können mit Hilfe der Abfragefunktion Informationen über den aktuellen Zustand der Infrastruktur innerhalb des Bahnhofgebäudes abgerufen werden (z.B. Ausfall eines Ticketautomaten oder einer Rolltreppe).

### **Benachrichtigungsfunktion (z.B. Änderungen im Fahrplan)**

Mit Hilfe der Benachrichtigungsfunktion erhält der User Benachrichtigungen über Änderungen im Fahrplan (z.B. Änderungen von Ankunfts- bzw. Abfahrtszeiten, Bahnsteigen, Zügen etc.) bzw. auch über Störungen der bahnhofseigenen Infrastruktur (z.B. Ausfall von Rolltreppe, Lift oder Ticketautomat) in Form von Push-Nachrichten innerhalb der App.

### **Übergangsfunktion (Indoor zu Outdoor)**

Eine Routingfunktion in Form einer fließenden Übergangsfunktion von der Indoornavigation zur Outdoornavigation und umgekehrt ist derzeit über Google Maps für einzelne öffentliche Einrichtungen und Verkehrsknotenpunkte (wie beispielsweise dem Hauptbahnhof Wien) möglich. Wie bereits in Kapitel 2 im Rahmen des ÖBB-Vorprojektes „Indoor Maps“ aufgezeigt, besteht bereits das Ziel zur Entwicklung und Bereitstellung von übergreifendem Kartenmaterial.

### **Übersetzungsfunktion (Mehrsprachige Informationsbereitstellung)**

Eine Übersetzungsfunktion dient der Informationsbereitstellung in mehreren Sprachen. Sie ermöglicht beispielsweise die Übersetzung von fremdsprachigen Textschildern in die eigene Muttersprache durch ein Abfotografieren der Schilder mit der Smartphone-Kamera.

### **Assistenzfunktion (Digitale Assistenz durch Assistenzroboter, Augmented Reality, Avatar etc.)**

Der Assistenzfunktion mobiler Endgeräte kommt eine besondere Bedeutung zu. Assistenzfunktionen wie etwa Augmented Reality oder eine individuelle Unterstützung durch einen Avatar bieten die Möglichkeit, eine an die individuellen Anforderungen ausgerichtete Navigations- und Informationslösung bereitzustellen. Diese kommt im Idealfall den Qualitäten einer persönlichen Assistenz nahe.

### 3.2.4 Vergleich von bestehenden Indoornavigationsapps

Im Rahmen dieses Projektes werden internationale und besonders belebte Bahnhöfe (mit einer Frequenz von mehr als 100.000 Besuchern und Reisenden pro Tag) und deren Indoornavigationsapps untersucht. In Tabelle 5 findet sich eine Zusammenstellung der betrachteten Apps mitsamt einer Zuordnung der soeben beschriebenen Funktionen.

Land	Österreich	USA	Schweden	China	Japan	Schweiz	Deutschland	Großbritannien	weltweit
Bahnhof	Wien Hauptbahnhof	New York Penn Station	Stockholm Central	Taipei Railway Station	Shinjuku Station	Zürich Hauptbahnhof	allgemein	King's Cross	allgemein
Titel der App	ÖBB Hbf. Wien	Find Your Way	SJ	Taipei Main Station Navigator	JR East Navigation App	Mein Bahnhof	DB Bahnhof live	Virgin Train	Google Maps
Positionierungsmethode	WLAN, Kamerabild, Manuelle Eingabe	Bluetooth Beacons	QR-Code	Bluetooth Beacons	Bluetooth Beacons	Bluetooth Beacons		Bluetooth Beacons, Inertial Sensors	
Funktionen der App									
Darstellungsfunktion	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Routingfunktion	x	x	x	x	x	x			x
Barrierefreie Routingfunktion		x		x	x	x			x
Audiofunktion								x	x
Quicklink-Funktion				x					
Textfunktion						x			x
Vibrationsfunktion				x					x
Abfragefunktion		x	x	x		x	x		x
Benachrichtigungsfunktion	x	x	x	x	x	x	x		
Übergangsfunktion									x
Assistenzfunktion	x		x						

**Tabelle 5:** Überblick über die Funktionen ausgewählter internationaler Indoornavigationsapps.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

In weiterer Folge wird im Bereich der beschriebenen Assistenzfunktion nun ein Exkurs in konkrete Anwendungsbeispiele von Augmented Reality vorgenommen.

### 3.2.5 Fokus: Augmented Reality (AR)

In der Vorstellung der ÖBB-Forschungsaktivitäten im Bereich Indoornavigation (siehe Kapitel 2), wurden bereits die Indoornavigationsapp „ÖBB Hauptbahnhof Wien“ und der „Personal Indoor Assistent“ (PIA) vorgestellt. Beide streben die Einbindung von Augmented-Reality-Funktionen an. Da Augmented-Reality-Lösungen im Bereich der Navigation und Orientierung zunehmend an Umsetzung erfahren und sie einen wesentlichen Beitrag zur beschriebenen Assistenzfunktion leisten, wird nun auf den Begriff Augmented Reality (AR) eingegangen sowie einige konkrete Anwendungsbeispiele aufgezeigt.

Augmented Reality (AR) zeichnet sich nach Azuma (1997) durch die Kombination von Realität und Virtualität, Interaktion in Echtzeit und Positionserfassung in einem dreidimensionalen Raum aus. AR bietet die Möglichkeit, die Effizienz der Navigation zu verbessern, indem die natürliche Umgebung mit zusätzlichen virtuellen Informationen wie Richtung, Ziele und Entfernungen erweitert wird. Ein AR-basiertes Lokalisierungssystem erleichtert es, ein globales Bewusstsein über die räumliche Umgebung bereitzustellen, welches bisher selten von anderen gebräuchlichen Navigationshilfen vermittelt werden konnte. In der Folge werden nun eine paar bereits umgesetzte AR-System näher erläutert.

### **SBB AR (Schweiz)**

Mit der Smartphone-Applikation „SBB AR“ testet die Schweizerische Bundesbahn die AR-Technologie für eine bessere Orientierung und Reiseplanung am Züricher Hauptbahnhof. Die AR-App baut auf der Google Technologie (ARCore) auf und steht damit nur ARCore-fähigen Smartphones zur Verfügung. Wird die Kamera des Smartphones auf eine Anzeige eines Abfahrtsmonitors gerichtet, erhält der Nutzer Detailinformationen zu Zwischenhalten oder Wagenauslastung der betreffenden Verbindungen. Beim Verlassen des Bahnhofes können Bus- oder Straßenbahnhaltestellen mit der Kamera erfasst werden, um die jeweiligen Abfahrtszeiten abfragen zu können.

Die Lokalisierung von wichtigen Objekten und Elementen wie Abfahrtsmonitoren und Haltestellen erfolgt über einen Bilderkennungsalgorithmus. So extrahiert die App „SBB AR“ beispielsweise die Plattformnummer aus dem Bild und visualisiert daraus die Echtzeit-Fahrplandaten auf diesem Bahnsteig. Die Verwendung von Image-Recognition stellt eine skalierbare und robuste Lösung dar. Unter vertretbarem Aufwand kann ein Roll-Out der Applikation auch auf weitere Bahnhöfe erfolgen.

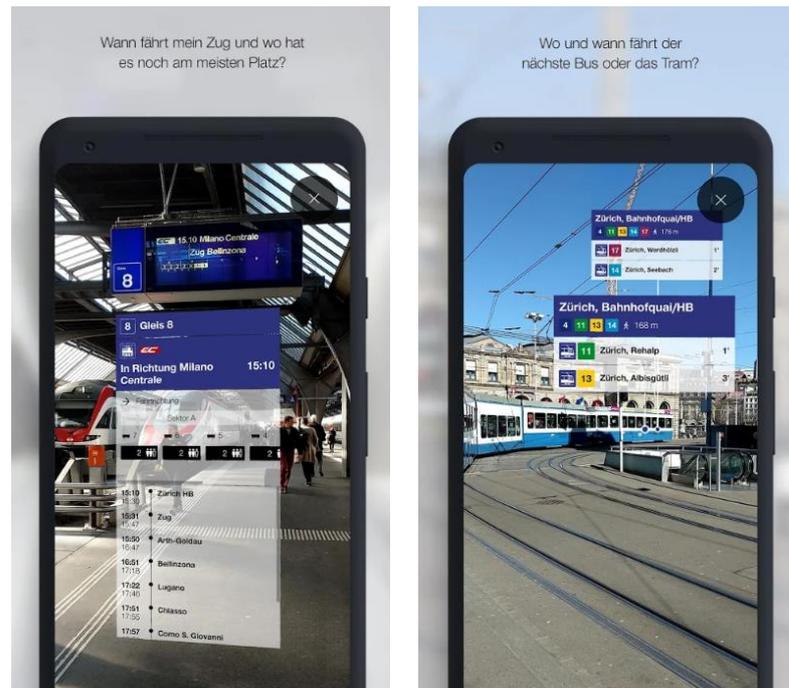
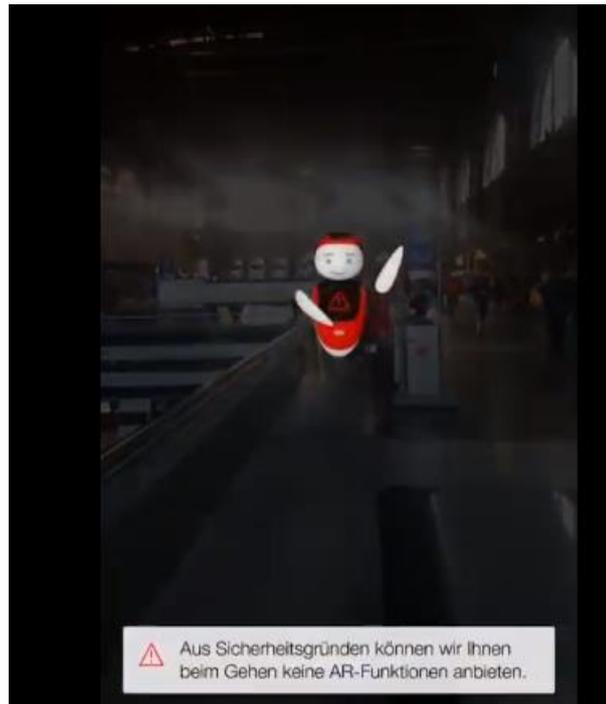


Abbildung 24: Vorschau der App „SBB AR“.

Quelle: play.google.com (Zugriff am 08.05.2019)

Für Navigationszwecke lässt sich die App „SBB AR“ zurzeit noch nicht verwenden. Die Verwendung der AR-Funktion ist aufgrund von Sicherheitsgründen nur im Stehen möglich. Sobald sich der Anwender bewegt, wird der Bildschirm verdunkelt (siehe Abbildung 25) und ein Warnhinweis erscheint. Dies zeigt auch eine wesentliche Schwierigkeit und Limitation von AR an belebten Orten auf.

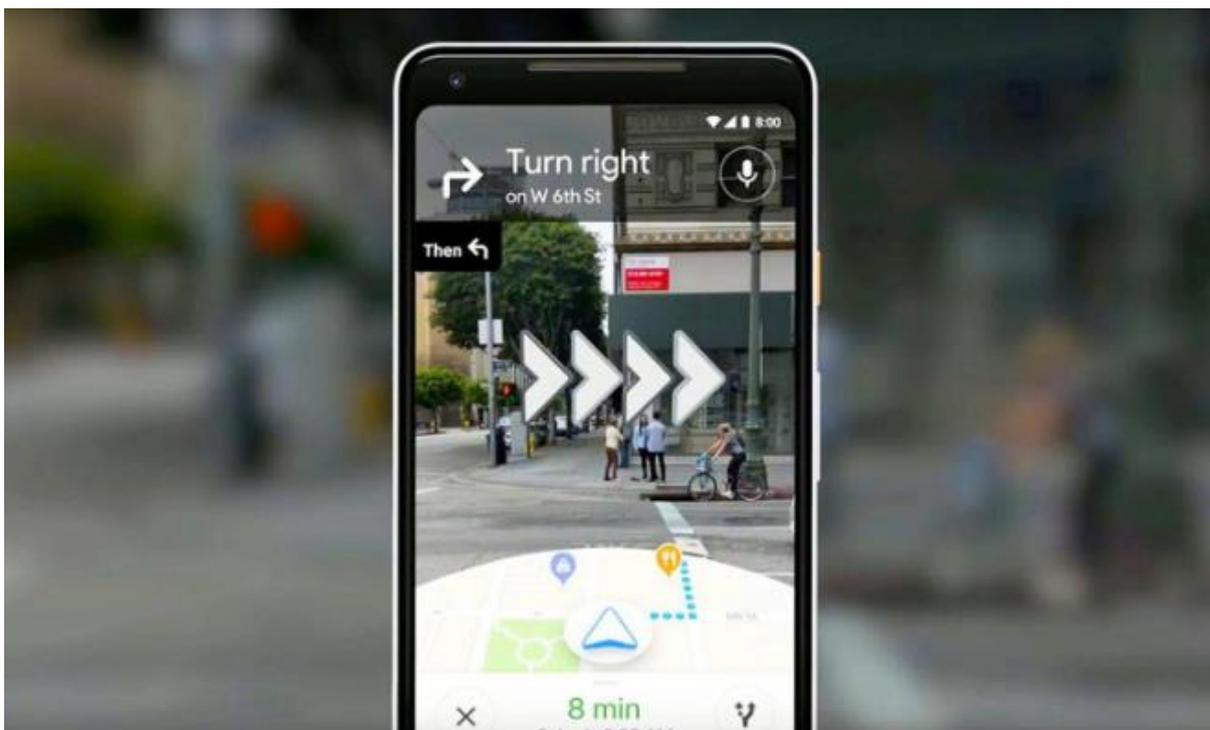


**Abbildung 25:** Verdunklung des Bildschirms, sobald der Anwender sich mit der Kamera bewegt.

Quelle: Screenshot YouTube-Video: <https://www.youtube.com/watch?v=uAnzO6Q0tY4> (Zugriff am 18.04.2019)

### **Google Maps (International)**

Eine Version von Google Maps mit AR-Funktionalität wird bereits an erste Local Guides ausgerollt. Die Funktion soll als Detailnavigation dienen, um sich zu Beginn einer Route (bspw. beim Ausgang des Bahnhofs) oder bei komplizierten Kreuzungen zurechtzufinden und die korrekte Richtung für die weitere Navigation einschlagen zu können. Eine durchgängige Nutzung über die gesamte Route empfiehlt Google nicht. Dies hat einerseits Stromspargründe, da die Funktionalität sehr viel Akku verbraucht. Vor allem möchte man aber Unfällen durch Ablenkung vorbeugen. Die Navigation ist demnach nur aktiv, wenn das Smartphone hochgehalten wird. Wird die Kamera gesenkt, wird die AR- Funktion automatisch deaktiviert.



**Abbildung 26:** Google Maps mit integrierter Augmented-Reality-Funktion.  
Quelle: googlewatchblog.de (Zugriff am 18.04.2019)

### **GuideMe (Österreich)**

Generell kann GuideMe nicht den AR-Services zugeordnet werden. Als Video-Assistenzsystem bietet GuideMe dem User die Möglichkeit, per Knopfdruck Hilfestellung von einer Leitstelle oder einem Familienmitglied anfordern zu können. Über eine Datenverbindung wird eine Bildschirm- und Audioübertragung ermöglicht. Ist eine Ortung via GPS möglich, können auch aktuelle Standortinformationen übermittelt werden.

Da die Applikation keine spezielle Infrastruktur benötigt, kann das System heute schon flächendeckend in Echtzeit betrieben werden. Da Verkehrsbetreiber in der Regel ein Kundenservice und Call-Center betreiben, können Verbindungen bedarfsgerecht zu Operatoren aufgebaut werden, um Personen in ihrer Navigation Sicherheit zu geben oder physische Hilfe durch Service-Personal vor Ort zu organisieren. In Abhängigkeit gesetzter Profileinstellungen kann insbesondere für mobilitätseingeschränkte Personen ein bedarfsgerechtes Angebot geschaffen werden. Gehörlose Personen können mit Operatoren mit Kenntnissen in Gebärdensprache verbunden werden. Blinde Personen können ihr Handy-Display via Tragegurt an Ihren Körper befestigen und erhalten über den Audiokanal Navigationsanweisungen.

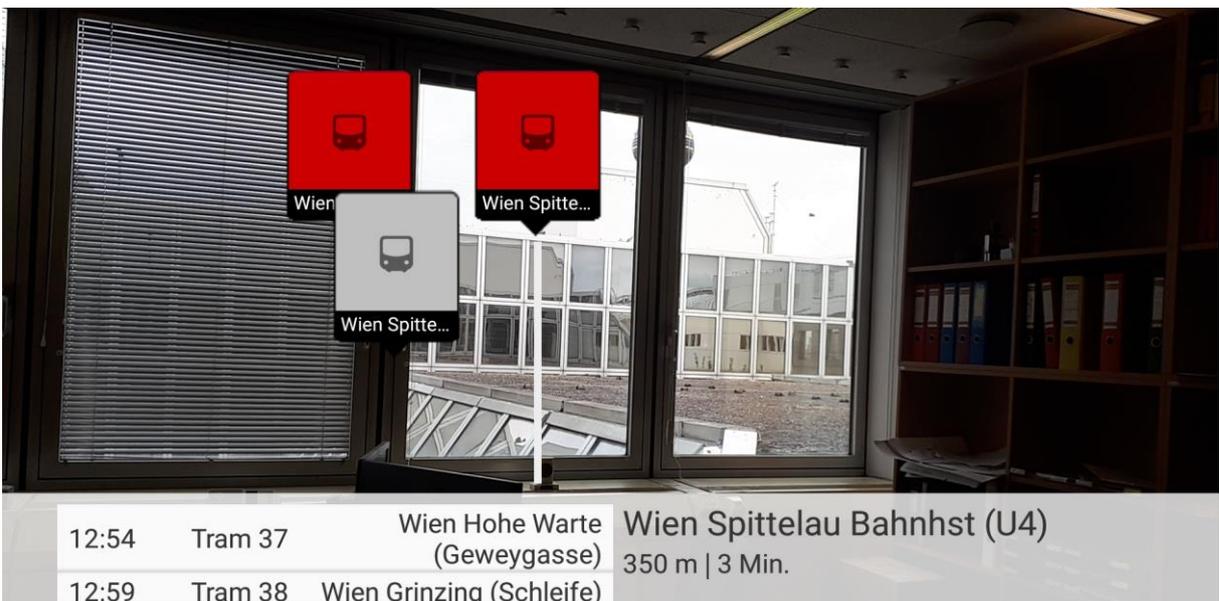


**Abbildung 27:** GuideMe-Hilfsservice mit Audio, Video und Datenkanal.

Quelle: innotrans.de (Zugriff am 18.04.2019)

### ÖBB Scotty

Auch in der in der APP „ÖBB Scotty“ ist eine Augmented Reality-Funktion integriert. Über das aktuelle Bild der Smartphone-Kamera werden die Positionen der nächsten Haltestellen angezeigt. Zudem wird der aktuelle Fahrplan der Haltestelle eingeblendet. In Abbildung 28 findet sich eine Veranschaulichung dieser Funktion (aus der Indoorperspektive).



**Abbildung 28:** Veranschaulichung der Augmented Reality-Funktion in der ÖBB-App Scotty.

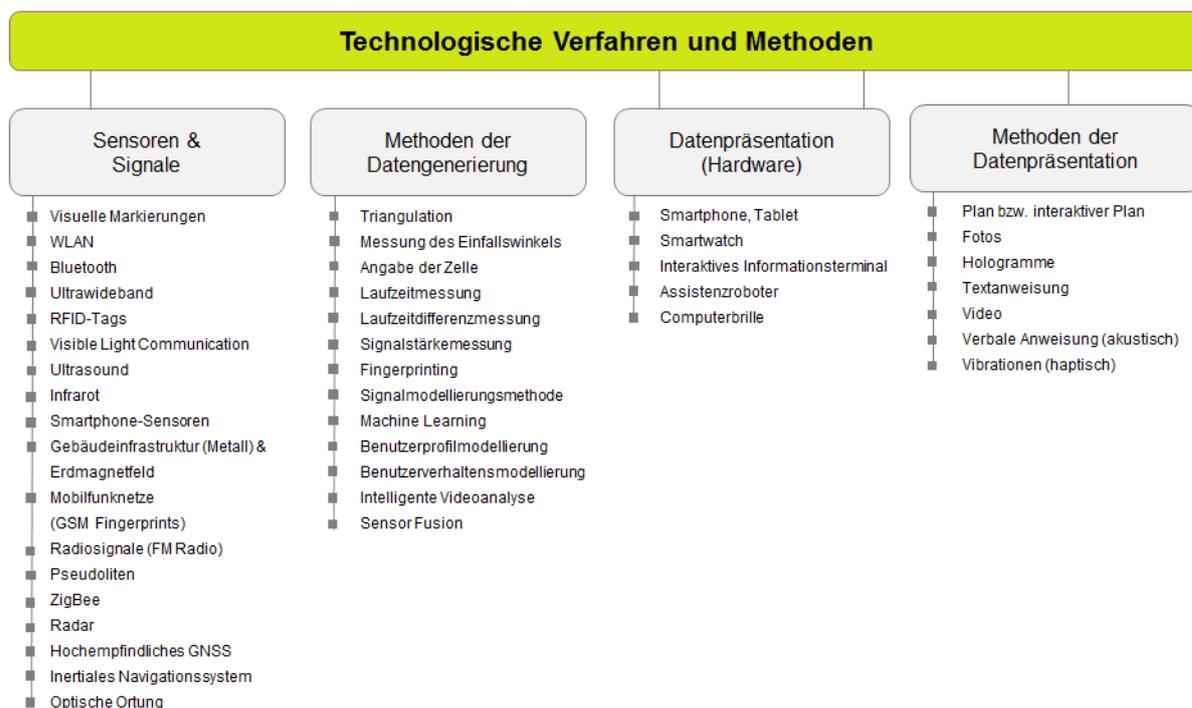
Quelle: Eigene Aufnahme

### 3.3. Technologische Verfahren und Methoden zur Positionsbestimmung

Damit eine Positionsbestimmung innerhalb eines Gebäudes und die Ausgabe von expliziten Routinganweisungen auf mobilen Endgeräten erfolgen können, kommen unterschiedliche technologische Verfahren und Methoden zum Einsatz. Ziel des vorliegenden Kapitels ist, einen Überblick über mögliche Sensoren und Signale zur Positionsbestimmung sowie über die Methoden der Datengenerierung bereitzustellen. Außerdem wird aufgezeigt, über welche Geräte die Präsentation der generierten Daten erfolgt und welche Methoden für die Darstellung der Daten auf mobilen Endgeräten zur Verfügung stehen.

In

Abbildung 29 findet sich ein zusammenfassender Überblick über die in der Folge näher vorgestellten technologischen Verfahren und Methoden.



**Abbildung 29:** Zusammenfassender Überblick über technologische Verfahren und Methoden der Indoornavigation. Quelle: Eigene Darstellung

#### 3.3.1 Sensoren und Signale

##### Visuelle Markierungen – landmarkenbasierte Positionsbestimmung

Eine Navigation mit Hilfe von visuellen Markierungen (Landmarken) baut auf der Idee der umwelt- bzw. kontextbezogenen Navigation auf. Die relative Position (wie etwa vor, neben,

hinter, über und auf einem Objekt) wird mit identifizierbaren Objekten aus der Umgebung (wie etwa Ticketautomat, Rolltreppe, Aufzug, Hauptmonitor etc.) verknüpft. Diese Objekte dienen als Landmarken. Mit Hilfe der Landmarken wird eine aktuelle Positionierung aus dem Umgebungskontext heraus ermöglicht. Die weitere Navigation erfolgt anhand von Anweisungen, die ausschließlich auf weiteren Landmarken basieren. Positionierungssysteme mit Hilfe von Landmarken basieren auf der simplen Idee, den Informationsgehalt der Umgebung zu nutzen, um eine Lokalisierung und Navigation in Innenräumen zu ermöglichen. Es gibt daher Bestrebungen, ein von sensorgestützter Technologie unabhängiges Ortungsverfahren zu entwickeln. Eine landmarkenbasierte Indoornavigation stellt ein solches Verfahren dar und wird beispielsweise in den Forschungen von Richter (2013) oder Willems (2017) vorgestellt. Wie in Empfehlung fünf näher beschrieben, stellt die Entwicklung eines landmarkenbasierten Orientierungssystems eine Herausforderung dar, für deren erfolgreiche Umsetzung zahlreiche Implementierungsschritte berücksichtigt werden müssen.

## **WLAN**

WLAN-basierte Systeme bzw. Wireless Local Area Network-Systeme stellen eine Form der drahtlosen Kommunikationsmethode auf einer Frequenz von 2,4-2,4836 GHz dar. Sie zählen zu den bereits häufiger realisierten Verfahren zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden.

Der Vorteil eines WLAN-basierten Systems ist, dass bestehende WLAN-Hotspots (also das bestehende WLAN-Netzwerk) genutzt werden können. Somit sind keine zusätzlichen umfangreichen Adaptierungen oder teure Investitionen in die Infrastruktur erforderlich. Um WLAN für die Indoornavigation auf mobilen Endgeräten zu nutzen, muss das WLAN auf dem Gerät aktiviert sein, jedoch keine aktive Verbindung zu einem bestehenden WLAN-Netzwerk hergestellt werden. Die Positionsbestimmung mit Hilfe von WLAN kann durch verschiedene Arten der Datengenerierung erfolgen, wie beispielsweise durch Triangulation oder durch eine Signalstärkemessung wie etwa Fingerprinting (siehe Seite 76).

Die Genauigkeit einer WLAN-basierten Positionsbestimmung hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab wie etwa der Anzahl der verfügbaren Netzwerke, der Abschirmung durch Wände, Decken und den eigenen Körper oder von der Reflexion der Signale in Gängen bzw. Korridoren. Die Genauigkeit der WLAN-basierten Positionierung liegt im Durchschnitt zwischen fünf bis fünfzehn Metern und ist somit relativ ungenau. Dafür können WLAN-basierte Systeme innerhalb von Gebäuden Reichweiten von bis zu 150 Metern erzielen. (Gleim, 2012) Mit Hilfe von Sensor Fusion (siehe Seite 78), also der ergänzenden Nutzung von Smartphone-Sensoren zur Positionsbestimmung, können jedoch höhere Genauigkeiten erzielt werden. Die Genauigkeiten liegen aber auch hier unter jenen von beispielsweise Bluetooth- bzw. RFID-basierten Systemen (siehe Seiten 66 bzw. 67).

Um WLAN für die Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden nutzen zu können, muss außerdem eine eigene App auf dem Smartphone installiert sein, die mit Hilfe der oben genannten Methoden der Datengenerierung in der Lage ist, die aktuelle Position zu berechnen. Ein Beispiel für ein WLAN-basiertes Indoornavigationssystem stellt das ÖBB-Vorprojekt „NAVCOM“ dar (siehe Seite 15).

### **Bluetooth**

Bei Bluetooth handelt es sich um eine von weitestgehend allen Smartphones unterstützte Funktechnologie zur kabellosen Übertragung von Daten auf kürzeren Distanzen. Genauer gesagt kann über Bluetooth-Geräte eine Kurzstreckenkommunikation im Frequenzbereich zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz erfolgen.

Innerhalb eines Gebäudes wird eine Navigation mit Hilfe von Bluetooth ermöglicht, indem im Gebäudeinnenbereich eigene angebracht werden. Sie funktionieren nach dem Sender-Empfänger-Prinzip. Die Sensoren senden ihren festen Standort an ein mobiles Endgerät. Sobald das mobile Endgerät eine ausreichende Anzahl an Signalen empfangen hat, kann eine genaue Positionsbestimmung im Raum erfolgen. Die Positionsbestimmung erreicht dabei Genauigkeiten von bis zu unter einem Meter. Sie liegt damit deutlich über der Genauigkeit von WLAN-basierten Systemen. Die klassische Reichweite von Bluetooth beträgt grundsätzlich jedoch nur 10 bis 30 Meter und kann je nach Abschottung durch Mauern bzw. Metallgegenstände stark variieren. (Zuo et al., 2018)

Neben dem klassischen Bluetooth existieren heute weitere Bluetooth-basierte Funktechniken wie Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE bzw. BLE) und Bluetooth Smart. Sie weisen die gleiche Reichweite wie das herkömmliche Bluetooth auf, verbrauchen jedoch weniger Energie (im Durchschnitt kann hier eine Beacon-Batterielaufzeit von bis zu zwei Jahren erreicht werden). Ähnlich wie bei WLAN-basierten Systemen kann eine eigens konzipierte Indoornavigationsapp beispielsweise mit Hilfe des Fingerprinting-Verfahrens den aktuellen Standort des Gerätes über die empfangenen Bluetooth-Signale berechnen. Ein wesentlicher Nachteil der Indoorpositionierung mittels Bluetooth ist, dass die erforderlichen Beacons mit hohen Installations- und Wartungskosten verbunden sind und keine großen Reichweiten (bis zu 30 Meter) erzielt werden können.

### **Ultrawideband (UWB)**

Bei Ultrawideband handelt es sich um eine Drahtlostechnologie, die ungleich WLAN oder Bluetooth an keine Frequenzen gebunden ist. Daher kann die Übertragung über ein großes Frequenzspektrum (3,1-10,6 GHz) erfolgen und es können bestehende Frequenzbänder genutzt werden.

UWB-Systeme agieren unter geringem Energieverbrauch und sind in der Lage, hohe Datenraten auf kurzen Distanzen zu übertragen. UWB-Systeme stellen aufgrund ihrer Genauigkeit, dem großen Frequenzspektrum und der hohen Datenübertragungsrate eine zuverlässige, aber sehr kostenintensive Technologie für die Indoornavigation dar. Mit Hilfe von

UWB werden Positionsgenauigkeiten von unter 30 Zentimetern erreicht. Die Reichweite von UWB liegt im Bereich von 10 bis 150 Metern. Im Gegensatz zu WLAN oder Bluetooth erfolgt die Positionsbestimmung nicht mit Hilfe der Signalstärkemessung, sondern über Laufzeitmessungen (siehe Seite 76).

Die Technologie befindet sich derzeit noch im Entwicklungsprozess und wird verstärkt im Industrieumfeld (Staplerortung, Lauf- und Fahrweganalyse, Asset Tracking) eingesetzt. (Schmidt, 2010)

### **RFID-Tags**

Bei RFID (Radiofrequenzidentifizierung) handelt es sich um eine drahtlose Kommunikationstechnologie, die Funkwellen zur Identifikation von Objekten nutzt. Ein RFID-System besteht aus Tags, einem Reader und einer Software. Die Tags sind an all jenen Objekten befestigt, die lokalisiert werden sollen (beispielsweise an einem Smartphone). Sie bilden den mobilen Teil des Systems. Informationen wie die Identität des Tags oder anwendungsspezifische Daten sind in jedem einzelnen Tag gespeichert. Die Reader werden an Schlüsselstellen innerhalb des Gebäudes angebracht (wie zum Beispiel an Eingängen, Aufzügen, Stiegen, Rolltreppen etc.) und stellen den statischen Teil des Systems dar. Tritt ein Tag in die Reichweite eines Readers ein, so erfolgt die Positionsbestimmung. Es werden passive Reader (ohne eigene Energieversorgung) und aktive Reader (mit eigener Energieversorgung) unterschieden. Passive Reader erreichen Reichweiten bis zu vier Metern, aktive Reader erreichen Reichweiten bis zu 100 Metern. (Schmidt, 2010) RFID-Systeme ermöglichen Positionsgenauigkeiten von bis zu einem Meter. Die Übertragung der Daten zwischen Transponder und Reader erfolgt über elektromagnetische Wellen. Am häufigsten werden zellbasierte RFID-Systeme implementiert (siehe Seite 75). (Retscher und Fu, 2010) Die passive RFID-Positionsbestimmung erreicht nur sehr kurze Reichweiten und funktioniert nur in der Nähe von entsprechenden Lesegeräten. Die Ortung eines Objektes kann nur zum Lesezeitpunkt und nicht permanent erfolgen.

### **Visible Light Communication (Li-Fi, VLC)**

Intelligent vernetzte LED-Beleuchtungssysteme ermöglichen eine Navigation innerhalb eines Gebäudes mit Hilfe von codiertem Licht. Visible Light Communication wird als eine zukünftige Alternative zur bestehenden Funktechnik (wie beispielsweise WLAN) angesehen.

Bei der Visible Light Communication werden Daten mithilfe von Licht übertragen. Dabei senden spezielle LED-Lampen oder Leuchtstofflampen das codierte Licht aus, das beispielsweise von einer Smartphone-Kamera mittels eigener App empfangen werden kann. Jede Lampe ist mit einer eigenen ID versehen, die codiertes Licht (in Form von pulsierendem Licht) an ein Smartphone in Reichweite sendet. In einer Karte, auf die die App zugreifen kann, sind diese Lampen mitsamt ihrer ID verortet. Die App kann somit aus den empfangenen Signalen der Lampen die aktuelle Position des Smartphones bestimmen und diese mit den

angegebenen Zielkoordinaten abgleichen. Mit der Messung des Einfallswinkels des empfangenen Lichtes kann die Positionsgenauigkeit erhöht werden.

Mit VLC werden Positionsgenauigkeiten von bis zu 30 Zentimetern erreicht. VLC ist somit ein sehr genaues Positionierungsverfahren, mit welchem auch relativ hohe Reichweiten von bis zu acht Metern erreicht werden können. Wie die meisten funkbasierten Technologien, ist allerdings auch ein VLC-basiertes System an die Entwicklung einer bestimmten Smartphone-App zur Datenaufbereitung gebunden. (Gligoric et al., 2018) Der Akku des Smartphones wird bei einem VLC-basierten System stark belastet. Zudem gestaltet sich die nachträgliche Implementierung eines solchen Systems als schwierig, da eine entsprechende Nachrüstung bereits vorhandener Lichtinfrastruktur mit hohen Kosten verbunden ist.

### **Ultraschall**

Unter Ultraschall versteht man Schall, der oberhalb der menschlichen Hörschwelle (Menschen hören im Durchschnitt zwischen 20 und 20.000 Hz) bei Frequenzen zwischen 20 kHz und 1.000 MHz liegt. Im Vergleich zu Infrarot- oder Radiosignalen, breitet sich Ultraschall in der Luft mit in etwa 330m/s eher langsam aus. Daher ist es mit Ultraschall einfacher bei der Messung eine höhere Genauigkeit als bei anderen Signalen zu erhalten. Unter der Verwendung von Ultraschall erfolgt eine Laufzeitmessung der ausgesendeten Ultraschallsignale zur Feststellung der Raumdistanzen. Darauf aufbauend erfolgt mittels Triangulation die Positionsbestimmung. Die Signale werden von mobilen Sendern ausgesendet und von fixen Basisstationen empfangen und umgekehrt. (Schmidt, 2010) Die Positionsgenauigkeit bei Ultraschall beträgt im Durchschnitt unter zehn Zentimetern. Die Reichweiten eines Ultraschallsignals unterscheiden sich stark je nach Erzeugungsenergie des Signals. Ultraschall wird selten im Alltag eingesetzt und verstärkt unter Laborbedingungen getestet. Die Technik ist derzeit nicht so weit fortgeschritten, um für Navigationszwecke eingesetzt werden zu können, da die Ortung mittels Ultraschall nach wie vor mit zahlreichen Nachteilen einhergeht (beispielsweise kann ein ultraschallbasiertes System nur für den Betrieb eines einzelnen Nutzers ausgelegt werden). (Gleim, 2012)

### **Infrarot**

Ein Infrarotsignal breitet sich mit einer Reichweite von wenigen Metern mit Lichtgeschwindigkeit aus. Die Lichtwellen können vom menschlichen Auge auf Grund ihrer Wellenlänge nicht wahrgenommen werden. Sie werden zur Lokalisierung verwendet, ohne dabei Menschen in der Umgebung abzulenken oder zu irritieren. Die Zuverlässigkeit eines infrarotbasierten Positionierungssystems wird durch die Eigenschaften des emittierten optischen Signals beeinflusst (geringe Reichweite, Reflexionsvermögen und Streuung). Für die Realisierung des Systems werden spezielle Infrarotsender (beispielsweise Sendeleisten bzw. Beacons) und Infrarotempfänger (beispielsweise eine Infrarot-Kamera am Smartphone) benötigt. Ein infrarotbasiertes System setzt voraus, dass Benutzer den Infrarotempfänger sichtbar am Körper tragen. Das heißt, dass für die Erkennung des Infrarotsignals Sichtkontakt

zwischen dem Sender und dem Empfänger herrschen muss. Eine am Smartphone angebrachte Infrarot-Kamera kann durch spezifische Winkelbemessungen den eigenen Standort des mobilen Endgerätes bestimmen. Die Positionsgenauigkeiten bei Infrarot-Sensoren liegen nur bei fünf bis zehn Metern. Da die Datenübertragung eines Infrarot-Systems zudem grundsätzlich sehr störungsanfällig ist, ist die Anwendung eines solchen Systems in öffentlichen Bereichen ungeeignet. (Köpke, 2019)

### **Smartphone-Sensoren**

Wie bereits festgehalten, kann eine ergänzende Nutzung von Smartphone-Sensoren die Genauigkeiten von Positionierungssystem (wie etwa WLAN-basierten Systemen) erhöhen. Smartphones sind mit vielerlei Sensoren ausgestattet (wie beispielsweise Kamera, digitaler Kompass, Barometer oder Beschleunigungs- und Neigungssensoren). Mit Hilfe dieser Sensoren können Messungen der Beschleunigung, Orientierung und des Magnetfeldes vorgenommen werden. Smartphone-Sensoren alleine gewährleisten derzeit noch keine eigenständige Navigation gewährleisten, kommen jedoch unterstützend in einer Navigationsapp zum Einsatz. (Gleim, 2012) Mit Hilfe von Sensor Fusion werden Positionsgenauigkeiten von bis zu 15 Zentimetern erreicht. Das im Bereich der Sensor Fusion am häufigsten angewandte Verfahren zu Positionsbestimmung ist der sogenannte Kalman Filter. Bei diesem Filter handelt es sich um ein mathematisches Verfahren, das mit Hilfe von Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten eines Objektes dessen Position ermittelt. (Bartelt, 2015)

Sensor Fusion ist ein sich in Entwicklung befindliches Forschungsfeld. Für die Zusammenführung der Messergebnisse der unterschiedlichen Sensoren müssen sehr aufwändige Verfahren entwickelt werden. Sensor Fusion wird vorab aller Voraussicht nach im Bereich des Smart Livings (Unterstützung des Wohnens durch vernetzte Geräte) eingesetzt werden.

### **Gebäudeinfrastruktur & Erdmagnetfeld**

Einen innovativen Ansatz zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden stellt die Nutzung des Erdmagnetfeldes in Verbindung mit einem Smartphone-Kompass dar. Die eigene Gebäudeinfrastruktur mit ihren Beton- bzw. Stahlstrukturen erzeugt unverwechselbare magnetische Felder (in Form von Verzerrungen des Erdmagnetfeldes). Werden Magnetfelder als Lokalisierungsgrundlage in Innenräumen genutzt, gilt es, die Strukturen und Anomalien des Erdmagnetfeldes zu erkennen und diese als Signaturen zu nutzen. Störungen bzw. Verzerrungen der Magnetfelder werden mit diesen Signaturen abgeglichen und daraus die aktuellen Positionen ermittelt. Mit Hilfe einer spezifischen Indoornavigationsapp können die Störungen aufgegriffen werden. Die gesammelten Daten zu den Signaturen ermöglichen eine Bestimmung der genauen Position sowie die Erstellung einer Karte, die dem User eine einfache Indoornavigation ermöglicht. Neben einer spezifischen Lokalisierungssoftware, die über eine App bereitgestellt wird, wird für dieses Verfahren hardwareseitig nur ein Smartphone

mit integriertem Kompass benötigt. Mit Hilfe dieser Technologie werden Genauigkeiten von 0,1 Metern bis zwei Metern erreicht. (Bartelt, 2017) Eine Indoornavigationsapp, welche das Erdmagnetfeld zur Positionsbestimmung nutzt, ist die App „IndoorAtlas“. Die Positionierung mittels Erdmagnetfeld geht hier jedoch auch mit der Fusion von weiteren unterstützenden Technologien einher (wie zum Beispiel Bluetooth-Beacons und WLAN-Signale). Für den Anwendungsfall Bahnhof stößt die Realisierung eines Positionierungsverfahrens mittels Erdmagnetfeld aufgrund der vorhandenen Infrastruktur auf Grenzen, da neben dem Einfluss durch den Strom (Oberleitungen) bzw. allein durch die Zugsbewegungen Einflüsse bzw. Verzerrungen des Magnetfeldes zu erwarten sind.

### **Mobilfunknetze (GSM Fingerprints)**

Da heutzutage fast jeder Mensch ein Mobilfunktelefon besitzt, liegt es nahe, ein Indoorpositionierungssystem mit Handys als Hauptkomponente aufzubauen. Mit dem Global System for Mobile Communication (GSM) handelt es sich um ein flächendeckendes Mobilfunknetz, das im Vergleich zu WLAN eine weitreichendere Abdeckung besitzt. Mit Hilfe des Fingerprintings (siehe Seite 76) können die Signalstärken der GSM-Kanäle gemessen werden. Für die Messung der Signalstärken werden die Werte der sechs stärksten GSM-Funkzellen gemeinsam mit bis zu 29 schwächeren GSM-Kanälen betrachtet. Daraus resultiert eine Positionsbestimmung mit einer Abweichung von durchschnittlich bis zu 2,5 Metern. Mit Hilfe des GSM-Fingerprints kann im Idealfall das aktuelle Stockwerk bestimmt werden. Das GSM-Netz ist generell recht stabil, da selten Änderungen im Netz vorgenommen werden und GSM eine lizenzierte Frequenz benutzt, sodass keine Interferenzen mit anderen Geräten auftreten können. (Köpke, 2019) Genauso wie bei GPS ist auch die Ortung via Mobilfunk in der Praxis schwer umsetzbar. Mobilfunksignale können zwar durch die meisten Wände dringen (schließlich kann innerhalb der meisten Gebäude auch telefoniert werden), aber es kommt häufig zu einer derart starken Signalabschwächung, dass keine Triangulation zur Ortung durchgeführt werden kann. Daher werden GSM Fingerprints bei anderen Ortungsverfahren häufig lediglich als Unterstützung herangezogen.

### **Radiosignale (FM Radio)**

Radiowellen werden primär als Trägerwellen genutzt, beispielsweise um Geräusche oder andere Informationen drahtlos zu übertragen (z.B. Rundfunk, Mobilfunk, WLAN oder Bluetooth). Sie kommen in vielen Positionierungssystemen zum Einsatz, beispielsweise in GPS, WLAN oder bei der Lokalisierung von Mobiltelefonen über die Nutzung der Signale von Mobilfunknetzen (wie etwa GSM). Radiowellen bilden jenen Teil des elektromagnetischen Spektrums mit den kleinsten Frequenzen und den größten Wellenlängen. Die Frequenzen von Radiowellen liegen im Bereich von 75kHz bis 10 GHz. Im Gegensatz zu Infrarot und sichtbarem Licht können Radiowellen Wände und andere Hindernisse durchdringen. (Bartelt, 2017) Aufgrund ihrer hohen Reichweite ist eine raumweite Ortung mit Hilfe von Radiowellen möglich und die Positionsbestimmung ist nicht auf geschlossene Räume beschränkt. Im

Vergleich zu WLAN-Systemen fällt die Positionierung mittels Radiowellen genauer und weniger fehleranfällig aus. Trotz der genannten Vorteile der Radiowellen stellt die Tatsache, dass Radiosignale weder in Android noch in iOS standardmäßig ansprechbar sind, eine große Einschränkung für einen praktikablen Einsatz von Radiowellen für die Indoorpositionierung dar. Ein System, welches Radiosignale für die Positionsbestimmung in Räumen nutzt, ist SpotON. Dieses System besteht aus den SpotON-Tags, die sogleich Sender und Empfänger sind. Die Tags werden innerhalb des Gebäudes angebracht und von jenen Personen, die lokalisiert werden sollen, getragen. Die Positionsbestimmung für dieses System erfolgt mit Hilfe der Signalstärkemessung (siehe Seite 76). (Retscher und Kistenich, 2006).

### **Pseudoliten**

Das sogenannte Pseudo-Satellit-GPS wurde entwickelt, um das herkömmliche GPS auch innerhalb von Gebäuden nutzen zu können. Für die Umsetzung eines Pseudolit-GPS wird das Gebäude mit mehreren speziellen Sende- und Empfangsstationen (den Pseudoliten) ausgestattet, welche die Satelliten nachbilden. Zwei wesentliche Einschränkungen, die mit der Implementierung von Pseudolit-GPS einhergehen, sind, wie bei den echten Satelliten im All, die genaue Bestimmung der Zeit (GPS-Satelliten im Weltraum sind für die Berechnung der Zeit mit Atomuhren ausgestattet) und die sehr hohen Kosten für die Entwicklung und Einrichtung eines Pseudolit-GPS. (Gleim, 2012) Ein System, welches Pseudoliten für die Indoorpositionierung nutzt, wurde von der australischen Firma Locata entwickelt. Hier werden GPS-ähnliche Signale verwendet, die von Pseudoliten innerhalb von Gebäuden ausgesendet werden. Die Positionsbestimmung erfolgt mit Hilfe der Laufzeitmessung. Mit Hilfe dieses Systems können Genauigkeiten von 0,1 Metern bis zu einem Meter erreicht werden. (Retscher und Kistenich, 2006)

### **ZigBee**

Bei ZigBee handelt es sich um ein drahtloses Funknetzwerk in Form eines Smart-Home-Funkstandards, das in der Hausautomation, bei Sensornetzwerken und in der Lichttechnik zum Einsatz kommt. Ein ZigBee-Netzwerk wird mit Hilfe der folgenden drei ZigBee Komponenten aufgebaut:

- ZigBee-Koordinator: Der Koordinator startet das Netzwerk und legt diverse Netzwerk-Parameter fest.
- ZigBee-Router: Die Router übernehmen die Aufgaben des ZigBee-Koordinators.
- ZigBee-Endgeräte: Die Endgeräte kommunizieren mit den Routern. Sie sind batteriebetriebene Steuerungs- oder Sensormodule. Für das ZigBee-Endgerät kann die Position im bestehenden ZigBee-Netzwerk bestimmt werden.

Genauso wie andere drahtlose Sensornetzwerke (WLAN, UWB oder RFID), kann auch innerhalb eines ZigBee-Netzwerkes mit Hilfe der Signalstärkemessung eine Ortung des ZigBee-Endgerätes erfolgen. ZigBee-Netzwerke erreichen innerhalb von Gebäuden Reichweiten bis zu 40 Metern und erzielen Lokalisierungsgenauigkeiten von unter einem

Meter. (Uradzinski et al., 2017) Die wesentlichen Einschränkungen für die Einrichtung eines solchen Systems stellen die damit verbundenen Installations- und Wartungskosten dar.

### **Radar**

Radarsysteme stellen, wie ZigBee, Bluetooth oder Radiowellen, eine weitere Positionierungsmöglichkeit im Bereich der Hochfrequenztechnik dar. Ein im Bereich der Indoornavigation umgesetztes Radarsystem ist das Local Positioning Radar (LPR) der Firma „Symeo GmbH“. Es ermöglicht eine hochgenaue und kontaktlose Ortung sowohl im Innen- als auch im Außenbereich, wurde aber vorwiegend für industrielle Anwendungen konzipiert und findet im Bereich der Indoornavigation noch keine weitgehende Anwendung.

### **Hochempfindliches GNSS**

Globale Navigationssysteme wie etwa GPS oder GLONASS sind für den Einsatz im offenen Gelände zur Positionsermittlung konzipiert. Eine auf GNSS (globales Satellitennavigationssystem) basierte Entfernungsmessung erfolgt über die Laufzeit des Signals zwischen einem Empfänger (beispielsweise Smartphone) und mehreren Satelliten (Mindestzahl: vier Satelliten) im Orbit. Für eine genaue Ortung ist eine Sichtverbindung zwischen Empfänger und Satelliten erforderlich. Der GNSS-Signalempfang innerhalb eines Gebäudes hängt von der Konzeption des Gebäudes (wie der Tiefe der Wände und Größe der Fenster) ab. Eine GNSS-basierte Positionierung innerhalb von Gebäuden ist aufgrund der fehlenden Sichtverbindung des Empfängers zum Satelliten somit äußerst problematisch. Auch moderne und hochsensible GPS-Empfänger können keine ausreichenden Empfangsleistungen innerhalb von Gebäuden erzielen. Dies gelingt nur in der Nähe von Fenstern, da diese im Vergleich zu Beton eine geringe Signaldämpfung aufweisen. (Strang et al., 2008)

### **Trägheitsnavigation: Inertiales Navigationssystem**

Trägheitsnavigationssysteme sind heute vor allem in Schiffen, Fahrzeugen, Flugzeugen und weiteren Flugkörpern zu finden. Die Trägheitsnavigation konzentriert sich auf die Veränderungen von Beschleunigungen. Diese Art der Navigation wird auch als Inertiales Navigationssystem bezeichnet. Die Grundlage für die Trägheitsnavigation bildet die Messung der auf ein Objekt einwirkenden, dreidimensionalen Drehraten- und Beschleunigungsvektoren: die Ausgangslage, die Ausgangsposition und die Ausgangsgeschwindigkeit. Mit Hilfe von hochsensiblen Messgeräten im sich bewegenden Objekt und mit Hilfe spezieller Integrationsverfahren wird der zeitliche Verlauf der Lage, der Position und der Geschwindigkeit erfasst. Ein entscheidendes Merkmal dieses Verfahrens ist, dass die Größen Lage, Position und Geschwindigkeit unabhängig von äußeren Einflüssen ermittelt werden können. (Strang et al., 2008)

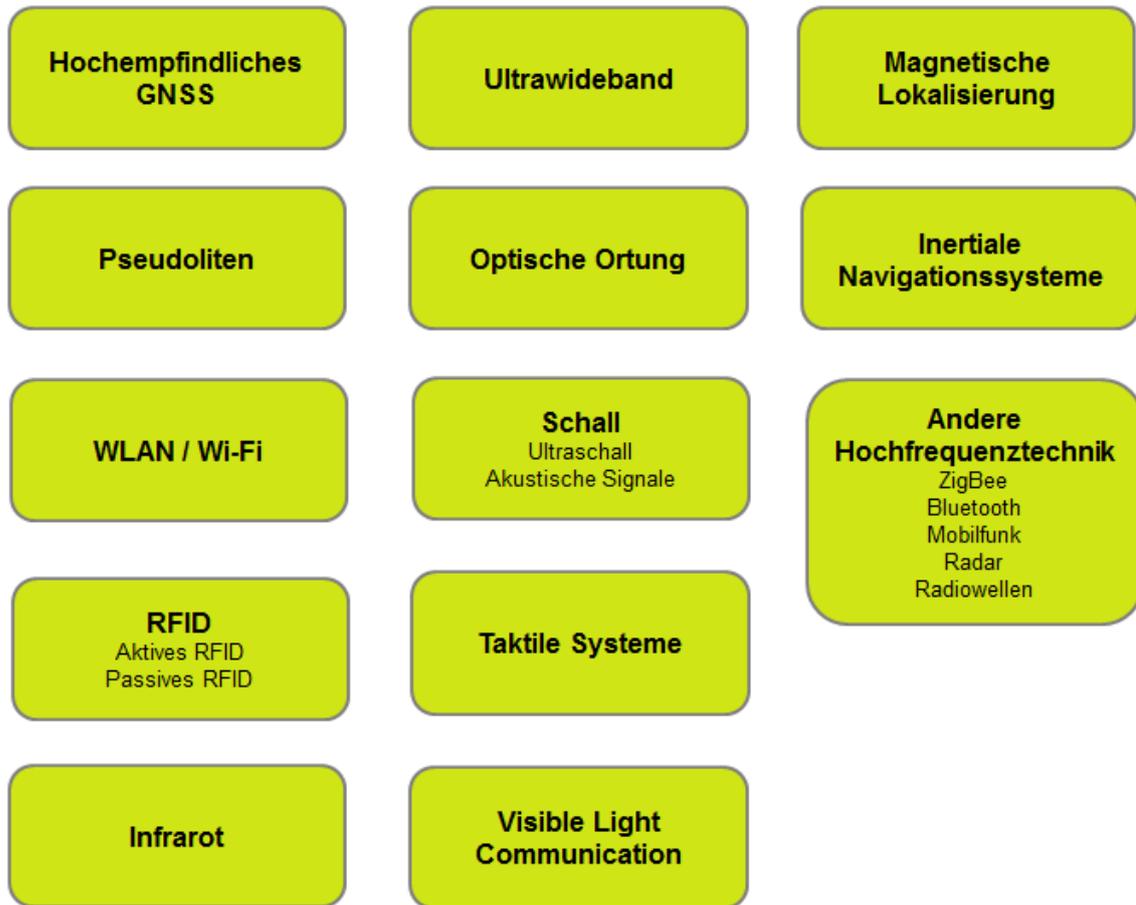
Ein Trägheitsnavigationssystem ist zwingend in Kombination mit weiteren Lokalisierungsverfahren umzusetzen, da es ansonsten ausschließlich relative Werte für die Positionierung liefert. In Verbindung mit anderen Technologien in einem hybriden System werden jedoch

Genauigkeiten im Zentimeter- bis Millimeterbereich erreicht. Die Umsetzung eines solches System ist derzeit mit einem komplexen und kostenintensiven Entwicklungsaufwand verbunden.

### **Optische Ortung**

Ähnlich der visuellen Wahrnehmung des Menschen, versucht ein kamerabasiertes System die Positions- und Bewegungsinformationen aus der optischen Abtastung zu gewinnen. Für kamerabasierte Systeme bestehen zwei Entwicklungsansätze: Die Kamera des mobilen Endgerätes ermittelt den Standort mit Hilfe von Scene Analysis (siehe Seite 78), oder die Kameras sind im Gebäude fix angebracht und die Bewegungsinformation der Personen werden aus dem Bild extrahiert. In beiden Fällen wird eine große Menge an Informationen gefiltert, die für die Lokalisierung irrelevant sind. (Werner, 2015) Dementsprechend komplex gestaltet sich die Datenaufbereitung in Echtzeit bei der Positionierung mittels optischer Ortung. Die Smartphone-Kamera kann zudem als spezifisches optisches Lesegerät eingesetzt werden. So ist eine genaue Abfrage der aktuellen Position mit Hilfe eines **QR-Codes**, auf dem die Standortinformation abgespeichert ist, möglich. Bei einem QR-Code (Quick-Response Code) handelt es sich um einen elektronisch lesbaren Code, auf dem mehr Informationen abgespeichert werden können als auf einem klassischen Strichcode. Neben standortspezifischen Daten können auf einem QR-Code e auch Informationen über den Fahrplan abgespeichert sein. QR-Codes sind sehr flexibel, da sie fast überall angebracht werden können, beispielsweise auf der gebäudeeigenen Infrastruktur, Schildern, Informationstafeln, Gebäudeplänen, Fahrkarten etc.

Eine zusammenfassende Darstellung der beschriebenen Sensoren und Signale für die Indoorpositionsbestimmung findet sich in Abbildung 30.

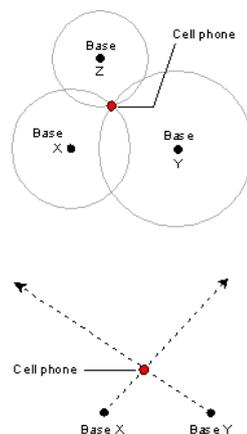


**Abbildung 30:** Zusammenfassender Überblick über die verfügbaren Sensoren und Signale zur Positionsbestimmung. Quelle: Eigene Darstellung

### 3.3.2 Methoden der Datengenerierung

#### Triangulation

Die Triangulation ist ein Verfahren zur Bestimmung des Standortes eines Funksenders. Bei der Triangulation wird entweder der Radialabstand (siehe oberer Teil der Abbildung 31) bzw. die Richtung des Signals (siehe unterer Teil der Abbildung 31), das von zwei oder drei verschiedenen Punkten empfangen wird, gemessen. Häufig wird die Triangulation in der Kommunikation via Mobilfunk eingesetzt, um die geografische Position des Smartphones zu bestimmen. (Rouse, 2019)



**Abbildung 31:** Illustration des Triangulationsverfahrens: oben über den Radialabstand und unten über Richtung des Signals. Quelle: Rouse, 2019

#### Messung des Einfallswinkels - Angle of Arrival (AOA)

Bei Angle of Arrival (AOA) handelt es sich um eine Winkelmessung des einfallenden Funksignals: Die Positionsbestimmung des Empfängers (mobiler Teil des Systems) erfolgt durch das Messen der Einfallswinkel der von den Sendern (statischer Teil des Systems) ausgesendeten Signale. Aus diesen Winkeln kann die Entfernung des Senders mit Hilfe von Triangulation berechnet werden. Ungenauigkeiten können bei dieser Methode insbesondere durch die Reflexion der Signale in Innenräumen entstehen. (Köpke, 2019) AOA erfolgt beispielsweise bei Mobilfunknetzen, WLAN, Bluetooth oder Visible Light Communication (VLC).

#### Angabe der Zelle - Cell of Origin (COO)

Die Basisstationen (statische Teile des Systems) weisen eine Zellstruktur auf. Die Empfänger (mobiler Teil des Systems) stellen eine Verbindung zur nächstgelegenen Basisstation her. Da die Positionen der Basisstationen bekannt sind, kann eine Positionsbestimmung der mobilen Station erfolgen. Die Positionsbestimmung erfolgt umso genauer, je dichter die Verteilung der Basisstationen ist. (Schmidt, 2010)

### **Laufzeitmessung – Time of Arrival (TOA)**

Anhand der Laufzeitmessung der Signale wird die Distanz zwischen Sender und Empfänger bestimmt. Die Signale sind dabei mit einem Zeitstempel versehen. Die Distanzmessung kann auf der einfachen Strecke (Sender-Empfänger) durchgeführt werden (hier ist eine exakte Synchronisation der Geräte erforderlich) oder auf der doppelten Strecke (Sender-Empfänger-Sender) durchgeführt werden. Mit TOA handelt es sich um eine sehr genaue Berechnung, die aufgrund des Synchronisationsaufwandes der Zeit bei allen beteiligten Geräten aber durchaus komplex umzusetzen ist. (Farid et al., 2013)

### **Laufzeitdifferenzmessung – Time Difference of Arrival (TDOA)**

Im Zuge von Time Difference Of Arrival erfolgt eine Zeitdifferenzmessung zwischen fester und mobiler Station. Ist die mobile Station der Sender, wird das ausgesendete Signal von mindestens drei Basisstationen empfangen. Bei TDOA wird der Zeitunterschied mit der Geschwindigkeit des Signals multipliziert und damit die Entfernung errechnet. (Zhang et al., 2010)

### **Signalstärkemessung – Received Signal Strength (RSS)**

Die Methode „Received Signal Strength“ ist relevant für die Positionierung mit Hilfe von Funksignalen. Die Entfernung zum Objekt wird anhand der Signalstärke gemessen und ausgewertet. Je näher sich das Objekt dabei beim Access Point befindet, desto stärker ist das Signal. Zur Berechnung der Entfernung wird häufig der Fingerprint-Algorithmus verwendet. Neben dem Fingerprinting wird aber auch die Methode der Signalmodellierung (siehe Seite 77) im Rahmen der Signalstärkemessung angewandt. (Sommer, 2015)

### **Fingerprinting**

Bei der Fingerprinting-Methode werden nicht die Distanzen zwischen den Objekten oder Referenzpunkten ermittelt, sondern charakteristische Übereinstimmungen von Signalen (wie etwa die Signalstärke) für die Positionsbestimmung genutzt. Ein System, das mit Hilfe der Fingerprinting-Methode arbeitet, kann sich in zwei Zuständen befinden:

- **Trainingsphase (Offline-Modus):** In dieser Phase werden Karten mit Fingerabdrücken (Signalstärken) von zahlreichen Positionen (statischen Routern) erstellt. Der Aufbau einer solchen Signalstärkekarte beginnt mit der Einteilung des Gebäudes in verschiedene Bereiche, beispielsweise mit Hilfe eines Gebäudeplanes. Die Router verfügen über vordefinierte Koordinaten. Die aufgenommenen Signalstärken werden in einer Datenbank abgespeichert.
- **Operationsphase (Online-Modus):** Das mobile Gerät misst im Online-Modus die Signaleigenschaften der noch unbekannt Position. Der aktuell gemessene Wert wird dann mit den in der Datenbank aufgenommenen Werten verglichen. Der Wert mit der besten Übereinstimmung repräsentiert die Position des Objekts.

Mit Hilfe der Fingerprinting-Methode können Genauigkeiten zwischen zwei bis fünf Metern erreicht werden. Ein Nachteil der Fingerprinting-Methode ist, dass die Testmessungen sehr arbeits- und kostenaufwendig sind und bei der Installation eines neuen Accesspoints oder bei baulichen Veränderungen neu durchgeführt werden müssen. Zudem können Objekte im Gebäude (Personen) eine Beugung bzw. Reflexion der Signale verursachen, wodurch sich die Ausbreitung der Signale verändert. (Farid et al., 2013)

### **Signalmodellierungsmethode**

Die Signalmodellierungsmethode dient der Abbildung einer möglichst realen Ausbreitung von Wellen (z.B. Radiosignalen). Die von den Stationen ausgesendeten Wellen verlieren mit zunehmender Ausbreitung im Raum an Stärke (beispielsweise durch Reflexionen, Beugungen oder Streuungen). Mit Hilfe der Signalstärkemethode soll die Wellenausbreitung möglichst realitätsnah nachgebildet werden, um von Signalstärken auf Empfangsorte (mobile Stationen, beispielsweise Smartphone) rückschließen zu können. Je genauer die Realität nachgebildet wird, desto komplexer wird die Erstellung des Modells, aber umso höher wird die Genauigkeit der Positionsbestimmung. Um ein solches Modell zu erstellen, wird ähnlich der Fingerprinting-Methode in einer Offline-Phase ein digitaler Plan mit Koordinaten der Stationen und den Wänden im Messgebiet erstellt. Die aufgenommenen Messwerte der Stationen werden in einer Datenbank abgespeichert. In der Online-Phase werden die vom mobilen Gerät gemessenen Signalstärken mit der Datenbank verglichen und der Wert mit der besten Übereinstimmung ausgewählt. Im Vergleich zur Fingerprinting-Methode ist der Vorteil bei diesem Verfahren, dass die Datenbank schnell erstellt werden kann und die Integration weiterer Stationen leicht durchführbar ist. Diese Methode ist aber weitaus ungenauer als das Fingerprinting-Verfahren. Bei der Signalmodellierungsmethode werden im Allgemeinen nur die Wände modelliert. Auf eine Modellierung von weiteren Objekten im Raum (wie etwa Möblierung) wird verzichtet. Daher stellt diese Methode kein praktikables Positionierungsverfahren für Bahnhofsgebäude dar. (Retscher und Moser, 2007)

### **Machine Learning**

Bei Machine Learning werden große Mengen an Datensätzen analysiert. Mit Hilfe von statistischen Modellen aus den gewonnenen Informationen wird fortlaufend gelernt. Im Zuge von Machine Learning werden komplexe Algorithmen entwickelt, die wie ein künstliches neuronales Netzwerk arbeiten. Die Algorithmen sind in der Lage, Daten zu klassifizieren, zu interpretieren und letztendlich zu verstehen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zur Lösung von Problemen genutzt. Basierend auf einer einmaligen Programmierung verbessert sich der Algorithmus mittels der erfassten Daten automatisch. Machine Learning ist für die Indoornavigation deshalb interessant, da mit Hilfe intelligenter Algorithmen die anonymisierte Auswertung aktueller Verhaltensweisen bzw. Bewegungsmuster von Bahnhofsbesuchern ermöglicht wird. Zudem können mit Hilfe von Machine Learning spezifische Muster im Nutzerverhalten identifiziert werden. Mit Hilfe von Machine Learning werden also

- **Benutzerprofilmodellierungen** und
- **Benutzerverhaltensmodellierungen** ermöglicht.

Die mit Hilfe des Machine Learning identifizierten nutzerspezifischen Verhaltensmuster erleichtern eine personalisierte Ausgestaltung eines digitalen Indoornavigationsservice. (Ugave, 2014)

### **Intelligente Videoanalyse**

Durch die Entwicklung fortgeschrittener Bildverfahren und Bilderkennungen (wie sie derzeit auch seitens des ÖBB Business Competence Center im Zuge der „Advanced Videoanalytics“ durchgeführt werden, siehe Seite 22) gibt es neue Möglichkeiten, Innenräume und insbesondere die menschliche Art der Interaktion und Navigation innerhalb von Gebäuden zu erkunden.

Im Rahmen der **Scene Analysis** wird die Umgebung von Systemen (z.B. Kameras) analysiert und es erfolgt ein Vergleich der erhobenen Daten mit Referenzwerten (Musterdatenbank). Es wird versucht, bekannte Objekte zu identifizieren. (Schmidt, 2010)

Neben den bereits vorgestellten Entwicklungen der ÖBB im Bereich der „Advanced Videoanalytics“ ist ein weiteres Beispiel für den Einsatz moderner Videotechnik der Deutsche Bahnhof Südkreuz. Hier werden im Zuge eines Pilotversuches zwei Techniken der intelligenten Videoanalyse getestet: Die automatische Gesichtserkennung (zum Beispiel zur Identifikation von hilfeschuchenden Personen) und die Alarmierung in Gefahrensituationen (beispielsweise durch vergessenes Gepäck). Die Feldtests für die Gesichtserkennung werden dabei nur mit freiwilligen Testpersonen durchgeführt. Der Pilotversuch wird von der Deutschen Bahn in Zusammenarbeit mit der Bundespolizei, dem Innenministerium und dem Bundeskriminalamt durchgeführt. (Der Tagesspiegel, 2017)

### **Sensor Fusion (SF)**

Wie sich anhand der vorgestellten Sensoren und Signale sowie der Methoden zur Datengenerierung zeigt, existiert eine Vielzahl an Verfahren zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden: Von der Abstandsrechnung mit Hilfe von Funkwellen wie etwa Bluetooth über ein Tracking-System mit Hilfe einer Kamera bis hin zur Positionsbestimmung über den Schall. Das Ziel der Sensor-Fusion ist es, einzelne Methoden miteinander zu verknüpfen und dadurch eine bestmögliche Ortung zu ermöglichen. Dabei wird auf eine ergänzende Integration von Smartphone-Sensoren, welche die Schwächen eines bestehenden Verfahrens ausgleichen, gesetzt.

Sensor Fusion beschreibt ein Forschungsgebiet, welches darauf abzielt, die Smartphone-basierten-Sensoren miteinander nützlich zu kombinieren. Als Beispiel kann die Kombination aus Beschleunigungssensor und Gyroskop genannt werden, um die relative Beschleunigung, die auf das Gerät ausgeübt wird, zu bestimmen. Eine Kombination von Gyroskop- und Kompassdaten würde beispielsweise auch die korrekte Berechnung der Ausrichtung ermöglichen. (Gleim, 2012)

Eine zusammenfassende Darstellung über die Sensoren und Signale und die zugehörigen Methoden der Datengenerierung sowie über mögliche Reichweiten und Genauigkeiten ist in Tabelle 6 zu finden.

Sensor bzw. Signal	Methode der Datengenerierung	Reichweite [m, Gebäude, Global]	Genauigkeit [cm, dm, m]	Realisierungsaufwand [gering, mittel, hoch]
Visuelle Markierungen (Landmarken)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triangulation</li> </ul>	Gebäude	cm-m	niedrig
WLAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triangulation</li> <li>• Signalstärkemessung (RSS) - Fingerprinting</li> </ul>	<150m	m	mittel
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalstärkemessung (RSS) - Fingerprinting</li> </ul>	10-30m	dm-m	hoch
Ultrawideband (UWB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufzeitmessung</li> </ul>	10-150m	cm-m	hoch
RFID-Tags	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe der Zelle</li> </ul>	<4m (passiv) <100m (aktiv)	dm-m	mittel
Visible Light Communication (VLC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung des Einfallswinkels</li> </ul>	<8m	dm-m	hoch
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufzeitmessung</li> <li>• Triangulation</li> </ul>	m	cm	hoch
Infrarot	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung des Einfallswinkels</li> </ul>	<5m	cm-m	mittel
Sensor Fusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalman Filter</li> </ul>	Gebäude	cm-m	mittel
Gebäudeinfrastruktur & Erdmagnetfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennung der Strukturen und Anomalien des Erdmagnetfeldes</li> </ul>	Gebäude	cm-m	niedrig
Mobilfunknetze (GSM Fingerprints)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalstärkemessung (RSS) - Fingerprinting</li> </ul>	Gebäude	m	niedrig
Radiowellen (FM Radio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalstärkemessung (RSS)</li> </ul>	Gebäude	cm-m	mittel
Pseudoliten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufzeitmessung</li> </ul>	Gebäude	cm-m	hoch
ZigBee	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalstärkemessung (RSS)</li> </ul>	<40cm	cm-m	mittel
Hochempfindliches GNSS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triangulation</li> <li>• Laufzeitmessung</li> </ul>	Global	m	niedrig

Sensor bzw. Signal	Methode der Datengenerierung	Reichweite [m, Gebäude, Global]	Genauigkeit [cm, dm, m]	Realisierungsaufwand [gering, mittel, hoch]
<b>Trägheitsnavigation: Inertiales Navigationssystem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Messung der Einfallswinkel, Einsatz hochsensibler Beschleunigungsmessgeräte</li> </ul>	<100m	m	hoch
<b>Optische Ortung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digitale Bilder</li> <li>Scene Analyse</li> <li>Intelligente Videoanalyse</li> </ul>	Gebäude	cm-m	mittel
<b>Taktile Systeme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Haptik</li> </ul>	Gebäude	cm	mittel
<b>Akustische Signale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akustik</li> </ul>	Gebäude	cm-m	mittel bis hoch

**Tabelle 6:** Übersicht über Methoden der Positionsbestimmung. Quelle: Eigene Zusammenstellung

### 3.3.3 Datenpräsentation auf digitalen Endgeräten

Die Datenpräsentation kann über die folgenden digitalen Endgeräte erfolgen:

- Smartphone, Tablet
- Smartwatch
- Interaktives Informationsterminal
- Assistenzroboter
- Computerbrille

Neben **Smartphones**, **Tablets** und **Smartwatches** kann die Repräsentation von räumlicher Information bzw. die Wiedergabe von Routinganweisungen auch über interaktive Informationsterminals, Assistenzroboter und Computer-Brillen erfolgen.

**Interaktive Informationsterminals** bzw. touchfähige, interaktive Kiosksysteme haben eine intuitive Benutzeroberfläche und können mit unterschiedlichen Navigationsfunktionen (siehe Kapitel 3.2.3) ausgestattet sein. Die Aufstellung interaktiver Informationsterminals eignet sich an stark frequentierten Bereichen, wie beispielsweise an Eingängen des Bahnhofes oder in unmittelbarer Nähe von Treppen, Rolltreppen, Aufzügen oder an Informationsstellen auf Bahnsteigen.

Interaktive Informationsterminals wurden beispielsweise am Promenadenbahnhof Leipzig umgesetzt (siehe Abbildung 32). Ähnlich wie der Hauptbahnhof Wien ist auch der Promenaden Hauptbahnhof Leipzig ein hoch frequentierter Bahnhof mit diversen Shoppingmöglichkeiten. Am Hauptbahnhof Leipzig sind interaktive Terminals in Verwendung, die Nutzer über ein 3D-Wegeleitsystem zu ihren gewünschten Zielen navigieren. Es kann nach Servicepunkten, Geldautomaten und Produkten gesucht werden. Zusätzlich kann der Weg per QR-Code auf das Smartphone geladen werden.



**Abbildung 32:** Interaktives Terminal am Promenadenbahnhof Leipzig.

Quelle: flysfo.com (Zugriff am 25.04.2019)

Interaktive Informationsterminals werden auch als flexible und ortsungebundene Lösung in Form von **Assistenzrobotern** umgesetzt (siehe Abbildung 33). Das Einsatzpotential von Assistenzrobotern am Hauptbahnhof Wien wird derzeit u.a. im Zuge des Projektes „DIRIGENT“ erforscht.



**Abbildung 33:** Exemplarische Darstellung eines Assistenzroboters (Shanghai Hongqiao Railway Station).

Quelle: english.cctv.com (Zugriff am 25.04.2019)

Ein Beispiel für ein seitens der Wiener Linien entwickeltes, barrierefreies Informationsterminal am Hauptbahnhof Wien ist in Abbildung 34 dargestellt.



**Abbildung 34:** Informationsterminal der Wiener Linien am Hauptbahnhof Wien. Quelle: Eigene Aufnahme

Im Bereich der Mixed Reality, also der Überschneidung von physischer und digitaler Realität, ermöglicht die **Computerbrille** eine dynamische und flexible Präsentation von Daten. Ein Beispiel hierfür sind die am Anfang des Berichtes beschriebenen „HoloLens“ des ÖBB Business Competence Center (siehe Seite 26).

### 3.3.4 Methoden der Datenpräsentation

Es gibt es eine Vielzahl an unterschiedlichen Methoden, wie generierte Informationen auf den vorgestellten Medien wiedergegeben werden können.

Eine grundsätzliche Methode ist die Informationswiedergabe in Form eines digitalen und möglicherweise interaktiven **Plans** dar. Dieser kann zwei- bzw. dreidimensional implementiert werden und die Grundlage für die Abbildung von Routinganweisungen bilden. Die Erstellung von digitalem Kartenmaterial stellt einen wesentlichen Bestandteil für die Entwicklung eines umfassenden, digitalen Navigations- und Informationsservice dar und wird daher im vorliegenden Bericht in Empfehlung zwei näher beleuchtet.

Wie durch die Vorstellung der Navigationsapp „ÖBB Hauptbahnhof Wien“ (siehe Seite 18) bzw. den „Personal Indoor Assistant“ (siehe Seite 27) aufgezeigt, können auch **Fotoabfolgen** für die Ausgabe von Routinganweisungen herangezogen werden. Auch **Videos** können für die Informationswiedergabe zur Verfügung gestellt werden (dies bietet sich allerdings nur für die dauerhafte und situationsunabhängige Informationswiedergabe an).

Eine weitere Möglichkeit zur Informationswiedergabe stellen **Hologrammen** dar, wie sie beispielsweise im Zuge der vorgestellten Computer-Brille „HoloLens“ (siehe Seite 26) derzeit entwickelt werden.

Informationen können über digitale Endgeräte auch im klassischen Sinn von **Textanweisungen** wiedergegeben werden. Darüber hinaus können akustische Anweisungen in Form von **verbalen bzw. akustischen Anweisungen** erfolgen. Ein Beispiel hierfür ist das auf Seite 46 beschriebene System POPTIS. Neben akustischen bzw. verbalen Anweisungen stellen insbesondere für sehingeschränkte bzw. höreingeschränkte Personen **haptische Anweisungen** eine gute Möglichkeit für die Informationswiedergabe dar.

### 3.4. Interne und externe Datenquellen

Für die Konzeption und Entwicklung eines digitalen Indoornavigationsservice ist eine umfassende Integration unterschiedlicher Datenquellen erforderlich. Dabei ist großes Augenmerk auf die Integration der dynamischen Fahrgastinformation (siehe Auflistung von möglichen betriebsbezogenen Datenquellen) zu legen. Wird das Informations- und Navigationsservice auf weitere Verkehrsträger (wie beispielsweise das gesamte städtische ÖPNV-Angebot) ausgelegt, sind zudem die Fahrplandaten sowie die dynamischen Fahrgastinformationssysteme von weiteren Verkehrsbetreibern zu integrieren. Je nach Funktionsumfang können grundsätzlich weitere Datenquellen wie Social-Media-Kanäle, Verkehrsinformationssysteme (Statusmeldungen MIV und ÖPNV), Wetterkanäle oder Werbungen in das zu entwickelnde Informations- und Navigationsservice integriert werden.

#### Mögliche betriebsbezogene Datenquellen

- Fahrplan (ÖBB)
- Aktuelle Störungen im Betrieb
- Veranstaltungshinweise
- Reinigungsarbeiten
- Bauarbeiten
- Internes Ticketing-System
- Digitales und detailliertes Kartenmaterial

#### Weitere betriebsexterne Datenquellen (bei Integration mehrerer Verkehrsbetreiber)

- Externe Fahrpläne (weiterer Verkehrsbetreiber)
- Externe Verkehrsinformation (Statusmeldungen MIV und ÖPNV, weitere Mobilitätsanbieter wie Uber oder Bolt)
- Externe Ticketing-Systeme (weiterer Verkehrsbetreiber)

#### Weitere mögliche Datenquellen

- Social-Media-Kanäle
- Wetterkanäle
- Werbung
- Informationen zu relevanten Veranstaltungen mit großem Besucherandrang
- Informationen zu Dienstleistungsanbietern am Bahnhof (z.B. Öffnungszeiten Shops, aktuelle Angebote der Dienstleister am Bahnhof)
- Informationen zum Standort und Status von weiteren Infrastrukturen am Bahnhof (z.B. Lift, Rolltreppe, Auslastung Schließfächer, Bankomaten, Defibrillator und alle weiteren Points of Interest)

- Informationen zu barrierefreien Elementen (z.B. WC barrierefrei – ja/nein, Rollstuhlfahrer-Sammelplatz)
- Informationen für persönliche Assistenz (wo sind Mitarbeiter am Bahnhof, wo und wie kann ich auf persönliche Assistenz am Bahnhof zurückgreifen)
- Informationen zur Umgebung (welche Angebote sind im Umkreis des Bahnhofes vorhanden)
- etc.

### 3.5. Bahnhofskategorien

Im Rahmen des Projektes werden die Bahnhöfe entsprechend ihrer Funktionen und ihren Anforderungen an die Indoornavigation in die folgenden Kategorien unterteilt:

- kleine Bahnhöfe (barrierefrei/nicht barrierefrei)
- mittlere Bahnhöfe (barrierefrei/nicht barrierefrei)
- große Bahnhöfe (barrierefrei/nicht barrierefrei)

Obwohl von Seiten der ÖBB-Infrastruktur AG eine weitaus differenziertere Kategorisierung der Bahnhöfe existiert, wurde im Rahmen dieses Projektes ganz bewusst eine vereinfachte Kategorisierung der Bahnhöfe vorgenommen. Die unterschiedlichen Anforderungen an die Indoornavigation an Bahnhöfen werden damit grundsätzlich abgedeckt. Eine Unterteilung der Bahnhofskategorien hinsichtlich ihrer Funktionen und Anforderungen an die Indoornavigation ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Kriterium	Kleiner Bahnhof		Mittlerer Bahnhof		Großer Bahnhof	
Komplexität der Orientierung	gering		mittel		hoch	
Funktion	Verbindungsfunktion (Mobilitätsfunktion)		Verbindungsfunktion (Mobilitätsfunktion) + Versorgungsfunktion (Trafik, Bäckerei, Proviant)		Verbindungsfunktion (Mobilitätsfunktion) + Versorgungsfunktion (Trafik, Bäckerei, Proviant) + Aufenthaltsfunktion (Unterhaltungsangebote)	
Schlagwort	fortbewegen		kombinieren		erleben	
Ausgestaltung	barrierefrei	nicht barrierefrei	barrierefrei	nicht barrierefrei	barrierefrei	nicht barrierefrei

**Tabelle 7:** Bahnhofskategorien im Projekt „Indoornavigation“. Quelle: Eigene Darstellung

Die barrierefreie Ausgestaltung der Bahnhöfe stellt ein wesentliches Merkmal für eine ganzheitliche und kundenorientierte Etablierung der Indoornavigation an Bahnhöfen dar. Um hervorzuheben, welchen Mehrwert und Funktionsvielfalt die vorgestellten Navigationshilfen für die Ausgestaltung von barrierefreien Bahnhöfen darstellen, wird im Rahmen des Projektes zusätzlich nach barrierefreien und nicht barrierefreien Bahnhöfen differenziert. Im Zuge der Evaluierung der einzelnen Navigationshilfen (siehe Kapitel 5), werden anschließend Empfehlungen ausgesprochen, welche Navigationshilfen an welchen Bahnhofskategorien umgesetzt werden können.

## **4. INDOORNAVIGATION AUS SICHT DER KUNDEN: EYETRACKING-STUDIE AM HAUPTBAHNHOF WIEN**

Der empirische Teil des Projektes „Indoornavigation“ umfasst eine Analyse des Kundenverhaltens (Laufwege und Orientierung) am Hauptbahnhof Wien. Ziel ist es, im Rahmen von Feldversuchen und unter Verwendung der Methode des mobilen Eyetrackings in spezifischen Situationen am Bahnhof das Kundenverhalten zu untersuchen. Anhand der daraus gewonnenen verhaltensbezogenen Daten können Rückschlüsse auf das Orientierungsverhalten der Probanden gezogen werden, die auf alleiniger Basis einer Befragungsstudie nicht zu ermitteln wären. Konkret sollte anhand dieser methodischen Vorgangsweise

- eine Analyse des Orientierungsverhaltens von relevanten Kundensegmenten mit und ohne App am Bahnhof in vorgegebenen Situationen,
- eine Identifikation von Anforderungen von Kunden sowie
- eine Identifikation des Optimierungspotentials von Orientierungshilfen erfolgen.

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurde ein differenziertes Forschungsdesign entwickelt, wobei ein breiter Methodenkanon bestehend aus qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden Anwendung fand.

### **4.1. Methoden der Studie**

Das multimethodale Forschungsdesign sah sowohl den Einbezug von quantitativen wie auch qualitativen Forschungsmethoden vor, wobei die wissenschaftliche Methode des Eyetracking im Fokus der Datenerhebung stand.

#### **Eyetracking-Brille**

Unter Verwendung einer mobilen Eyetracking-Brille (SMI Eyetracking Glasses) können Beobachtungsdaten zum Blickverhalten der Probanden während der Absolvierung einer Aufgabenstellung aufgezeichnet werden. Auf Basis der durchgeführten Blickbewegungsmessungen konnten in weiterer Folge Rückschlüsse auf das Orientierungsverhalten der Probanden sowie von ihnen verwendete Orientierungshilfen und wichtige Orientierungspunkte im Bahnhofsgebäude gezogen werden.

#### **Think-Aloud-Methode**

Neben der Aufzeichnung der Blickbewegungen verfügt die Eyetracking-Brille über eine integrierte Sprachaufzeichnungsfunktion, wodurch die Think-Aloud-Methode als ergänzende Methode in das Forschungsdesign integriert werden konnte. Bei dieser Methode werden die Probanden dazu angehalten, ihre Gedanken, Wahrnehmungen und Empfindungen während der Absolvierung einer Aufgabenstellung zu verbalisieren. Das Erkenntnisinteresse ist hierbei auf Gedanken-, Problemlöse- und Lernprozesse der Probanden während der Durchführung

einer Aufgabe gerichtet. Im vorliegenden Fall diene diese methodische Herangehensweise vor allem dazu, das gezeigte Orientierungsverhalten der Probanden sowie ihre Blickbewegungen anhand ihrer Verbalisierungen zu validieren und näher spezifizieren zu können.

### **Halbstrukturierte Interviews**

Nach Beendigung des Use Cases wurden die Probanden im Rahmen eines halbstrukturierten Interviews zu ihrem generellen Nutzungsverhalten der Bahn sowie des Hauptbahnhofs im Speziellen, ihrem alltäglichen Orientierungsverhalten sowie zu ihrem Orientierungsverhalten bei den absolvierten Aufgabenstellungen befragt.

Ergänzend hierzu wurde anhand von fünf Aufgabenstellungen untersucht, inwieweit sich eine kognitive Repräsentation des Hauptbahnhofs im Zuge der Absolvierung des Use Cases ausgebildet hatte. Hierfür sollten die Probanden konkrete Wegstrecken zu bestimmten Orten am Hauptbahnhof beschreiben und in einen Gebäudeplan einzeichnen.

### **Weitere verhaltensbezogene Maße**

Als weiteres verhaltensbezogenes Maß für die Navigation der Probanden am Hauptbahnhof wurden die zurückgelegten Wegstrecken sowie die benötigten Wegzeiten für die Absolvierung der einzelnen Aufgabenstellungen durch die Versuchsleiter dokumentiert.

## **4.2. Beschreibung des Studienablaufs**

Die Durchführung der Datenerhebung erfolgte zwischen 22.10.2018 und 12.11.2018 am Hauptbahnhof Wien. Auf Basis von zwei entwickelten Use Cases sollten die Probanden durch den Hauptbahnhof navigieren und dabei spezifische Orte im Bahnhofsgebäude auffinden.

Durch das Konsortium wurden insgesamt 36 Probanden für die Teilnahme an der Eyetracking-Studie am Hauptbahnhof Wien rekrutiert. Im Zuge der Ausschreibung wurde noch nicht auf den exakten Studienverlauf hingewiesen (wie beispielsweise, dass die Verwendung bzw. Testung einer Indoornavigationsapp stattfinden wird) und lediglich angeführt, dass es sich um eine Feldstudie zum Thema Indoornavigation am Bahnhof handelt. Nach Unterfertigung einer Einverständniserklärung zur freiwilligen Teilnahme an der Studie erfolgte zu Beginn eine ausführliche Instruktion der Probanden zum Ablauf, Inhalt und Ziel der Feldstudie. Bevor den Probanden die Eyetracking-Brille angelegt und diese kalibriert wurde, erfolgte eine nähere Erläuterung zur Funktionsweise der Brille. In einem nächsten Schritt wurden die Probanden mit einem Smartphone ausgestattet, auf welchem die Navigationsapp der ÖBB namens „ÖBB Hauptbahnhof Wien“ (Entwicklungsstand: Oktober 2018) bzw. Google Indoor als alternative Softwarelösung installiert war. Den Probanden wurde erklärt, dass sie die App als zusätzliche

Orientierungshilfe während der Absolvierung der Aufgabenstellungen heranziehen könnten, dies allerdings nicht bzw. nur bei ausgewählten Aufgabenstellungen entsprechend dem jeweiligen Use Case tun müssten.

Der jeweilige Use Cases startete im Eingangsbereich des Hauptbahnhofs (Südtiroler Platz), wobei kurz vor Beginn der Durchführung die wesentlichen Aspekte des Ablaufs für die Probanden nochmals in aller Kürze zusammengefasst wurden. Um eine möglichst hohe ökologische Validität der Studie gewährleisten zu können, wurden die Probanden im Zuge der Aufgabeninstruktion dazu angehalten, sich während der Absolvierung der Aufgabenstellungen weitestgehend natürlich zu verhalten und so vorzugehen, wie sie dies normalerweise am Bahnhof tun würden.

Die Probanden wurden während der Absolvierung des jeweiligen Use Cases von zwei Testleitern begleitet, wobei ein Testleiter für die Vorgabe der Aufgabenstellungen zuständig war, während der andere Testleiter die zurückgelegte Wegstrecke in einem Gebäudeplan und Distanz mittels Schrittzähler dokumentierte.

Beide Use Cases wurden dabei so konzipiert, dass die Durchführung der Aufgaben sowohl unter Verwendung der jeweiligen App als auch ohne dieser möglich war. Zudem wurde bei der Entwicklung der beiden Use Cases auf eine realistische Alltagsnähe sowie auf eine inhaltlich stringente Abfolge der einzelnen Aufgabenstellungen geachtet. In Abbildung 35 findet sich der Use-Case zur Untersuchung der ÖBB-App. Dabei wird nach „Outbound“ (linker und blauer Teil der Grafik) sowie nach „Inbound“ (rechter und orangener Teil der Grafik) differenziert.

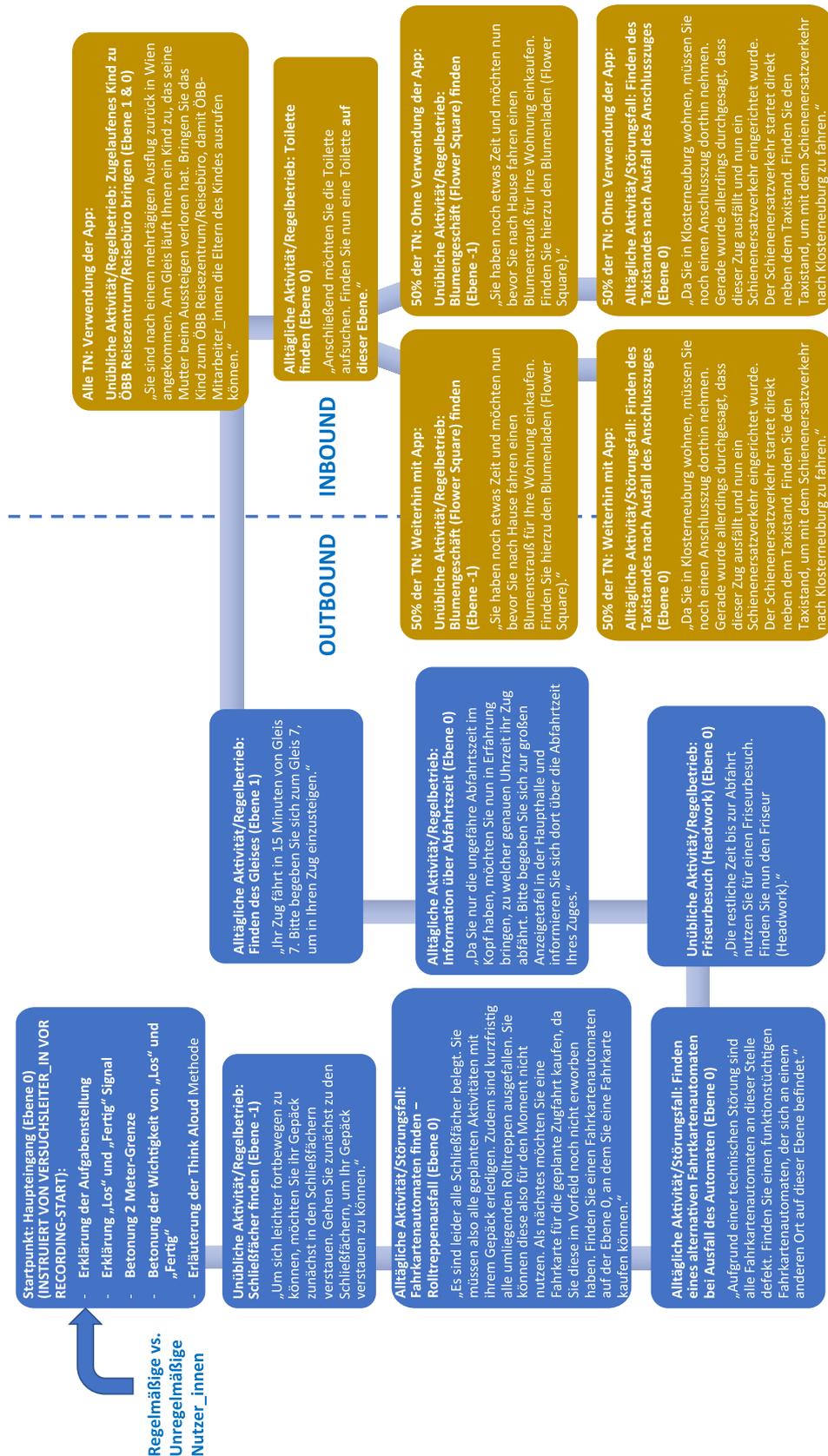


Abbildung 35: Use Case zur Untersuchung der ÖBB-App. Quelle: Eigene Darstellung

Um die Funktionalitäten beider Applikationen (ÖBB-App und Google-Indoor-App) sowie deren Potential für eine erleichterte Navigation am Hauptbahnhof während der Aufgabenabsolvierung zu evaluieren, sollten die Probanden diese im zweiten Teil des Use Cases (Inbound) gänzlich oder teilweise verwenden. Im ersten Teil (Outbound) wurde es den Probanden freigestellt, ob und welche Orientierungshilfen sie im Zuge der Aufgabenabsolvierung verwenden wollten, wobei auf die Notwendigkeit einer natürlichen Vorgehensweise eingangs hingewiesen wurde. Selbiges galt auch für die Probanden, die anstelle der ÖBB-App mit einem Smartphone mit der Google-Indoor-App ausgestattet worden waren. Diese sollten im ersten Teil (Outbound) des Use Cases die Navigationsapp verwenden, während ihnen eine Verwendung im zweiten Teil des Use Cases wiederum freigestellt worden war.

Neben einem funktionsbezogenen Vergleich beider Applikationen diente der zweite Use Case auch einer Untersuchung der Ausschilderung der Straßenbahnlinie D der Wiener Linien. Diese Funktion war zum Zeitpunkt der Datenerhebung bei der ÖBB-App noch nicht vorhanden. In Abbildung 36 findet sich der Use Case zur Untersuchung der Google-Indoor-App.

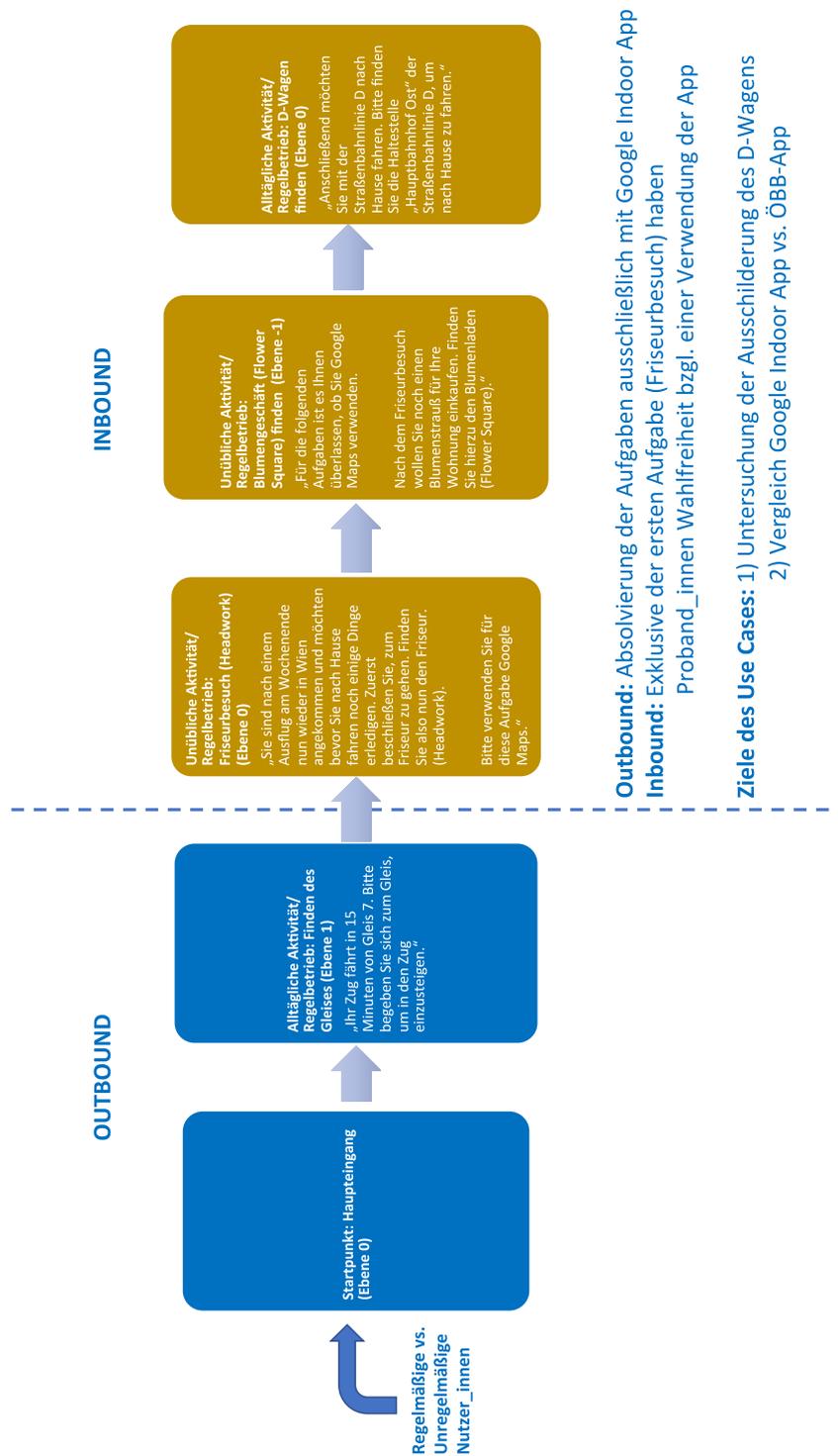


Abbildung 36: Use Case zur Untersuchung der Google-Indoor-App. Quelle: Eigene Darstellung

### 4.3. Beschreibung der Stichprobe

Bei der Rekrutierung der Stichprobe wurde ein besonderes Augenmerk auf den Aspekt der Diversität gelegt, wobei hier die Kriterien Alter, Geschlecht, Mobilitätseinschränkungen sowie ethnischer Hintergrund besondere Berücksichtigung fanden.

Insgesamt nahmen 36 Probanden, davon 18 Frauen und 18 Männer, an der Eyetracking-Studie teil, wobei 31 Probanden den Use Case zur Untersuchung der ÖBB-App und 5 Probanden den Use Case zur Untersuchung der Google-Indoor-App absolvierten. Um altersbezogene Einflüsse auf das Orientierungsverhalten der Probanden zu erfassen, wurde bei der Rekrutierung zudem auf eine breite Altersverteilung der Probanden geachtet. Der Altersdurchschnitt lag bei 41 Jahren ( $SD = 20,5$ ), wobei der jüngste Proband 18 Jahre und der älteste 79 Jahre alt war. Weitere deskriptive Daten zur Stichprobe sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Variable	Ausprägung	Häufigkeit	Prozent
Geschlecht	Männlich	18	50,0
	weiblich	18	50,0
Alter	18 - 30	15	41,7
	30 - 64	11	30,6
	65+	10	27,7
Nationalität	Österreich	23	63,9
	Ägypten	1	2,8
	Deutschland	7	19,4
	Ungarn / Kanada	1	2,8
	Türkei	1	2,8
	USA	1	2,8
	Argentinien	1	2,8
Bildung	Irland	1	2,8
	Grund-/Hauptschulabschluss	2	5,6
	Gymnasium	12	33,3
	Abgeschlossene Ausbildung	6	16,7
	Fachhochschule	6	16,7
	Hochschule	10	27,8

**Tabelle 8:** Demografische Daten. Quelle: Eigene Zusammenstellung

Mobilitätseinschränkungen wurden im Forschungsdesign als Diversitätsaspekt insofern berücksichtigt, als insgesamt sechs Probanden die einzelnen Aufgabenstellungen des jeweiligen Use Cases mit einem schweren Handgepäck absolvierten.

Ein weiteres Diversitätsmerkmal stellte der ethnische Hintergrund der Probanden dar, wobei sich das Probandensample aus 23 österreichischen Probanden und Probandinnen, sowie 13 Probanden und Probandinnen mit Migrationshintergrund (siehe Tabelle 8) konstituierte.

Darüber hinaus wurde bei der Probandenrekrutierung darauf geachtet, wie häufig bzw. selten die Probanden den Hauptbahnhof nutzten, um ein Maß für die Vertrautheit mit den infrastrukturellen Gegebenheiten am Hauptbahnhof zu erfassen und zwischen regelmäßigen und unregelmäßigen Nutzern differenzieren zu können. Zur Nutzungshäufigkeit des Hauptbahnhofs gaben 3 Probanden (8,3%) an, diesen mehrmals in der Woche, 6 Probanden (16,7%) mehrmals im Monat, 1 Proband (2,8%) weniger als mehrmals im Monat aber häufiger als mehrmals im Jahr, 9 Probanden (25%) mehrmals im Jahr und 17 Probanden (47,2%) selten bis gar nicht zu nutzen. Die Bahn nutzten 6 Probanden (16,7%) mehrmals in der Woche, 4 Probanden (11,1%) mehrmals im Monat, ein Proband (2,8%) weniger als mehrmals im Monat aber häufiger als mehrmals im Jahr, 14 Probanden (38,9%) mehrmals im Jahr und 11 Probanden (30,6%) selten bis gar nicht. Dabei nutzten 26 Probanden (72,2%) die Bahn für private, 3 Probanden (8,3%) für geschäftliche und 7 Probanden (19,4%) sowohl für private als auch für geschäftliche Zwecke.

Ergänzend zu den demografischen Daten wurden die Probanden eingangs gefragt, wie sie ihren Orientierungssinn grundsätzlich einschätzen würden. 10 Probanden (27,8%) schätzten dabei ihren Orientierungssinn als sehr gut, 17 Probanden (47,2%) als eher gut, ein Proband (2,8%) als durchschnittlich, 6 Probanden (16,7%) als eher schlecht und 2 Probanden (5,6%) als sehr schlecht ein.

#### **4.4. Ergebnisse**

Nach Abschluss der Datenerhebung wurde das generierte Videomaterial unter Verwendung der Eyetracking-Software SMI BeGaze und anhand unterschiedlicher Metriken analysiert. Dabei wurde der Fokus insbesondere auf die Fixationshäufigkeiten von zuvor definierten Objekten und Kategorien (Areas of Interest (AOI)) gelegt. Die Kodierung der gewonnenen Videos erfolgte entlang folgender AOIs: Hinweisschilder, App, Umgebungspläne, Personal (Häufigkeit der verbalen Kontakte mit ÖBB-Personal), Passanten (Häufigkeit der verbalen Kontakte mit Passanten), Rolltreppen, Treppen, Aufzüge, großer Infoscreen, kleiner Infoscreen, Shops (Fixationshäufigkeit des Schriftzugs bzw. Logos des jeweiligen Shops), Shophinweise (Fixationshäufigkeit auf ein zu einem Shop zugehörigen Hinweisschild abseits vom Shop), Gebäudehinweise (Bankomat, Wartebereich, Ticketschalter, Info Point, Toiletten, Lounge, Polizei, Lost & Found sowie Schließfächer), Kategorie „Check“ (Abgleich der Bilder auf der App mit der realen Umgebung), Kategorie „Fail“ (Abbruch der Verwendung der App nach misslungener Anwendung). Dabei wurde so vorgegangen, dass die

Fixationshäufigkeiten der jeweiligen Objekte und Kategorien pro Aufgabenstellung codiert und frequenzanalytisch ausgewertet wurden.

### **Güte der Use Cases**

Um zu überprüfen, wie alltagsnah und realistisch die Simulation eines Bahnhofsaufenthaltes im Rahmen des jeweiligen Use Cases von den Probanden wahrgenommen worden war, wurden diese dazu befragt. 33 Probanden (91,7%) gaben dabei an, die Aufgabenstellungen als sehr realistisch oder realistisch wahrgenommen zu haben. Lediglich drei Probanden (8,3%) gaben an, die Aufgabenstellungen durchschnittlich ( $n = 1, 2,8\%$ ), wenig ( $n = 1, 2,8\%$ ) oder gar nicht realistisch ( $n = 1, 2,8\%$ ) wahrgenommen zu haben. Sie begründeten dies damit, dass sie das Angebot eines Frisörs oder Blumenladens am Bahnhof normalerweise nicht in Anspruch nehmen. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in den Angaben der Probanden zur Frage, ob bei den Aufgaben auch solche dabei waren, die sie nur in Ausnahmefällen bei einem Aufenthalt am Bahnhof erledigen würden, wider. Demnach gaben 19 Probanden (52,8%) an, den Blumenladen nur in Ausnahmefällen am Bahnhof aufzusuchen. Ebenso würden 29 Probanden (80,6%) nur in Ausnahmefällen zum Frisör am Bahnhof gehen. Auch bei der Nutzung der Schließfächer zeigte sich, dass ein Drittel der Probanden ( $n = 12, 33,3\%$ ) diese nur in Ausnahmefällen nutzt.

### **Orientierung am Hauptbahnhof**

Die Ergebnisse der Nachbefragung zeigen, dass die Mehrheit der Probanden die Orientierung am Hauptbahnhof generell als einfach empfand. Bei der Frage nach der Leichtigkeit bzw. Schwierigkeit der Navigation am Bahnhof *ohne App* gaben 88,9% der Probanden an, die Navigation als sehr leicht ( $n = 5, 13,9\%$ ) oder leicht ( $n = 27, 75\%$ ) wahrgenommen zu haben. Lediglich 4 Probanden gaben an, dass ihnen die Navigation ohne App durchschnittlich ( $n = 1, 2,8\%$ ) oder eher schwer ( $n = 3, 8,3\%$ ) gefallen war.

Die Orientierung am Bahnhof *ohne App* im Verlauf der Absolvierung der Aufgaben wurde von 27 Probanden als leichter wahrgenommen (75%), 9 Probanden teilten die Einschätzung eher nicht ( $n = 5, 13,9\%$ ) oder gar nicht ( $n = 4, 11,1\%$ ).

Hinsichtlich der Verwendung von Orientierungshilfen, die von den Probanden *normalerweise* am Bahnhof herangezogen werden, zeigt sich anhand der Ergebnisse der Nachbefragung, dass Beschilderungen ( $n = 32, 88,9\%$ ) und Pläne ( $n = 13, 36,1\%$ ) am häufigsten zur Orientierung genutzt werden. 12 Probanden (33,3%) würden Passanten oder Personal im Bedarfsfall fragen, 10 Probanden (27,8%) gaben an, den Infopoint für Auskünfte zu nutzen. Der Infoscreen wird entsprechend den Angaben von 3 Probanden (8,3%) normalerweise als Orientierungshilfe herangezogen.

Auf die Frage nach Orientierungshilfen, die während der Absolvierung des Use Cases verwendet wurden, zeigt sich ein vergleichbares Bild, was wiederum für die Alltagsnähe der

Aufgabenstellungen spricht: Hinweisschilder wurden von 32 Probanden (88,9%), die App von 23 Probanden (63,9%), Umgebungspläne von 14 Probanden (38,9%) und der Infopoint von 10 Probanden (27,8%) als Hilfestellungen herangezogen. 7 Probanden (19,4%) gaben an, durch Fragen von Passanten bzw. Personal Auskünfte eingeholt zu haben. Häufiger als im Alltag nutzten die Probanden Geschäftslokale am Bahnhof als Orientierungshilfe (n = 4, 11,1%), der Infoscreen wurde entsprechend den Angaben zur alltäglichen Orientierung von 3 Probanden (8,3%) als Orientierungshilfe genannt.

Abbildung 37 zeigt, wie häufig die oben genannten Referenzkriterien im Mittel bei der Absolvierung des Use Cases (mit ÖBB-App) fokussiert wurden:

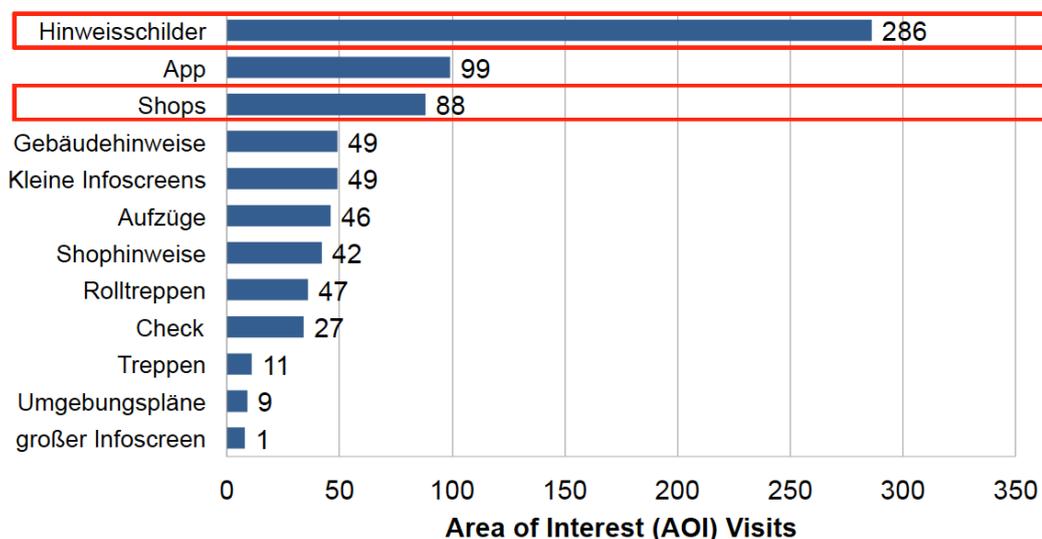


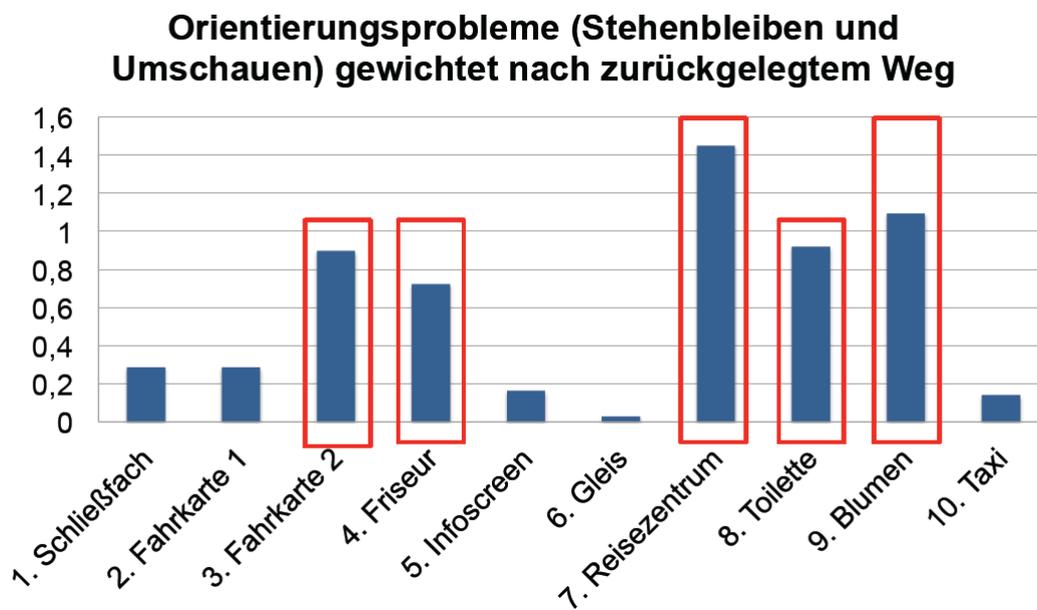
Abbildung 37: Mittlere Fixationshäufigkeiten. Quelle: Eigene Darstellung

Entsprechend den Ergebnissen aus der Nachbefragung zeigt die Analyse der Eyetrackingdaten, dass Hinweisschilder von den Probanden im Zuge der Absolvierung des Use Cases mit 286 Fixationen im Mittel am häufigsten fixiert wurden und somit als zentrale Orientierungshilfe am Hauptbahnhof gewertet werden können. Entgegen den Ergebnissen aus der Nachbefragung, zeigen die Daten, dass auch die Shops im Vergleich zu den anderen Referenzen häufig fixiert wurden. Die Häufigkeit der Fixationen der Shops lässt sich dadurch erklären, dass die Probanden die in der App gezeigten Bilder mit der realen Umgebung vor Ort abglichen, um so ihren Standort zu lokalisieren bzw. verifizieren zu können.

### Aufgabenschwierigkeit

Trotz der tendenziell als einfach wahrgenommenen Orientierung am Hauptbahnhof zeigten sich bei der Absolvierung mancher Aufgaben Schwierigkeiten bei der Orientierung. Abbildung 38 zeigt die Schwierigkeitsgrade aller 10 Aufgabenstellungen des Use Cases mit der ÖBB-App. Diese ergeben sich aus der Häufigkeit an Orientierungsproblemen, gemessen anhand

der Häufigkeit des Stehenbleibens und Umsehens nach Orientierungshilfen während der Bearbeitung der Aufgabe, gewichtet nach dem zurückgelegten Weg pro Aufgabe. Bemerkenswert ist hierbei vor allem, dass die Probanden mit dem Auffinden des Reisezentrums – einer zentralen Serviceeinrichtung der ÖBB am Hauptbahnhof – die größten Schwierigkeiten hatten.



**Abbildung 38:** Aufgabenschwierigkeit im Use Case ÖBB-App. Quelle: Eigene Darstellung

### Allgemeine Bewertung der App

Während die ÖBB-App hinsichtlich ihrer Funktionalität von den Probanden durchwegs positiv bewertet wurde, zeigen die Ergebnisse auf der anderen Seite eine lediglich eingeschränkte Nutzungsbereitschaft vor allem bei spezifischen Nutzergruppen.

### ÖBB-App

Zwei Drittel der Probanden nahmen die App als durchaus hilfreich wahr, wobei 10 Probanden (33,3%) die App als sehr hilfreich und 10 Probanden als hilfreich (33,3%) empfanden. Als wenig hilfreich wurde die App von 7 Probanden (23,3%) wahrgenommen, 3 Probanden (10%) bewerteten die App als gar nicht hilfreich.

Hinsichtlich der Bedienbarkeit zeigt sich ebenfalls ein positives Bild, wobei 13 Probanden (43,3%) die App als sehr einfach ( $n = 2$ , 6,7%) oder einfach ( $n = 11$ , 36,7%) einschätzten. 6 Probanden empfanden die Bedienbarkeit als eher schwer ( $n = 4$ , 13,3%) oder sehr schwer ( $n = 2$ , 6,7%).

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Mehrheit die verwendeten Bilder der App als sehr hilfreich ( $n = 11$ , 36,7%) oder hilfreich ( $n = 12$ , 40%) bewertet. Sofern die Bilder als nicht hilfreich wahrgenommen wurden („wenig hilfreich:  $n = 4$ , 13,3%; „gar nicht hilfreich“:  $n = 3$ , 10%), so wurde dies mit der zu hohen Anzahl an Bildern ( $n = 6$ , 19,9%), einer Unklarheit hinsichtlich der jeweiligen Ebene am Bahnhof ( $n = 1$ , 3,3%), einer Abweichung der gezeigten Bilder in der App von der realen Umgebung ( $n = 5$ , 16,6%) oder anderen App-bezogenen Unklarheiten ( $n = 4$ , 13,3%) begründet.

### **Google Indoor**

Die Google-Indoor-App wurde von 3 Probanden als hilfreich (60%), von jeweils einem Probanden als wenig hilfreich (20%) und gar nicht hilfreich (20%) bewertet. Dieses positive Ergebnis erstaunt im ersten Moment, da die Orientierungserleichterung durch die App als wenig hilfreich bewertet wurde (siehe Kapitel 3.5.2).

Aufschluss hierzu liefern ergänzende Kommentare der Probanden, wobei ein Proband zwar die Möglichkeit hervorhob, sich mittels der App einen örtlichen Gesamtüberblick verschaffen zu können, jedoch die weitere Nutzbarkeit kritisierte. Ein anderer Proband meinte, dass die App besser als keine Hilfe, letztlich aber keine gute Hilfe sei, da beispielsweise die Ebene, auf der man sich gerade befinde, nicht angezeigt werden würde. Positiv bewertet wird die Google-Indoor-App allerdings aufgrund der einfachen Bedienbarkeit, welche von vier Probanden bestätigt wurde (sehr einfach:  $n = 1$ , 25%; einfach:  $n = 3$ , 75%).

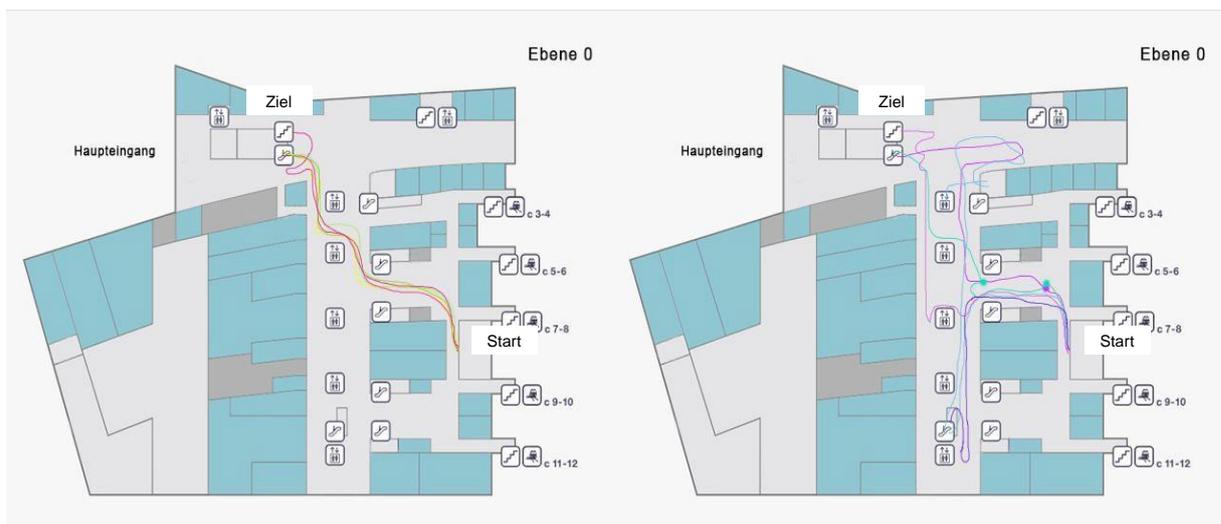
### **Bewertung der Navigationserleichterung durch App**

#### **ÖBB-App**

Es zeigt sich ein divergentes Bild hinsichtlich der Navigationserleichterung durch die Verwendung der ÖBB-App. Demnach gaben 18 Probanden an, die Navigation am Bahnhof mithilfe der App als sehr leicht ( $n = 10$ , 33,3%) oder eher leicht ( $n = 8$ , 26,7%) wahrgenommen zu haben. Als durchschnittlich ( $n = 1$ , 3,3%), eher schwer ( $n = 10$ , 33,3%) oder sehr schwer ( $n = 1$ , 3,3%) erachteten insgesamt 12 Probanden die Navigation mittels der ÖBB-App.

Die Mehrheit der Probanden empfindet eine verbesserte Orientierung aufgrund der Gewöhnung an den Umgang mit der App im Verlauf der Absolvierung der Aufgaben. Während 73,3% der Probanden ( $n = 22$ ) die Orientierung am Bahnhof mithilfe der App im Verlauf des Use Cases leichter gefallen ist, wird dies von 8 Probanden (26,7%) nicht so wahrgenommen.

Aufgrund dieser Bewertungsinkongruenz hinsichtlich einer vereinfachten Navigation durch die Verwendung der ÖBB-App wurde fortführend analysiert, welche weiteren Charakteristika diese beiden Meinungspole aufweisen. Dabei zeigte sich ein starker Alterseffekt, wobei dieser anhand der Aufgabenstellung 9 „Blumenladen finden (Flower Square)“ verdeutlicht werden soll. In den folgenden Abbildungen sind die Wegstrecken der Probanden bei der Absolvierung der Aufgabe 9 eingezeichnet. Farbpunkte deuten darauf hin, dass der Proband an dieser Stelle stehen geblieben ist, um sich Orientierung zu verschaffen. Dabei wurden die Wegstrecken jüngerer und älterer Probanden unter Verwendung der App und ohne Verwendung der App miteinander verglichen. Abbildung 39 zeigt, dass jüngere Probanden (< 30 Jahre) unter Verwendung der App (linkes Bild) einen deutlich kürzeren Weg nehmen und merklich zielgerichteter navigieren als Personen vergleichbaren Alters ohne Verwendung der App. Letztere legen deutlich längere Wegstrecken zurück (rechtes Bild), was somit den navigationsunterstützenden Faktor der ÖBB-App bei jüngeren Probanden augenscheinlich macht.



**Abbildung 39:** Vergleich der Wegstrecke von jüngeren Probanden mit (linke Abbildung) und ohne App (rechte Abbildung). Quelle: Eigene Darstellung

Bei älteren Probanden (> 60 Jahre) zeigt sich bei selbiger Aufgabenstellung hingegen ein gegenteiliges Bild (siehe Abbildung 40). Während die älteren Probanden ohne App ein ähnliches Wegstreckenmuster wie die jüngeren Probanden aufweisen (jedoch mit deutlich häufigerem Stehenbleiben aufgrund von Orientierungsschwierigkeiten), führt die Verwendung der App zu einem überproportionalen Anstieg der Häufigkeit des Stehenbleibens, um sich Orientierung zu verschaffen. Auch die Wegstrecken sind wesentlich länger und diffuser als bei den jüngeren Probanden.



**Abbildung 40:** Vergleich der Wegstrecke von älteren Probanden mit (linke Abbildung) und ohne App (rechte Abbildung). Quelle: Eigene Darstellung

### Google Indoor

Während lediglich ein Proband die Orientierung als leicht empfand (20%), bewertete ein Proband die Orientierung mit App als durchschnittlich (20%), zwei Probanden als schwer (40%) und ein Proband als sehr schwer (20%). Zudem zeigte sich kein positiver Gewöhnungseffekt im Sinne einer erleichterten Orientierung mithilfe der Google-Indoor-App mit Fortdauer des Use Cases, wobei 2 Probanden (50%) diesen eher nicht und 2 Probanden gar nicht (50%) erkannten.

### Ältere Nutzer

Um den Einfluss des Alters der Probanden auf die Navigationsleistung im Rahmen des Use Cases (ÖBB-App) aufzuzeigen, wurden Zusammenhänge zwischen den in Folge genannten Variablen anhand von Korrelationen getestet. Der Korrelationskoeffizient  $r$  ist ein Maß für den Grad des linearen Zusammenhangs zwischen zwei untersuchten Merkmalen. Dieser kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen, wobei hohe positive bzw. negative Werte für einen starken linearen Zusammenhang zwischen den beiden untersuchten Variablen sprechen. Die berichteten Ergebnisse beziehen sich dabei auf bivariate Korrelationen, die statistisch mindestens auf dem 5-Prozent-Niveau signifikant sind (\*\*  $p < .01$ , \*  $p < .05$ ).

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere ältere Menschen Schwierigkeiten hatten, sich am Bahnhof zu orientieren ( $r = .635^{**}$ ,  $p < .01$ ). Die Orientierungslosigkeit zeigte sich dabei darin, dass ältere Probanden häufiger stehen blieben und die Umgebung nach Hinweisreizen absuchten, auf die App schauten und die darin gezeigten Bilder mit der Umgebung abglichten,

auf die Gebäudepläne schauten oder Passanten bzw. Personal der ÖBB um Rat fragten. Diese Personengruppe nutzt zugleich den Bahnhof laut eigenen Angaben seltener ( $r = .510^{**}$ ,  $p < .01$ ).

Je älter die Probanden waren, desto länger brauchten sie für die Absolvierung des Use Cases ( $r = .674^{**}$ ,  $p < .01$ ) und desto länger waren die Wegstrecken, die sie für eine erfolgreiche Absolvierung des Use Cases zurücklegten ( $r = .473^{**}$ ,  $p < .01$ ). Je älter die Probanden waren, desto eher gaben sie an, Schwierigkeiten bei der Navigation am Bahnhof mithilfe der App gehabt zu haben ( $r = .426^*$ ,  $p < .05$ ).

Interessanterweise zeigte sich, je älter die Probanden waren, desto eher verwendeten sie die App auch im ersten Teil des Use Cases ( $r = .358^*$ ,  $p < .05$ ), was für ein grundsätzliches Interesse an der ÖBB-App spricht. Dies zeigt, dass bei der Durchführung einer Studie zum Thema Indoornavigation mit Hilfe von digitalen Endgeräten insbesondere auch die Bereitschaft von älteren Nutzern gegeben ist, mit der Anwendung zu experimentieren. Jedoch zeigen die Ergebnisse auch, je älter die Probanden waren, desto eher wurde die App nach einem erfolglosen Anwendungsversuch für die jeweilige Aufgabe nicht mehr weiterverwendet ( $r = .383^*$ ,  $p < .05$ ).

Je älter der Proband war, desto eher wurden auch Gebäudehinweise (Bankomat, Wartebereich, Ticketschalter, Info Point, Toiletten, Lounge, Polizei, Lost & Found oder Schließfächer) fokussiert ( $r = .394^*$ ,  $p < .05$ ). Zudem wurden mit zunehmendem Alter auch häufiger ÖBB-Personal oder Passanten um Hilfe gebeten ( $r = .487^{**}$ ,  $p < .01$ ). Je älter der Proband war, desto häufiger wurden auch Beschilderungen ( $r = .554^{**}$ ,  $p < .01$ ), der große Infoscreen ( $r = .470^{**}$ ,  $p < .01$ ) sowie Shops ( $r = .579^{**}$ ,  $p < .01$ ) und Treppen ( $r = .440^*$ ,  $p < .05$ ) fokussiert.

### **Nutzungsbereitschaft der App**

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse lassen sich zwei zentrale Gründe für die eingeschränkte Nutzungsbereitschaft einer Navigationsapp am Hauptbahnhof identifizieren. Während den Probanden die Orientierung am Hauptbahnhof generell leicht fiel, zeigten sich auf der anderen Seite Probleme bei der Nutzung der App.

## ÖBB-App

Trotz der grundsätzlich positiven allgemeinen Bewertung der ÖBB-App wird die Navigationserleichterung aufgrund der App tendenziell nur von der jüngeren Nutzergruppe wahrgenommen. Dieses Ergebnis zeigt sich auch in den Angaben der Probanden hinsichtlich einer künftigen Nutzungsbereitschaft. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass eher jüngeren Probanden die Navigation am Bahnhof mithilfe der App leichter gefallen war ( $r = .426^*$ ,  $p < .05$ ). Dies sind auch eher jene Probanden, die die App als hilfreiche Orientierungshilfe empfunden ( $r = .562^{**}$ ,  $p < .01$ ) und ihre Bedienbarkeit als positiv bewertet hatten ( $r = .557^{**}$ ,  $p < .01$ ).

Dennoch zeigen sich keine statistisch signifikanten Resultate hinsichtlich eines möglichen Alterseffektes in Bezug auf eine zukünftige Nutzung. Während ca. die Hälfte der Probanden einer künftigen Nutzung zustimmt ( $n = 10$ , 32,3%) oder eher zustimmt ( $n = 8$ , 25,8%), lehnt dies die andere Hälfte eher ( $n = 3$ , 9,7%) oder ganz ab ( $n = 10$ , 32,3%).

## Google Indoor

Auch die Nutzungsbereitschaft der Google-Indoor-App ist nur schwach ausgeprägt. Ein Proband gab an, dass er die App auch künftig nutzen würde (25%), während drei Probanden dies eher ( $n = 1$ , 25%) oder ganz ablehnten ( $n = 2$ , 50%).

Ein weiteres Indiz für eine generell eingeschränkte Nutzungsbereitschaft zeigt sich auch darin, dass 26 Probanden (72,3%) auf die Nutzung der jeweiligen App im ersten bzw. zweiten Teil des entsprechenden Use Cases gänzlich oder teilweise verzichteten. Den Probanden wurde die Nutzung der App im ersten Teil des Use Cases (ÖBB App) bzw. im zweiten Teil des Use Cases (Google Indoor) freigestellt, um hierdurch ein zusätzliches Maß für die tatsächliche Nutzungsbereitschaft im Rahmen dieser Simulation zu erfassen. Auf die Frage, warum die App im entsprechenden Teil des Use Cases nicht herangezogen worden war, nannten die Probanden als häufigste Gründe eine ausreichend gute Beschilderung vor Ort ( $n = 9$ , 25%), keinen Bedarf an technischen Hilfsmitteln (insbesondere bei Orientierungsaufgaben) ( $n = 6$ , 16,7%), Probleme bei einer anfänglichen Nutzung der App ( $n = 4$ , 11,1%) oder ausreichende Vertrautheit mit dem Hauptbahnhof ( $n = 3$ , 8,3%).

Den Angaben der nutzungsgewillten Probanden zufolge zeigt sich zudem, dass im Falle einer künftigen Nutzung einer App diese vorwiegend für das Auffinden spezifischer Geschäfte ( $n = 10$ , 27,8%) und weniger für die allgemeine Orientierung am Bahnhof herangezogen werden

würde. Für Letzteres würde man eine App eher an ausländischen Bahnhöfen verwenden ( $n = 6, 16,7\%$ ).

### **Verbesserungspotentiale der App**

Am Ende der Nachbefragung wurde den Probanden noch die Frage gestellt, welche Hilfsmittel sie sich für die Zukunft wünschen würden, um sich leichter am Bahnhof orientieren zu können. Bezugnehmend auf die Bewertung der App durch die Probanden zeigt sich auch hier, dass Verbesserungspotentiale durchaus gewünscht und als erforderlich wahrgenommen werden. Demnach nannten 12 Probanden (33,3%) eine Verbesserung der App als wünschenswerte Hilfestellung.

Unter Einbezug der Think-Aloud-Methode zeigen sich anhand der Ergebnisse vor allem in folgenden Bereichen Verbesserungspotentiale der App:

#### **Vor der Navigation**

Probleme ergaben sich hierbei vor allem bei der Bestimmung des Startpunktes (z.B. Bestimmung des richtigen Eingangsbereiches) oder bei der richtigen Benennung des gesuchten Zielortes (z.B. Friseur). Manchen Probanden fiel es auch schwer, den gesuchten Ort den vordefinierten Kategorien der App richtig zuzuordnen.

#### **Während der Navigation**

Probleme bei der Bedienung zeigten sich vor allem in Bezug auf die Vielzahl an Bildern pro Wegstrecke, wobei diese als redundant (vor allem bei langen, geraden Wegstrecken) oder verwirrend wahrgenommen wurden. Teilweise zeigten sich Probleme beim Scrollen der vielen Bilder. Vereinzelt wurde auch das Pfeilsymbol „Pfeil geradeaus“ missverstanden und fälschlicherweise als Hinweissymbol „nach oben gehen“ interpretiert.

Hinsichtlich der Abstimmung mit der Umgebung zeigte sich das Problem, dass die App teilweise nicht den realen Gegebenheiten vor Ort (z.B. neue Stores) entsprach.

#### **Zusätzliche Hilfestellungen abseits der App**

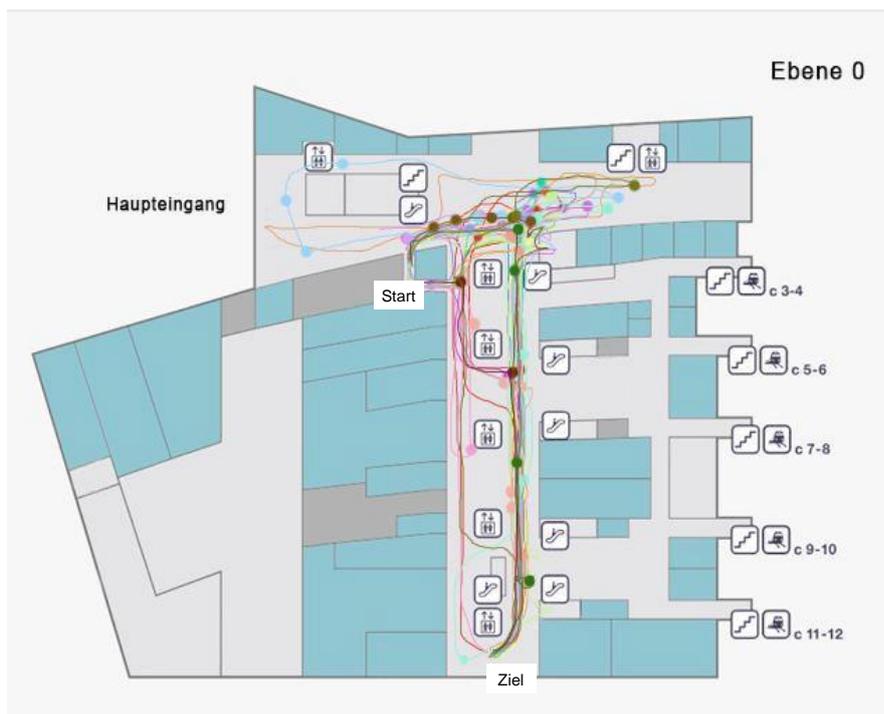
Da auf Basis der Eyetrackingdaten und der Angaben der Probanden ein Großteil vor allem Beschilderungen und Pläne zur Orientierung verwendete, ist der geäußerte Wunsch nach Verbesserungen bei den Gebäudeplänen ( $n = 14, 38,9\%$ ) sowie den Beschilderungen ( $n = 11, 30,6\%$ ) als wichtiger Hinweis für künftige Umsetzungsmaßnahmen im Sinne einer Verbesserung bestehender analoger Orientierungshilfen am Hauptbahnhof zu interpretieren.

Hierbei zeigte sich vor allem, dass die Probanden gerade im Eingangsbereich einen großen Gebäudeplan bzw. weitere Pläne an Gabelungspunkten vermissen. Weitere Verbesserungen in der Kategorie Gebäudepläne und Schilder, die von einzelnen Probanden als gewünschte Hilfestellungen genannt wurden, waren

- ein Infoscreen im Eingangsbereich (mit Touchscreen),
- ein interaktiver Touch-Bildschirm, interaktive Screens,
- ein Automat mit installierter ÖBB-App im Eingangsbereich, der die zurückzulegende Wegstrecke auf einen kleinen Plan druckt, welcher vom Kunden mitgenommen werden kann,
- Schildertafeln im Eingangsbereich mit einem Farbensystem bzw. einem Infoplan und
- die Erweiterung der Symbole auf den Beschilderungen mit entsprechenden Farbkennzeichnungen der einzelnen Wege sowie eine prominenterer Platzierung der Gebäudepläne.

Hinsichtlich der Nutzung bestehender Gebäudepläne zeigte sich, dass diese von manchen Probanden aufgrund ihrer Komplexität oder abstrakten Darstellung der Gebäudeinformationen als ungeeignet wahrgenommen wurden. Zudem hatten manche Probanden Schwierigkeiten bei der Feststellung der jeweiligen Ebene, auf der sie sich gerade befanden. Dies zeigte sich sowohl bei Nutzung der App als auch ohne Nutzung der App.

Ein wesentliches, von den Probanden genanntes Veränderungspotential wird in der Positionierung der Gebäudepläne gesehen, welche im Rahmen der Studie häufig nicht hinreichend wahrgenommen wurden. Demnach zeigt die Analyse der zurückgelegten Wegstrecken, dass die Probanden bei manchen Aufgabenstellungen vorhandene Gebäudepläne nicht nutzten. Exemplarisch sei dies anhand der zurückgelegten Wegstrecken der Probanden im Zuge der Absolvierung von Aufgabenstellung 3 („alternativen Fahrkartenautomaten finden“) gezeigt. Wie Abbildung 41 zu entnehmen ist, hielt sich die Mehrheit der Probanden in der Haupthalle auf und suchte dort nach Orientierungshilfen für die Lösung der Aufgabe. Die Gebäudepläne, die sich dabei in der Haupthalle oder entlang des Gangs zu den Gleisen befinden, wurden dabei nicht hinreichend registriert.



**Abbildung 41:** Positionierung der Gebäudepläne. Quelle: Eigene Darstellung

Der Vollständigkeit halber sei abschließend noch angeführt, dass sich nahezu ein Drittel der Befragten ( $n = 10$ , 27,8%) als zusätzliche Hilfestellung mehr Personal am Bahnhof als direkte Ansprechpersonen wünschte.

#### 4.5. Weitere Ergebnisse

##### **Mentale Repräsentation des Hauptbahnhofs**

Im Anschluss an die Nachbefragung wurden die Probanden noch gebeten, sich vorzustellen, einer anderen Person den Weg zu gewissen Orten im Hauptbahnhof (großer Infoscreen, Schließfächer, Headwork, Löwe im Eingangsbereich, Blumenladen) zu beschreiben. Zusätzlich zur Wegbeschreibung sollten sie die exakte Wegstrecke und relevante Indoor-Landmarken, die Probanden bei der Wegbeschreibung im Konkreten nennen würden, in einen Gebäudeplan einzeichnen. Diese abschließende Aufgabe hatte die Feststellung des Ausmaßes einer mentalen Repräsentation des Hauptbahnhofs, welche sich im Zuge der Absolvierung des jeweiligen Use Cases ausgebildet hatte, zum Ziel. Im Mittel wurden 2,5 Aufgaben von den Probanden richtig gelöst. Als wichtigste Indoor-Landmarke wurde dabei von 7 Probanden (23%) der große Infoscreen genannt. Keine statistisch signifikanten Ergebnisse

zeigten sich in Bezug auf die Güte der kognitiven Repräsentation und dem Alter der Probanden oder ob sie im ersten Teil des Use Cases auf die App verzichtet hatten.

### **Weitere untersuchte Gruppenunterschiede**

Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang hinsichtlich Geschlecht, Einschätzung des Orientierungssinnes, Häufigkeit der Nutzung des Hauptbahnhofes sowie Einschränkungen in der eigenen Mobilität und der zurückgelegten Wegstrecke, der benötigten Zeit für die Absolvierung des Use Cases sowie der dokumentierten Orientierungsschwierigkeiten.

Probanden mit Migrationshintergrund unterschieden sich weder in den Wegzeiten, die für die Absolvierung des Use Cases benötigt wurden, noch in den zurückgelegten Wegstrecken statistisch signifikant von anderen Probanden vergleichbaren Alters. Weiters gab es auch keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in der Häufigkeit von Orientierungsschwierigkeiten bei der Absolvierung des Use Cases, der Bewertung der App (Bilder, Bedienbarkeit) oder der zukünftigen Nutzungsbereitschaft der App. Auch in ihrer Einschätzung, wie hilfreich die App wahrgenommen worden war sowie in ihren Angaben zur Leichtigkeit in der Orientierung am Hauptbahnhof mit und ohne App unterschieden sich Probanden mit Migrationshintergrund nicht statistisch signifikant von anderen Probanden vergleichbaren Alters.

### **Ergebnisse auf Basis der Think-Aloud-Methode**

Unter Einbezug der Think-Aloud-Methode konnten die gewonnenen Daten aus der Blickbewegungsmessung validiert und näher spezifiziert werden. Nachfolgend werden einige repräsentative Wortmeldungen der Probanden exemplarisch angeführt, welche die bisher berichteten Ergebnisse untermauern sollen.

### **Hilfestellung durch analoge Orientierungshilfen**

Im Zuge der Absolvierung des Use Cases artikulierten 23 Probanden, sich an den Gleisnummern sowie 8 Probanden an den Hinweisschildern orientiert zu haben. Dass Schilder und Pläne eine wichtige Orientierungshilfe darstellen, zeigt sich – neben den Fixationshäufigkeiten aus der Eyetrackingstudie – auch darin, dass 7 Probanden angaben, auf der Suche nach Hinweisschildern ( $n=1$ ) oder einem geeigneten Plan ( $n=6$ ) gewesen zu sein.

„[...] So, ich schaue mich mal nach irgendwelchen Wegweisern um, und wenn ich die nicht gleich finde, geh ich eigentlich direkt zu einer Karte und schau. [...]“

(Aufgabe 1 – Schließfächer finden)

„Ja, wäre auch dringend nötig, dass man hier eine richtige Karte mit reinhaut.“ *(bei den vielen kleinen Infotafeln in Haupthalle)*

(Aufgabe 4 – Friseur Headwork finden)

“I don't know if any of these are flower shops, I don't think so.”

(Aufgabe 9 – Flower Square finden)

„Was ich find, dass viel zu wenig Tafeln sind, wo man gerade ist und dass man sich dort orientieren kann.“

(Aufgabe 9 – Flower Square finden)

Als problematisch erwies sich hierbei, dass die vorhandenen Pläne teilweise als ungeeignet wahrgenommen wurden ( $n = 6$ ).

„Also der Plan bringt mir herzlich wenig, hier auch nichts, also Friseur auf gut Glück zu finden, wird schwierig. Da vorne ist ein Friseur, ne auch nicht, okay da drüben ist ein Plan, den werde ich mir mal anschauen. Ah und das da hinten sieht schon gleich nach dem Friseur zufälligerweise aus, dann werde ich den auch gleich nehmen.“

(Aufgabe 4 – Friseur Headwork finden)

Zudem sagten 6 Probanden, dass sie Schwierigkeiten dabei gehabt hätten, festzustellen, auf welcher Ebene sie sich gerade befinden.

„Also ich sehe nicht an der Beschilderung aktuell, auf welcher Ebene ich mich befinde. Aber intuitiv würde ich jetzt wieder hinaufgehen und da die Rolltreppen nicht funktionieren fahre ich mit dem Aufzug hinauf. Aufzüge sind beschildert. *(Proband steht vor dem Lift:)* Auch hier ist nicht angeschrieben

auf welcher Ebene ich mich gerade befinde. Ob das jetzt -1 oder 0 ist kann ich nicht erkennen. [...]“

(Aufgabe 2 – Ticketautomat finden)

„Wenn ich nur wüsste wo der Ausgang ist. Ich glaub da muss ich hinunter, weil da sind wir angekommen. Da muss ich weit gehen jetzt, na warte. Südtirolerplatz ist unten. Wo ist der Taxistandplatz. Ich fahr hinunter! Aber das Dumme ist, dass ich nicht genau weiß, das Stockwerk. Eben, aber der Südtiroler Platz ist unten, das heißt da müssen ja die Taxis auch unten sein. Ich schau halt einmal. Parkplätze... Oh Gott! Also da steh ich jetzt an. [...]“

(Aufgabe 10 – Taxistand finden)

Von einigen Probanden wurde auch kritisch angemerkt, dass eine starke Fokussierung auf die App einer allgemeinen Überblicksgewinnung nachträglich wäre.

„So, auch hier wieder schau ich eigentlich kaum auf die Beschilderung, weil ich hier nur mit der App arbeite. Ich merke natürlich schon, da ich jetzt nur fixiert bin auf die App, dass ich schon natürlich auch sehr aufpassen muss wo ich hingeh, um in keine anderen Menschen hineinzulaufen. So, okay. Wieder schräg links. Aha, gut. Rolltreppe runter. So. Ich glaub, ich hab mich jetzt verfahren, denn ich sehe keinen Heindl Shop. Ah, vielleicht muss ich nochmal hier runter, das kann sein. Also, ich bin runter gefahren. So, das ist die richtige Anzeige, lass mich nur schauen. Südtiroler Platz, genau. Interessant. Ah, da ist der Heindl, jetzt hab ich's. Okay, das war etwas unklar, aber jetzt hab ich das Ziel erreicht.“

(Aufgabe 9 – Flower Square finden)

### **Verbesserungspotentiale der ÖBB-App**

Während der Absolvierung des Use Cases nannten einige Probanden konkrete Probleme mit der App, die die Orientierung für sie deutlich erschwerten. Am häufigsten erwähnten die Probanden ( $n = 14$ ) Probleme bei der richtigen Benennung des gewünschten Ortes (z.B. bei Eingabe „Friseur“ wird lediglich „Roma Friseurbedarf“ in der App angezeigt). In diesem Zusammenhang zeigte sich auch, dass gewisse Bezeichnungen in der App nicht mit den Bezeichnungen vor Ort übereinstimmten (z.B. ÖBB Reisebüro vs. Reisezentrum). Weiters

wurden grundlegende Schwierigkeiten bei der Benutzung der App ( $n = 13$ ), Schwierigkeiten bei der richtigen Zuordnung des gesuchten Ortes zu den vordefinierten Kategorien der App ( $n = 6$ ) oder bei der Bestimmung des Startpunktes (z.B. Bestimmung des richtigen Eingangsbereiches) ( $n = 5$ ) genannt.

„Ich hab mir gedacht, Fahrkarten sind auch in der Kategorie Einkaufen. Ist falsch, oder? Gehen wir zurück. Suche. Fahrkarte. Verkehrsmittel hätte ich schauen können, oder? Na, schreiben wir's so. Fahrkarten 1. Na, das war nichts, geh? [...]“

(Aufgabe 3 – Funktionstüchtigen Fahrkartenautomat finden)

„So und wieso steht da nicht Reisebüro drauf, ist das so schwierig? So und wo ist da jetzt ein Reisebüro, da ist nur ein Reisezentrum.“

(Aufgabe 7 – Reisezentrum finden)

„Angekommen! Ja, das ärgert mich! Du suchst ein Reisebüro, da steht Reisezentrum. Das ist immer wieder! Auch wenn man herumfährt. Ständig steht Museum und plötzlich steht Völkerkunde, mit einer grünen Tafel. Das ist das was mich narrisch macht.“

(Aufgabe 7 – Reisezentrum finden)

Auch die Vielzahl an Bildern pro Wegstrecke wurde teilweise als verwirrend wahrgenommen ( $n = 11$ ), beziehungsweise stimmten teilweise auch die in der App gezeigten Bilder nicht (mehr) mit den realen Gegebenheiten vor Ort überein (z.B. neue Stores) ( $n = 5$ ).

[...] Also ich finde die App hat ein wenig viele Schritte, wenn's eh nur geradeaus geht; sollte lieber dort stehen, wie viele Meter man geradeaus gehen muss oder bis wohin [...]

(Aufgabe 10 – Taxistand finden)

„Also ich muss da jetzt nicht die ganze Zeit draufschauen, ich würde mir das ja e merken. Weil die Abstände auch einfach zu kurz sind, um ehrlich zu sein. (skippst durch alle Bilder bis zum Ende) Ah, alles klar. (Im Gehen): Also ich

habe mir einfach gemerkt bei welchem Gleis das ist, also geh ich zu dem Gleis. Das, dass es links ist und bei welchem Gleis es ist. Ich folge auch nicht dem Weg von der App.“

(Aufgabe 8 – Toilette finden)

„Haupteingang, da gehen wir noch rückwärts. Das Plakat irritiert mich, die drei Punkte finde ich nirgends. Die haben die Auslage gewechselt. [...] Ja. Infopoint, da waren wir. Ja, und da gehen wir weiter. Auf der anderen Seite, ich müsste auf der anderen Seite gehen. [...] Also ich weiß jetzt gar nicht mehr wo ich bin. Ah! Fertig. Ich weiß aber nicht, wie ich jetzt da hergekommen bin. [...] Jawohl, geradeaus, geradeaus auf der anderen Seite, ich bin auf der falschen Seite gegangen, und da schaut nämlich alles ganz anders aus. Da seh ich jetzt raus, ja! Warum schaut das Bild jetzt so aus, das ist doch gar nicht logisch. (*manche Bilder wurden bei Tag und manche bei Nacht aufgenommen, Gang erscheint daher visuell unterschiedlich, auch hinsichtlich der Distanzen*). Na da schau ich jetzt da vorne raus, das passt richtig beim Hergehen. Aber das passt da gar nicht dazu. Aber das ist viel weiter weg, da bin ich schon nahe und da. Ja das hat mich verwirrt.“

(Aufgabe 3 – Funktionstüchtigen Fahrkartenautomat finden)

„Des kann man so schlecht lesen da. Da bin ich gegangen beim New Yorker oder war das vielleicht die andere Richtung? Wo bin ich? Wo bin ich? Desigual, ist das der Anker? Schaut so aus wie der Anker, nein das ist nicht der Anker. Also ehrlich gesagt, da finde ich mich ohne diesen App besser zurecht.“

(Aufgabe 7 – Reisezentrum finden)

„Da vorne. Ja. Da biegen wir rechts, ah, links ab. Links ab. WC. Wieso bin ich da und das ist dort? Na gut. (*Schild zeigt anderen Weg als App*). Achso, ich bin da einen Bahnsteig zu früh. 6, Oja. Da steht 6 und wo sind die Manderl (*WC Symbol*)? Das stimmt nicht, oder? Das stimmt nicht, weil da steht WC. Und da ist ja, beim 6 ist kein WC. 5, 6. Bei 5-6 ist kein Klo. Das dürfte nicht stimmen. [...]“

(Aufgabe 8 – Toilette finden)

Manche älteren Probanden taten sich bei der Bedienung der App (v.a. beim Scrollen der Bilder) schwer ( $n = 6$ ). Zwei Probanden nannten auch das Problem, dass Sie den Geradeaus-Pfeil irrtümlich als Nach-oben-Pfeil interpretiert hatten.

### **Häufig genannte Indoor-Landmarken**

Im Zuge der Absolvierung des Use Cases (ÖBB App) wurden beim Passieren oder Fokussieren folgende Shops oder Gebäudehinweise als Orientierungspunkte genannt: Desigual ( $n = 11$ ), New Yorker ( $n = 9$ ), Infopoint ( $n = 8$ ), Manner Shop ( $n = 4$ ), Bobby Brown ( $n = 4$ ), Toiletten Erdgeschoss ( $n = 4$ ), Ticketpoint ( $n = 3$ ), Camp David ( $n = 3$ ) und Reisezentrum ( $n = 3$ ).

### **4.6. Fazit**

Die Ergebnisse der Eyetracking-Studie zeigen, dass die Indoornavigationsapp der ÖBB grundsätzlich positiv bewertet wird. Dennoch kann auf Basis der Angaben der Probanden aus der Nachbefragung geschlossen werden, dass trotz positiver Bewertung der App eine zukünftige Nutzungsbereitschaft der App in ihrer derzeitigen Ausführung nur geringe Ausmaße annehmen werde. Die Erweiterung der App um die in Kapitel 3.2.3 beschriebenen Navigationsfunktionen kann eine Möglichkeit darstellen, die App auf eine größere Bandbreite an Kundenanforderungen zuzuschneiden und somit die Nutzungsbereitschaft zur aktiven Verwendung der App erhöhen. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wird daher eine klare Empfehlung zur Ausgestaltung und Entwicklung eines umfassenden Informations- und Navigationsservice formuliert.

Als wesentliche Gründe hierfür scheinen einerseits die grundsätzlich einfache Orientierung am Hauptbahnhof und andererseits der als gering wahrgenommene Mehrwert, welcher durch eine technische Orientierungshilfe wie einer Navigationsapp erzielt werden kann, verantwortlich zu sein. Demnach wird die wahrgenommene Navigationserleichterung durch die App vorwiegend von jüngeren Probanden empfunden. Zudem kommt, dass die Probanden eine App künftig eher für spezifische Zwecke, wie dem Auffinden eines konkreten Shops heranziehen würden und weniger für eine generelle Orientierung am Bahnhof. Verbesserungspotentiale in der Navigation am Bahnhof werden von den Probanden vor allem in einer Verbesserung bestehender analoger Indoornavigationssysteme wie der Beschilderung oder den Gebäudeplänen gesehen. Auf Basis der Eyetrackingdaten scheinen Verbesserungen auf dieser Ebene vor allem für die Zielgruppe der älteren Nutzer empfehlenswert zu sein. Dieses

Ergebnis wird zusätzlich durch die generelle Präferenz dieser Zielgruppe für analoge Indoornavigationssysteme – nicht zuletzt aufgrund der häufigen Probleme bei der Verwendung der App – gestärkt. Außer Acht gelassen darf allerdings nicht, dass grundsätzlich eine sehr hohe Bereitschaft seitens der älteren Personen zur Nutzung der Indoornavigationsapp besteht und dass durch eine ausgedachte Weiterentwicklung der App diese Bereitschaft aufgefangen werden kann.

Vor allem Hinweisschilder und Gebäudepläne haben sich im Zuge der Eyetrackingstudie als am häufigsten genutzte Orientierungshilfen herausgestellt. Hieraus ergibt sich ein großes Potential für künftige Verbesserungen hinsichtlich einer vereinfachten Orientierung am Hauptbahnhof. Konkret wurde von manchen Probanden eine prominentere und somit effektivere Platzierung von Gebäudeplänen am Hauptbahnhof genannt. Vor allem bei den Eingangsbereichen sowie an Wegegabelungen wird ein Bedarf an übersichtlich gestalteten Plänen, Infoscreens oder großen (interaktiven) Gebäudeplänen gesehen.

Verbesserungsmöglichkeiten ergeben sich daraus, dass die bestehenden Gebäudepläne als teilweise unbrauchbar für eine erfolgreiche Absolvierung der Aufgabenstellungen im Rahmen der Use Cases wahrgenommen wurden, da diese zum Teil zu unübersichtlich, zu abstrakt oder zu verwirrend gestaltet gewesen wären. Eine Überarbeitung der bestehenden Gebäudepläne, im Sinne einer stärkeren Ausrichtung an die Bedürfnisse der Kunden, erscheint hierbei zentral.

Verbesserungsmöglichkeiten in der Positionierung bestehender Pläne zeigen sich auch anhand der dokumentierten Wegstrecken der Probanden, aus denen mitunter hervorgeht, dass Probanden häufig an Punkten am Hauptbahnhof Orientierungsschwierigkeiten hatten, in deren unmittelbarer Nähe sich ein Gebäudeplan befunden hätte, dieser jedoch nicht bemerkt wurde.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Weiterentwicklung der App gut durchdacht werden sollte. Herausfordernd erscheint hierbei insbesondere die regelmäßige Aktualisierung in Bezug auf infrastrukturelle Veränderungen am Hauptbahnhof. Gerade darin läge aber zugleich auch die Stärke der App, da die abgebildeten Shops in der App als distinkte Orientierungspunkte dienen. Auf die genannten Probleme bei der Anwendung (v.a. die Vielzahl an Bildern) sollte im Rahmen einer Weiterentwicklung der App eingegangen werden. Vor dem Hintergrund einer eingeschränkten Nutzungsbereitschaft unter spezifischen Voraussetzungen eines zudem eingeschränkten Kundensegments bietet sich die

Verbesserung bestehender analoger Navigationshilfen am Hauptbahnhof als vielversprechende Alternative an. Auf Basis der Ergebnisse aus der Eyetrackingstudie sowie der Nachbefragung sollte der Fokus hierbei auf einer Adaptierung bestehender Gebäudepläne und Beschilderungen liegen.

## 5. EVALUIERUNG DER NAVIGATIONSHILFEN UND IMPLEMENTIERUNGSKONZEPT ZUR KUNDENORIENTIERTEN AUSGESTALTUNG DER INDOORNAVIGATION AN BAHNHÖFEN

Basierend auf den erarbeiteten Inhalten der vorangegangenen Kapitel (Theorie und Praxis), erfolgt nun eine Evaluierung der in Kapitel 3 vorgestellten Navigationshilfen und Navigationsfunktionen durch die Umgebung, den Menschen und durch digitale Endgeräte. Die Evaluierung richtet sich nach einem einheitlichen Raster (siehe Tabellen im Anhang), der für alle Navigationshilfen und Navigationsfunktionen gleichermaßen angewandt wird. Im Vordergrund stehen dabei technologischen Kriterien (Charakter, Vorteile, Nachteile) und kundenbezogene Kriterien (Zielgruppe, Vorteile, Nachteile). Jede Navigationshilfe bzw. Navigationsfunktion wird im Detail auf die folgenden Aspekte überprüft:

An welche **Zielgruppe** richtet sich die Navigationshilfe bzw. die Navigationsfunktion?

- Personen mit körperlicher Einschränkung: Seheinschränkung, Höreinschränkung, körperliche Einschränkung, geistige Einschränkung, keine Einschränkung
- Ist die Navigationshilfe bzw. Navigationsfunktion eher für junge bzw. ältere Personen oder für beide Altersgruppen konzipiert?
- Ist die Navigationshilfe bzw. Navigationsfunktion deutschsprachig ausgerichtet oder ist sie auch für nicht-deutschsprachige Nutzer verständlich?

Welchen **technologischen Charakter** weist die Navigationshilfe bzw. die Navigationsfunktion auf?

- Handelt es sich um eine klassische Navigationshilfe oder um eine innovative Navigationshilfe? Kann die Navigationshilfe rein statisch oder rein dynamisch implementiert werden oder beides?

Welche **technologischen Vorteile** weist die Navigationshilfe bzw. die Navigationsfunktion auf?

- **Robust:** Die Navigationshilfe ist leicht installierbar und wenig wartungsaufwändig.
- **Zuverlässig:** Die Navigationshilfe funktioniert unabhängig von Stromzufuhr bzw. Spezialtechnologien, sodass eine möglichst durchgängige Funktionsfähigkeit gewährleistet werden kann.
- **Synchronisierungsfähig:** Die Navigationshilfe ist beispielsweise mit einer Indoornavigationsapp bzw. mit einer umfassenden Informationsschnittstelle (siehe Empfehlung eins) synchronisierungsfähig, sodass ein Echtzeitabgleich zwischen den bereitgestellten Informationen in der Umgebung und der Indoornavigationsapp erfolgen kann.

- Durchgehend installierbar: Die Navigationshilfe kann flächendeckend im gesamten Bahnhofsgelände sowie auf anderen Bahnhöfen in gleicher Art und Weise installiert werden.

Welche **technologischen Nachteile** weist die Navigationshilfe bzw. die Navigationsfunktion auf?

- Wartungsaufwändig: Die Navigationshilfe wird schnell abgenutzt bzw. sie besteht aus Komponenten, die häufig erneuert werden müssen.
- Aktualisierungsaufwändig: Die Navigationshilfe muss in Hinblick auf die abgebildeten Informationen häufig mit aktuellen Inhalten aktualisiert werden.
- Abhängig von Spezialtechnologie: Die Navigationshilfe ist von der Implementierung und Wartung einer eigens für sie entwickelten Spezialtechnologie abhängig.
- Fehlinterpretationsanfällig: Die auf der Navigationshilfe abgebildeten Inhalte können leicht missverstanden werden bzw. sind international nicht verständlich.
- Punktuell installierbar: Die Navigationshilfe kann nicht flächendeckend am gesamten Bahnhof installiert werden und kann nicht ohne Mehraufwand bzw. Adaptionsbedarf auf andere Bahnhofskategorien übertragen werden.

Welche **kundenbezogenen Vorteile** weist die Navigationshilfe bzw. die Navigationsfunktion auf?

- Eindeutig: Die Navigationshilfe ist eindeutig interpretierbar.
- Leicht erfassbar: Die Navigationshilfe kann leicht wahrgenommen werden.
- Einheitlich: Die Navigationshilfe weist ein einheitliches Design und somit hohen Wiedererkennungswert auf.
- Leicht zugänglich: Die Navigationshilfe ist frei und ohne Mehraufwand (z.B. Anschaffung einer Spezialtechnologie oder Installation einer App am Smartphone) verfügbar.
- Individualisierbar: Die Navigationshilfe kann auf individuelle Bedürfnisse (bspw. in Form eines individuellen Nutzerprofils) zugeschnitten werden.

Welche **kundenbezogenen Nachteile** weist die Navigationshilfe bzw. die Navigationsfunktion auf?

- Fehlerinterpretationsanfällig: Die Navigationshilfe wird leicht fehlerinterpretiert.
- Schwer erfassbar: Die Navigationshilfe wird nicht leicht wahrgenommen.
- Nicht einheitlich: Die Navigationshilfe weist kein einheitliches Design und somit keinen hohen Wiedererkennungswert auf.
- Schwer zugänglich: Die Navigationshilfe ist nur mit Mehraufwand (z.B. Anschaffung einer Spezialtechnologie oder Installation einer App am Smartphone) verfügbar.

- Nicht individualisierbar: Die Navigationshilfe kann nicht auf individuelle Bedürfnisse zugeschnitten werden.

Auf welchen **Bahnhofskategorien** eignet sich die Implementierung der Navigationshilfe?

- Kleine Bahnhöfe
- Mittlere Bahnhöfe
- Große Bahnhöfe
- Barrierefreie Bahnhöfe
- Nicht barrierefreie Bahnhöfe

Eine genaue Beschreibung der genannten **Bahnhofskategorien** findet sich in Kapitel 3.5.

Mit welchen **Kosten** sind die Installation (einmalige Kosten) und die Instandhaltung (laufende Kosten) der Navigationshilfe bzw. der Navigationsfunktion verhältnismäßig verbunden?

- Verhältnismäßig geringe Kosten
- Verhältnismäßig mittlere Kosten
- Verhältnismäßig hohe Kosten

Es ist darauf hinzuweisen, dass hier nur das Verhältnis der Kosten zwischen den unterschiedlichen Lösungen grob eingeschätzt wird. Auf eine Kostenkalkulation wird verzichtet.

Geringe Kosten stellen beispielsweise die Installation von Schildern oder die Aktualisierung bestehender Pläne dar. Ein mittlerer Kostenaufwand besteht beispielsweise für die Installation von Terminals mit Touchscreens an neuralgischen Punkten im Bahnhofsgebäude. Ein hoher Kostenaufwand kann mit der Weiterentwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice (siehe Empfehlung zwei) oder der Entwicklung, Installation und Wartung dynamischer LED-Beleuchtungen verbunden sein.

In der Folge finden sich drei Zusammenfassungen zur Evaluierung der Navigationshilfen bzw. Navigationsfunktionen durch die Umgebung, den Menschen und digitale Endgeräte. Die einzelnen Evaluierungstabellen sind dem Anhang (siehe Kapitel 8) zu entnehmen.

#### **Zusammenfassung der Evaluierung von Navigationshilfen durch die Umgebung:**

Der Großteil der Navigationshilfen durch die Umgebung stellt klassische und statische Navigationshilfen dar. Dynamische Inhalte können durch Landmarken, dynamische Fahrgastinformationen, dynamische Wegeleitungen mit (LED-)Leuchtbalken, dynamische Schilder, interaktive und digitale Pläne sowie über intelligente Schilder implementiert werden.

Navigationshilfen in der Umgebung haben den klaren Vorteil, dass sie auf Basis eines erfolgreichen Gestaltungskonzeptes flächendeckend und wahrnehmbar im gesamten Bahnhofsgebäude angebracht werden können. Gleichzeitig werden einzelne Navigationshilfen

aus der Umgebung punktuell anstatt durchgehend angebracht, um ihre Auffälligkeit und Funktionalität zu erhöhen: Dazu zählen farbcodierte, intelligente und dynamische Schilder, Pläne (wie Gebäudepläne, Stationspläne, Umgebungspläne, taktile Gebäudepläne, farbcodierte Pläne), dynamische Wegeleitungen mit (LED-)Leuchtstreifen, Farbcodierungen von Gebäudeebenen sowie Landmarken (der bahnhofseigenen Infrastruktur aber auch weitere Landmarken).

Navigationshilfen in der Umgebung, die alle Zielgruppen (d.h. alle angeführten Kriterien bei den Zielgruppen) ansprechen, sind intelligente Schilder, da diese in ihrer Umsetzung einen hohen Funktionsumfang aufweisen.

Für die barrierefreie Ausgestaltung von Bahnhöfen eignen sich neben dem taktilen Informationssystem (taktile Schilder, taktile Bodeninformation, taktile Handläufe, taktile Gebäudepläne) auch alle Formen von Schildern inkl. intelligenter Schilder. Aber auch akustische Signale, LED-Lampen, dynamische Wegeleitungen mit (LED-)Leuchtstreifen, farbcodierte Pläne sowie die Farbcodierung von Gebäudeebenen stellen einen Mehrwert für die barrierefreie Ausgestaltung von Bahnhöfen dar.

Nach Einschätzung des Konsortiums stellen Landmarken die einzigen Navigationshilfen in der Umgebung dar, die sämtlichen kundenbezogenen Kriterien aufgrund ihrer Vielfältigkeit gerecht werden können. Daher wird im Implementierungskonzept zur ganzheitlichen Ausgestaltung der Indoornavigation auch eine klare Empfehlung zur Entwicklung eines landmarkenbasierten Orientierungssystems ausgesprochen (siehe Empfehlung fünf).

### **Zusammenfassung der Evaluierung von Navigationshilfen durch den Menschen:**

Die persönliche Assistenz bzw. die Navigationshilfe durch den Menschen stellt einen flexiblen individualisierbaren Aspekt der Indoornavigation dar.

Das Ziel einer ganzheitlichen Ausgestaltung der Indoornavigation an Bahnhöfen ist die Gewährleistung, dass Formen der persönlichen Assistenz durch individualisierbare Funktionen von digitalen Endgeräten erfolgreich übernommen werden können bzw. dass über die Navigationshilfen aus der Umgebung und über digitale Endgeräte stets eine unmittelbare Kontaktaufnahme zu Menschen (wie etwa dem Bahnhofspersonal) gewährleistet werden kann. Daher werden in der Folge die Navigationsfunktionen, die in digitalen Endgeräten implementiert werden können, ebenso dem Analyseraster unterzogen. Ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung digitaler Services im Bereich der Indoornavigation ist es daher, mittels geeigneter Navigationsfunktionen eine stetige Rückfallebene zum Menschen bzw. zur persönlichen Assistenz herzustellen. Dies kann über die Implementierung von Quicklink-Funktionen (siehe Kapitel 3.2.3) innerhalb eines digitalen Informations- und Navigationsservice erreicht werden.

### **Zusammenfassung der Evaluierung von Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte:**

Die Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte können bei erfolgreicher Implementierung einen Mehrwert für sämtliche Zielgruppen darstellen. Bei der Entwicklung eines umfassenden, digitalen Informations- und Navigationsservice (siehe Empfehlung zwei) empfiehlt es sich, eine Vielzahl der vorgestellten Navigationsfunktionen (siehe Kapitel 3.2.3) in einem Service zu vereinen, da nur ein Zusammenspiel aus mehreren Funktionen einer großen Bandbreite an unterschiedlichen Kundenanforderungen gerecht werden kann.

Der große Vorteil bei der Entwicklung eines umfassenden Informations- und Navigationsservice und folglich bei der Implementierung der angeführten Navigationsfunktionen ist, dass diese dem Kunden letztendlich über mobile Endgeräte (Smartphone, Tablet, Smartwatch), aber auch über die Umgebung (beispielsweise über interaktive Terminals, intelligente Schilder oder Assistenzpunkte (siehe Empfehlung vier) zur Verfügung gestellt werden können.

Durch eine erfolgreiche Implementierung der vorgestellten Navigationsfunktionen kann ein umfassendes Indoornavigationssystem entwickelt werden, welches für die Informationsausgabe an den Nutzer sowohl analoge als auch digitale Navigationshilfen heranzieht und somit die drei Kategorien „Umgebung“, „Mensch“ und „digitale Endgeräte“ miteinander vereint. Dafür muss jedoch gewährleistet sein, dass aktuelle Informationen über die Einrichtungen am Bahnhof (z.B. Zustand der bahnhofseigenen Infrastruktur wie etwa Rolltreppe, Ticketschalter etc.) und über den Betrieb (z.B. Fahrplan) in einer zentralen Informationsschnittstelle gesammelt werden und in ein digitales Navigationsservice integriert werden können (siehe Empfehlung eins).

## 5.1. Implementierungskonzept für die kundenorientierte und barrierefreie Indoornavigation am Hauptbahnhof Wien auf Basis praktikabler Empfehlungen

Ziel des vorliegenden Kapitels ist, ein praktikables, barrierefreies und kundenorientiertes Implementierungskonzept in Form von zwölf Empfehlungen für den Hauptbahnhof Wien aufzuzeigen. Eine Übersicht zu den zwölf erarbeiteten Empfehlungen findet sich in Tabelle 9. Die Empfehlungen sind entsprechend der eingeschätzten Umsetzungsdringlichkeit in absteigender Reihenfolge angeordnet.

Nr.	Navigations- element bzw. - funktion	Empfehlung
1	Umfassende Datenschnittstelle	Schaffung eines Datenhubs als zentrale Informationsschnittstelle für die Indoornavigation: Erfassung sowie laufende Aktualisierung der Daten
2	Informations- und Navigations- service	Bereitstellung von Daten für die Entwicklung von Informations- und Navigations- services
3	Detaillierte, interaktive Kartengrundlagen	Bereitstellung einer umfassenden, detaillierten Kartengrundlage (digital und analog)
4	Assistenznetzwerk	Entwicklung eines geocodierten Assistenznetzwerkes
5	Landmarken	Entwicklung und Umsetzung eines Gestaltungskonzeptes für ein eigenständiges, landmarkenbasiertes Orientierungssystem
6	Taktiler Informationssystem	Feststellung und Umsetzung des Ausweitungs- und Optimierungspotentials für das taktiler Informationssystem
7	Farbcodierung	Farbcodierung der Gebäudeebenen mit Hilfe von farbcodierten Schildern
8	Dynamische Beschilderung	Optimierung von temporären Leitsystemen (beispielsweise für den Schienenersatzverkehr) mit Hilfe dynamischer Beschilderungen
9	Optimierung der Beschriftung	Feststellung und Umsetzung des Optimierungspotentials der vorhandenen analogen und statischen Beschriftungen
10	Sicherheitsleitsysteme	Erweiterung des bestehenden Sicherheitsleitsystems mit langnachleuchtenden Bodenleitlinien und Pfeilen
11	Lichtelemente	Ergänzung der bestehenden Informations- und Wegeleitplanung um eine dynamische Wegeleitung mit (LED)-Leuchtstreifen
12	Assistenzfunktion	Entwicklung eines benutzerprofilbasierten Wegeleitsystems für Personen mit besonderen Bedürfnissen

**Tabelle 9:** Übersicht zu den vorgestellten Empfehlungen. Quelle: Eigene Darstellung

Neben einer textlichen Kurzbeschreibung der Empfehlung greift das Implementierungskonzept die jeweilige Empfehlung vertiefend hinsichtlich der folgenden Aspekte auf:

- Implementierungsschritte (Angabe von einzelnen Implementierungsschritten zur Umsetzung der Empfehlung)

- Kompetenzen (ÖBB-konzernintern (=ÖBB-Infrastruktur AG) bzw. extern) inkl. Angabe einzubeziehender Akteure
- Realisierungsformat und Realisierungsmethoden
- Dringlichkeit
- Umsetzungsdauer
- Kundengruppen
- Kostenaufwand
- Beteiligte Navigationshilfen, Navigationsfunktionen und Technologien
- Umsetzungserfordernis (Bahnhofs-kategorie)
- Weiterführende Angaben (optional)

Da der Hauptbahnhof Wien das primäre Untersuchungsgebiet dieses Projektes darstellt und dieser mit den höchsten Anforderungen an die Gestaltung einer praktikablen, barrierefreien und kundenorientierten Indoornavigation einhergeht, sind die Empfehlungen primär auf eine Umsetzung am Hauptbahnhof Wien ausgelegt. Die Bahnhofskategorien (klein, mittel, groß) werden jedoch mitberücksichtigt und es wird ein hohes Augenmerk auf die Ableitung von allgemeinen Erkenntnissen für die Umsetzung bzw. Ausrollung auf weiteren Bahnhöfen inkl. der Erstellung allgemeiner Richtlinien (wie etwa RVE oder ÖNORM) gelegt.

### **Implementierungsschritte und Zuständigkeiten**

Es erfolgt eine Darstellung der erforderlichen Implementierungsschritte für die Realisierung der Empfehlung inkl. der Zuteilung der einzelnen Zuständigkeiten (ÖBB-konzernintern bzw. extern). Zudem wird ein Vorschlag abgegeben, welche weiteren Akteure bei der Umsetzung des Implementierungsschrittes miteingebunden werden können.

### **Realisierungsformat und Realisierungsmethoden**

Dieser Punkt adressiert das mögliche Durchführungsformat in Form von möglichen Methoden, die für die Umsetzung des jeweiligen Implementierungsschrittes herangezogen werden können (z.B. Durchführung von Fokusgruppen, Workshops, Eyetracking etc.).

### **Dringlichkeit**

Die Angabe der Dringlichkeit stellt eine Einschätzung des Konsortiums in Bezug auf die Umsetzungsdringlichkeit der Maßnahme als wesentlicher Beitrag zur erfolgreichen Ausgestaltung von praktikablen, barrierefreien und kundenorientierten Bahnhöfen dar. Dabei wird die folgende Differenzierung vorgenommen:

- Geringe Dringlichkeit: Die Empfehlung ist innerhalb der nächsten Jahre umzusetzen.
- Mittlere Dringlichkeit: Die Empfehlung ist innerhalb von ein bis zwei Jahren umzusetzen.
- Hohe Dringlichkeit: Die Empfehlung ist sofort und unverzüglich umzusetzen.

## **Kundengruppen**

Für jede Empfehlung erfolgt eine Zuordnung zu den ÖBB-intern formulierten Kundengruppen, für welche die Realisierung der Empfehlung einen Mehrwert darstellt.

## **Umsetzungsdauer**

Die Umsetzungsdauer beschreibt die von Seiten des Konsortiums geschätzte Dauer für die Abwicklung aller angeführten Implementierungsschritte und somit eine Einschätzung über die Dauer des Implementierungsprozesses der Empfehlung.

Dabei wird die folgende Differenzierung vorgenommen:

- Kurze Dauer: <2 Jahre
- Mittlere Dauer: 2-5 Jahre
- Lange Dauer: >5 Jahre

## **Kostenaufwand**

Der Kostenaufwand beschreibt eine seitens des Konsortiums vorgenommene, grobe Einschätzung in Bezug auf die Kosten für den gesamten Implementierungsprozess der Empfehlung. Bei dieser groben Einschätzung wird nach Planungskosten, Investitionskosten und Betriebs- und Erhaltungskosten differenziert:

- Planungskosten: verhältnismäßig gering, mittel, hoch
- Investitionskosten: verhältnismäßig gering, mittel, hoch
- Betriebs- und Erhaltungskosten: verhältnismäßig gering, mittel, hoch

Es ist darauf hinzuweisen, dass hier nur das Verhältnis der Kosten zwischen den unterschiedlichen Lösungen grob eingeschätzt wird. Auf eine Kostenkalkulation wird verzichtet.

Geringe Kosten stellen beispielsweise die Installation von Schildern oder die Aktualisierung bestehender Pläne dar. Ein mittlerer Kostenaufwand besteht beispielsweise für die Installation von Terminals mit Touchscreens an neuralgischen Punkten im Bahnhofsgelände. Ein hoher Kostenaufwand kann mit der Weiterentwicklung eines umfassenden Informations- und Navigationsservice (siehe Empfehlung zwei) oder der Entwicklung, Installation und Wartung dynamischer LED-Beleuchtungen verbunden sein.

## **Beteiligte Navigationshilfen, Navigationsfunktionen und Technologien**

Hier werden die für die Umsetzung der Empfehlung vorgeschlagenen Navigationshilfen, Navigationsfunktionen und Technologien angeführt (siehe Kapitel 3.3).

## **Bahnhofskategorie**

Die Angabe der Bahnhofskategorie bestimmt, auf welchen Bahnhöfen die Empfehlung nach Einschätzung des Konsortiums umsetzbar ist bzw. umgesetzt werden sollte. Dabei wird die folgende Differenzierung vorgenommen:

- Kleiner Bahnhof (barrierefrei, nicht barrierefrei)
- Mittlerer Bahnhof (barrierefrei, nicht barrierefrei)
- Großer Bahnhof (barrierefrei, nicht barrierefrei)

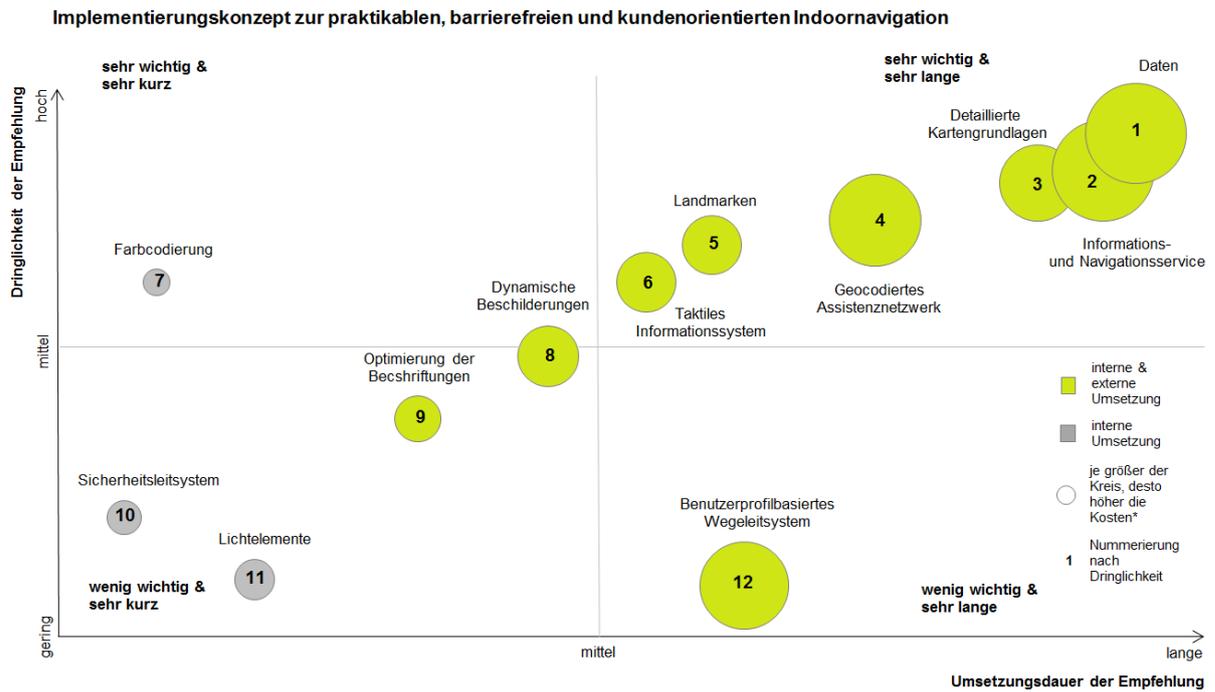
Die genaue Beschreibung der Bahnhofskategorien ist in Kapitel 3.5 angeführt.

### **Weiterführende Angaben (optional)**

Unter „weiterführende Angaben“ werden gegebenenfalls ergänzende, empfehlungsspezifische Informationen angeführt, die bei der Umsetzung der jeweiligen Empfehlung aus Sicht des Konsortiums zu berücksichtigen sind. Es wird zwischen gestaltungsspezifischen, prozessspezifischen und sonstigen Hinweisen differenziert und gegebenenfalls auch ein Zusammenhang mit weiteren Empfehlungen aufgezeigt.

- Gestaltungsspezifische Hinweise
- Prozessspezifische Hinweise
- Zusammenhang mit weiteren Empfehlungen

In Abbildung 42 findet sich ein erster Überblick hinsichtlich der Umsetzungsdringlichkeit, der Umsetzungsdauer, des grob geschätzten Kostenaufwandes und der internen bzw. internen und externen Umsetzungsmöglichkeit der vorgestellten Empfehlungen.



**Abbildung 42:** Umsetzungsdringlichkeit, Umsetzungsdauer, grob geschätzter Kostenaufwand und interne bzw. interne & externe Umsetzungsmöglichkeit der Empfehlungen. Quelle: Eigene Darstellung

Das im Detail ausgearbeitete Implementierungskonzept für die zwölf erarbeiteten Empfehlungen kann auf Anfrage beim Auftraggeber bzw. der Projektleitung zur Verfügung gestellt werden.

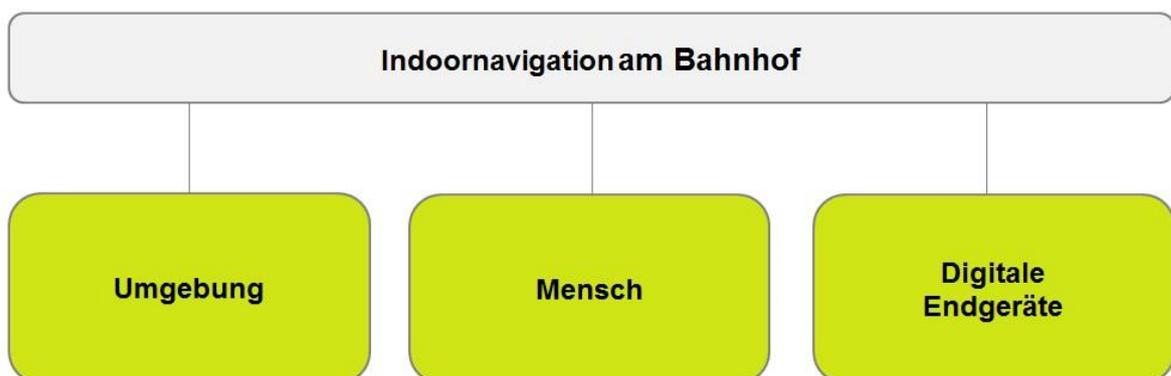
## 6. KUNDENORIENTIERTE INDOORNAVIGATION AM DIGITALEN BAHNHOF: MÖGLICHE TRENDS UND ENTWICKLUNGEN

### 6.1. Digitalisierung als gesellschaftlicher Trend

Beinahe alle Bereiche der modernen Gesellschaft sind von der fortschreitenden Digitalisierung betroffen (Batty, 2013). Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und damit auch Bahnhöfe sind von diesem Trend nicht ausgenommen. Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend anhält und damit

- mehr und mehr Daten erfasst werden und zur Verfügung stehen („big data“)
- effiziente und maßgeschneiderte Analysemethoden zur Verarbeitung und Analyse dieser Daten entwickelt werden („machine Learning“ bzw. „artificial intelligence“)
- eine bessere Verknüpfbarkeit der Daten bzw. der analysierten interpretierten Erkenntnisse möglich ist („Linked Data“)
- immer weitere neue Technologien zur Interaktion, Kommunikation und Datenpräsentation als Schnittstelle zwischen Menschen und Computern entstehen („Human Computer Interaction“).

All diese Entwicklungen finden zur Zeit in großem Tempo und parallel statt und können als relevant für die Fragestellung der Weiterentwicklung der „Kundenorientierten Indoornavigation am Bahnhof“ angesehen werden. Dies deshalb, weil Navigation und Orientierung zwei wesentliche Aspekte im Zielfindungsprozess innerhalb eines Bahnhofgebäudes darstellen und sowohl Datenerfassung, Analyse, Verknüpfung und Präsentation dabei eine Rolle spielen.



**Abbildung 43:** Kategorisierung der Navigationshilfen und -funktionen am Bahnhof.

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Navigation und Orientierung im Bahnhof werden Navigationshilfen bzw. Navigationssysteme bereitgestellt (siehe Abbildung 6), deren ganzheitliches Zusammenwirken Optimierungspotential bietet, wie in diesem Bericht erarbeitet wurde (vgl. insbesondere Kapitel 5). Unter der Annahme einer zunehmenden Digitalisierung aller Lebensbereiche stellt die weitere Digitalisierung der Bahnhofsnutzer, der Umgebung und seiner Prozesse bzw. die

Erfassung von Kontextparametern eine künftige Entwicklungsrichtung für kundenorientierte Indoornavigation am Bahnhof dar (siehe Abbildung 44).



**Abbildung 44:** Digitalisierung des Bahnhofs. Quelle: Eigene Darstellung

Navigationssysteme bzw. digitale Navigationshilfen können insbesondere deshalb vom Trend der Digitalisierung profitieren, als sie schlicht Informationen benötigen. Solche Informationen umfassen Informationen über den Nutzer (Position, Ziel, Eigenschaften etc), die Umgebung (Geometrie und Semantik des Gebäudes, Gebäudeteile, Objekte, Landmarks, Routen etc), über die in der Umgebung stattfindenden Prozesse (beispielsweise der Fahrbetrieb, die Instandhaltung, die Reinigung, die Zulieferung zu Geschäften etc) bzw. den generellen Kontext (verwendetes Gerät, Veranstaltungen, temporäre Störungen etc). Mehr, vielfältigere, häufigere und detailliertere Daten über Nutzer, Umgebung, Prozesse und Kontext haben das Potential, Navigationsunterstützung zu bereichern. Allerdings führt eine ubiquitäre und immanente Datenerfassung, insbesondere von Nutzern, zu großen Herausforderungen hinsichtlich der Wahrung der Persönlichkeitsrechte bzw. des subjektiv empfundenen Wohlbefindens. Auch wird die durch das erreichte Ausmaß der Unterstützung des menschlichen Zielfindungsprozesses wahrgenommene bzw. eingeschränkte menschliche Handlungsautonomie kontroversiell diskutiert (vgl. Autonavigationssysteme).

Es leiten sich daher aus der fortschreitenden Digitalisierung am Bahnhof der Zukunft Möglichkeiten und Herausforderungen für die Indoornavigation ab, die im Folgenden exemplarisch diskutiert werden.

## 6.2. Das idealtypische kundenorientierte Navigationssystem

Würde man versuchen, idealtypisch einen bestimmten Kunden maßgeschneidert in seinen Navigations- und Orientierungsaufgaben zu unterstützen, wäre die Kenntnis über die Person, seiner Eigenheiten und Gewohnheiten, seines emotionalen Zustandes, seines Zieles nützlich. Es wäre weiters Kenntnis über etwaige soziale Aspekte von Bedeutung, das heißt, ob der Nutzer in Begleitung unterwegs ist, in einer Gruppe oder alleine. Zusätzlich ist es erforderlich zu wissen, in welcher Umgebung man sich befindet, welche Landmarks vorhanden sind, welche Prozesse in dieser stattfinden, welche temporären Aspekte momentan von Bedeutung sind, welche etwaigen Besonderheiten zur Zeit auftreten.

Wenn man beispielsweise von einem Bahnkunden ausgeht, der den Bahnhof deshalb betreten wird, weil er eine Zugreise durchführen möchte, wäre es für eine Orientierungs- und Navigationsunterstützung nützlich zu wissen, welchen Zug er nehmen möchte, ob er bereits ein Ticket gekauft hat, ob der Zug Verspätung hat, ob ein Geschäft, in dem er noch schnell einkaufen wollte, geöffnet hat, ob der Aufzug, den er zum Bahnsteig benutzen möchte, gerade nicht in Betrieb ist etc.

Die idealtypische Navigationsunterstützung müsste also nutzerzentriert konzipiert sein, d.h.

- der Nutzer wird in seinen Zielen, Bedürfnissen und Eigenheiten in den Mittelpunkt gestellt (erfasst, modelliert, interpretiert)
- für den Nutzer maßgeschneiderte Informationen werden erstellt und angeboten.

Eine solche nutzerzentrierte Vorgangsweise ist nun unter den Vorzeichen der Digitalisierung sehr viel denkbarer geworden, als Informationen über den Nutzer, die Umgebung und den Kontext mehr und mehr erfass- und verfügbar werden können und mehr und mehr Instrumente zur Verfügung stehen, diese Informationen zu verknüpfen, zu filtern, zu analysieren und zu modellieren. Den dieser Entwicklung allgemein zugrundeliegenden Trend kann man generell auch als „smart environments“ bzw. im urbanen Umfeld als „smart cities“ bezeichnen. Im Folgenden sollen ausgewählte Aspekte der durch die Digitalisierung entstehenden Möglichkeiten und Herausforderungen diskutiert werden.

## **6.3. Möglichkeiten für die Indoornavigation durch fortschreitende Digitalisierung**

### **6.3.1 Digitalisierung der Nutzer**

Um eine benutzerzentrierte Navigationsunterstützung zu ermöglichen, müssen die verschiedenen Kunden bzw. Benutzergruppen mit ihren spezifischen Anforderungen identifiziert werden. Die dabei entstehenden Benutzerprofile, die ein Modell des jeweiligen Nutzers bzw. einer der Nutzergruppen darstellen, sind in Umfang, Differenzierung und Tiefe vor allem abhängig von den Datenerfassungsmöglichkeiten bzw. den persönlichen Filterungseinstellungen.

In den von den ÖBB angebotenen Navigationssystemen, z. B. „ÖBB Hauptbahnhof Wien“, kann die Bewegung der Benutzer durch Mobiltelefonsensoren erhalten werden. In diesem Fall erfasst die App nicht nur die Navigationsunterstützung der Benutzer bei jeder Verwendung der App, sondern auch die Bewegungsdaten der Benutzer. Mit diesen Daten kann dann das Bewegungsmuster der Benutzer erkannt und ein entsprechendes Benutzerverhaltensmodell erstellt werden. Die Bewegungszustände für einen normalen Benutzer in einem Bahnhof können auf Sitzen, Stehen, schnelles Gehen, langsames Gehen, scharfes Drehen, Punktdrehen, Wenden mit Gefälle, Laufen, Verwenden von Treppen und Verwenden eines Aufzugs beschränkt sein. Aufgrund der Vielzahl von Aktivitäten, die Menschen in einem Bahnhof ausführen können, und der Schwierigkeit, sie systematisch zu klassifizieren, ist die Modellierung des menschlichen Verhaltens sehr komplex. Zurzeit wird daher die Modellierung des menschlichen Verhaltens vereinfacht, indem die wichtigsten Merkmale ausgewählt werden, aus denen Maschinen lernen können. Dabei sind zurzeit vor allem drei Hauptansätze zur Merkmalsauswahl üblich: Wrapper-, Filter- und eingebettete Methoden (Guyon & Elisseeff, 2003). Alle diese Methoden haben das Potential, das Benutzerprofil basierend auf den Daten aktueller ÖBB-Systeme bzw. Daten aus den Bewegungsabläufen von ÖBB-Navigationssystemen zu modellieren.

Heutzutage verfügen viele Benutzer über Konten bei Google, Amazon oder anderen sozialen Medien wie Facebook, Twitter usw. Diese Konten von Drittanbietern enthalten zahlreiche Daten über den Benutzer. Diese Daten variieren von den Basisinformationen der Benutzer (z. B. Alter, Geschlecht, Land usw.), Schlüsselwörtern oder Konzepten, die das Interesse der Benutzer widerspiegeln, bis zu ihren Verhaltensinformationen (z. B. Reihenfolge der Klicks, Verweildauer auf den Seiten usw.) und ihre soziale Verbindung mit anderen Nutzern (Abdel-Hafez & Xu, 2013). Aus diesen Daten können Benutzereigenschaften wie demografische Merkmale, Persönlichkeit, Vorlieben, Bedürfnisse und Verhalten modelliert werden. All diese Eigenschaften können dazu beitragen, das mit den ÖBB-Systemen modellierte Nutzerprofil zu verbessern. Allerdings nur unter der Voraussetzung, dass entsprechende Regularien in Bezug auf den Datenschutz bzw. die Datenhoheit eingehalten werden. Die Entwicklung von verlässlichen digitalen Identitäten wird beispielsweise im Zuge von „myIDsafe“

(<https://myidsafe.org/>) angestrebt. Hier wird der Mensch als Souverän seiner digitalen Identität in den Mittelpunkt gestellt.

### 6.3.2 Digitalisierung der Umgebung

In den letzten Jahrzehnten haben die Zunahme der Rechenleistung und die Verfügbarkeit besserer Software dazu beigetragen, dass sich Building Information Models (BIMs) in der Baubranche zum Mainstream entwickelt haben. BIM ist das Modell zur Darstellung der physikalischen und semantischen Eigenschaften einer Einrichtung (National Institute of Building Science, 2014). Dies erleichterte den Entwurf, die Planung, den Bau, den Betrieb und die Wartung verschiedener physischer Infrastrukturen in einem Gebäude wie Wasser, Strom, Gas, Kommunikationsnetze usw. erheblich. Viele neu gebaute Bahnhöfe verfügen über ein BIM-Modell. Da BIM semantisch reichhaltige Informationen über alle physischen Elemente in einem Gebäude enthält, kann es ein Ausgangspunkt für die Digitalisierung der Umgebung des Bahnhofs sein.

Basierend auf der Eyetracking-Studie und -Bewertung sind Orientierungspunkte und -zeichen (analoge, statische, dynamische und farbcodierte Beschilderung) wichtige Elemente für die Navigation. Neben den Verbesserungsvorschlägen in Abschnitt 5 können sie auch digitalisiert und in das BIM integriert werden. Aufgrund ihres Standorts, ihrer Beziehung zu anderen Bauelementen und ihrer semantischen Information ist es möglich, sie vollständig zu digitalisieren. Einmal digitalisiert, sollten die Informationen regelmäßig aktualisiert werden. Beispielsweise sind Läden als wichtige Art von Orientierungspunkt in der Navigation sehr wichtig, sie können sich jedoch im Laufe der Zeit ändern. In der BIM sollten daher ihr Standort, ihre Beziehung zu anderen Infrastrukturen des Bahnhofs und ihre semantischen Informationen (z. B. Geschäftskategorie, Öffnungszeiten usw.) modelliert werden. Neben der Digitalisierung und Wartung der Umgebung von Bahnhöfen bilden die umfangreichen Informationen in BIM wie Geometrie, Topologie und Semantik auch eine Grundlage für die Durchführung von Analysen.

### 6.3.3 Digitalisierung der Prozesse, die in einer Umgebung stattfinden

In einem Bahnhof laufen viele Prozesse ab, wie die Navigation in Innenräumen, der Schienenverkehr, die Reinigung, die Zustellung usw. Jeder Prozess nutzt eine bestimmte Infrastruktur, benötigt bestimmte Daten, bietet bestimmte Funktionen und produziert Daten. Ein integriertes System kann sie nutzen und die Daten eines Prozesses verwenden, um einen anderen Prozess zu versorgen.

Semantische Beschreibungen ermöglichen die Modellierung von Prozessen. Die Darstellung der semantischen Beschreibung jedes Prozesses, einschließlich der am Prozess beteiligten Entitäten und ihrer Beziehungen, wird als Ontologie bezeichnet. Um eine Ontologie eines Bahnhofs aufzubauen, müssen die Prozesse in einem Bahnhof und ihre Wechselwirkungen miteinander erkannt werden. Innerhalb jedes Prozesses müssen auch die beteiligten Entitäten und ihre Beziehungen verstanden werden. Da sich Bahnhöfe in ihren Funktionen unterscheiden (siehe Abschnitt 3.5), unterscheiden sich auch ihre Ontologien. Daher ist es sinnvoll von spezifischen Ontologien auszugehen, zum Beispiel eine Ontologie für den Ticketing-Prozess zu erstellen, die auf dem Wissen der Experten basiert, die für die Gestaltung des Ticketing-Systems arbeiten. Gleiches gilt auch für die Fahrplan- und Indoor-Navigation. Wenn Ontologien für Prozesse in einem Bahnhof verfügbar sind, können sie kombiniert und verknüpft werden. Dadurch sind logische Beziehungen einfach ableitbar, wie z.B. der Aufzug ist am Tag xy wegen Instandhaltung geschlossen und kann daher an diesem Tag nicht bei einer Navigationsanweisung verwendet werden.

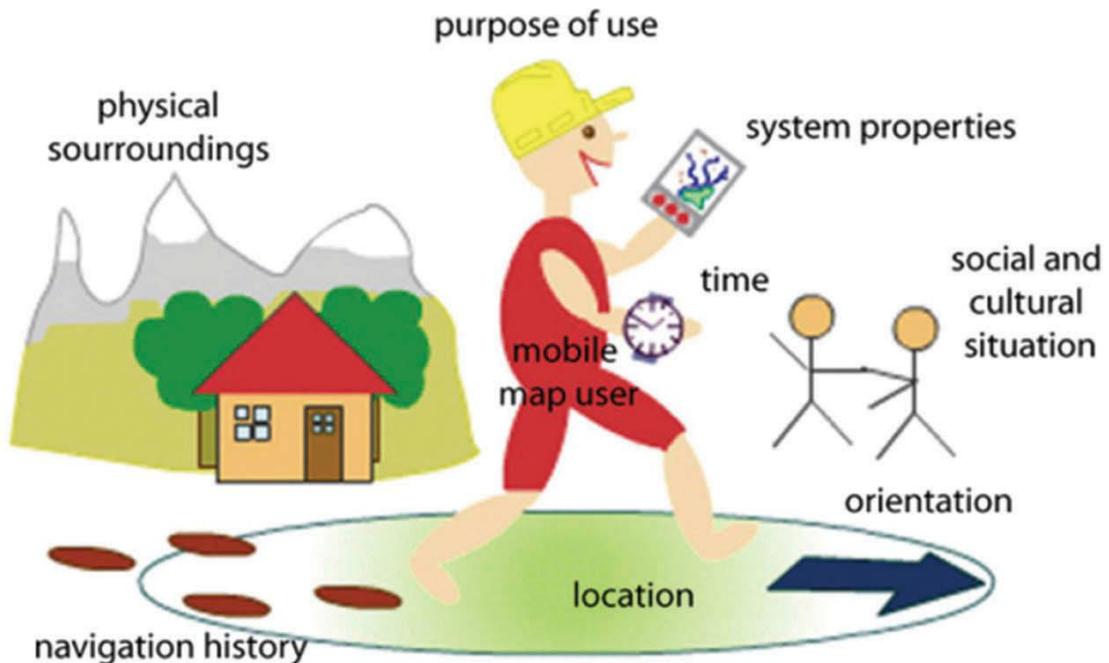
Viele Prozesse, die über ein eigenes System verfügen, z. B. Ticketing, Fahrplan, Indoor-Navigation usw. sind über semantische Beschreibungen verknüpfbar („linked data“) (Bizer et al., 2011), wodurch alle Beziehungen (Relationen) zwischen den in ihnen abgebildeten Prozessen ebenfalls verknüpft werden.

### 6.3.4 Digitalisierung des Kontexts

Jegliche menschliche Aktivität und Handlung, also auch Navigation und Orientierung, findet in einem Kontext statt. Man kann den Kontext verstehen als „jede Information, die zur Charakterisierung der Situation einer Entität verwendet werden kann. Eine Entität ist eine Person, ein Ort oder ein Objekt, die bzw. das für die Interaktion zwischen einem Benutzer und einer Anwendung als relevant erachtet wird, einschließlich des Benutzers und der Anwendungen selbst“ (Abowd et al. 1999, S. 305).

Die Bedeutung von Kontextparametern für die nutzerzentrierte Navigationsunterstützung wurde z.B. von Huang et al. (2017) untersucht, Dabei wurde eine Klassifizierung von Kontextfaktoren vorgeschlagen, die u.a. Benutzer, Ort, Zeit, Ausrichtung, Richtung,

Navigationsverlauf, Verwendungszweck, soziale Aspekte, physische Umgebung und technische Aspekte umfasst (siehe Abbildung 45).



**Abbildung 45:** Verschiedene Arten von Kontextfaktoren, die für Navigationssysteme relevant sein könnten. Quelle: Steiniger, Neun, und Edwardes (2006) bei cartouche (<http://www.e-cartouche.ch/>, unter CC BY 2.0)

Im Kontext der Indoor-Navigation an Bahnhöfen sind beispielsweise besondere Ereignisse, die zu bestimmten Zeiten einen großen Passagierstrom zu den Bahnhöfen bringen, wichtige Kontextinformationen. Um den Kontext in Navigationssystemen zu implementieren, müssen die Kontextfaktoren modelliert und dargestellt werden. Schlüsselwertmodelle und auf Ontologie basierende Modelle sind zwei Hauptkontextdarstellungen (Grifoni et al., 2018). Schlüsselwertmodelle verwenden Schlüsselwertpaare, die die Attribute und ihre Werte darstellen. Ontologiebasierte Modelle verwenden Ontologien, um Konzepte und ihre Beziehungen darzustellen. Ähnlich wie beim Bau von Ontologien für Bahnhöfe ermöglicht dieses Modell die Modellierung von Kernkonzepten sowie Unterkonzepten und Fakten, wodurch der kontextbezogene Wissensaustausch und die Wiederverwendung ermöglicht werden (Grifoni et al., 2018).

#### 6.4. Herausforderungen für die Indoornavigation und Location-based Services durch die fortschreitende Digitalisierung

Die Zukunft der mobilen Informationsgesellschaft, zu der sich unsere Gesellschaft entwickelt, „positiv“ zu gestalten, ist eine Herausforderung. Durch die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), insbesondere mobiler IKT, in jeden Aspekt unseres täglichen Lebens, werden 4A-Dienste (jederzeit, überall, für jedermann und für alles)

entwickelt, die unserer menschlichen Gesellschaft und Umwelt zugutekommen können. Diese neue Generation von 4A-Technologien kann Komfort bringen, unsere Lebensqualität verbessern, aber auch zu bisher unbekanntem und ungeahnten Problemen in den Bereichen Überwachung, Datenschutz und ethischer Fragen führen. Inwiefern ist die menschliche Handlungsautonomie durch Assistenzsysteme weiterhin gewährleistet, inwieweit werden menschliche Entscheidungen und Problemlösungen unterstützt und nicht determiniert, sind wichtige zu untersuchende Fragestellungen, die auch im Kontext der Indoornavigation an Bahnhöfen eine wichtige Rolle spielen.

Einige der im Zusammenhang mit der Indoornavigation in Bahnhöfen relevanten Herausforderungen umfassen sowohl technische als auch darüberhinausgehende Aspekte:

### **Wie kann die Position eines Objekts in Innenräumen und unter anderen ungünstigen GNSS-Bedingungen bestimmt werden?**

In vielen Fällen haben globale Satellitennavigationssysteme (GNSS) wie GPS in Außenumgebungen die Standortbestimmung zu einem trivialen Problem gemacht. In anderen Bereichen, z. B. in Innenräumen, in dichten städtischen Umgebungen und im Untergrund, ist die genaue Positionierung trotz der jüngsten Fortschritte bei der Positionierung in Innenräumen immer noch eine erhebliche technische Herausforderung. Dies ist auf viele Gründe zurückzuführen, die durch die Komplexität der Umgebungen verursacht werden, z. B. Blockierung von Signalen, schwerwiegende Mehrwegeprobleme usw. Die vorliegenden Verfahren haben spezifische Vor- und Nachteile (Huang et al., 2017). In diesem Zusammenhang sind die Hauptherausforderungen die Entwicklung und Verbesserung bestehender und neu entstehender Positioniertechnologien und deren Sensorfusion (Musleh et al., 2010).

### **Wie kann die Schnittstelle von Ortungslösungen für den Indoor-Bereich standardisiert werden?**

Gegenwärtig wurden verschiedene Ortungslösungen für Innenräume vorgeschlagen, die auf unterschiedlichen Sensoren, Infrastrukturen und Ortungstechniken beruhen und ein unterschiedliches Maß an Genauigkeit und Zuverlässigkeit bieten. Eine universelle Lösung wie GPS für Außenumgebungen fehlt.

### **Wie können Navigationsanwendungen in Innenräumen effektiv unterstützt werden?**

Um verschiedene Abfragen zu unterstützen, muss der Bereich, den der Benutzer benötigt, effektiv für Navigationssysteme modelliert werden. CityGML (OGC, 2017), BIM (National Institute of Building Science, 2014) und Netzwerkmodelle müssen explizit die geometrischen und semantischen Anforderungen von Navigationsanwendungen berücksichtigen.

### **Wie kann der Kontext eines mobilen Benutzers und seine Dynamik modelliert werden?**

Kontext ist jede Information, die verwendet werden kann, um die Situation einer Entität zu charakterisieren. Eine Entität ist eine Person, ein Ort, ein Objekt, das in der Interaktion zwischen Benutzer und Anwendung berücksichtigt werden kann. Im Zusammenhang mit der Kontextmodellierung sind die folgenden Fragen von Bedeutung:

- Welche Arten von Kontextinformationen sollen berücksichtigt und modelliert werden?
- Wie können Kontextinformationen erfasst und abgeleitet werden?
  - Es sind verschiedene Quellen möglich, wie Sensoren, tragbare Sensoren, Sensoren in der Umgebung, Webanwendungen und -dienste (z. B. soziale Online-Medien) sowie explizite Benutzereingaben.
- Wie sollen die Informationen strukturiert und aktualisiert werden?
- Wie kann die Dynamik des Kontexts in Navigationssystemen modelliert werden?
  - Navigationssystemen werden häufig in dynamischen und mobilen Umgebungen verwendet, was bedeutet, dass die dynamische Änderung von Kontextparametern erfasst und verarbeitet werden muss.

### **Wie können kontextsensitive Anpassungen in Navigationssystemen bereitgestellt werden? Welchen Automatisierungsgrad soll der Anpassungsprozess haben?**

Nach der Erfassung und Modellierung können Kontextdaten in Navigationssystemen verwendet werden, um die Dienste und Inhalte für den Benutzer anzupassen. Kontextbezogene Anpassung ist der Prozess der Anpassung des beobachtbaren Verhaltens, der Funktionen, der Inhalte und/oder des Erscheinungsbilds des Dienstes in einem Kontext des Benutzerkontexts mit dem Ziel, eine bessere Benutzererfahrung bereitzustellen.

Eine wichtige Frage dabei ist, welchen Automatisierungsgrad der Anpassungsprozess haben soll. Während ein hoher Automatisierungsgrad keine Interaktion des Benutzers mit dem System erfordert, kann der Benutzer das Gefühl haben, die Kontrolle über das System zu verlieren (Dainow, 2018). Es ist eine Herausforderung, ein Gleichgewicht zwischen dem Automatisierungsgrad und dem Grad der Benutzerinteraktion zu finden.

Für kontext-bezogene Anpassungsprozesse werden persönliche Informationen des Benutzers verwendet. Je verfügbarer diese Kontextdaten sind, desto mehr Dienste erhält der Benutzer. Es gibt einen Kompromiss zwischen der Qualität der Anpassung und der Menge der privaten Erfassungsdaten. Weitere Anstrengungen sind erforderlich, um ein Gleichgewicht zwischen diesen Aspekten zu finden.

### **Wie können Assistenzsysteme so gestaltet werden, dass sie kollektive Aktionen, Aufgaben und Aktivitäten unterstützen?**

Derzeit werden Navigationssystemen hauptsächlich entwickelt, um die Aktivitäten und Entscheidungen einzelner Benutzer zu erleichtern. In der realen Welt beziehen viele unserer Aktivitäten und Entscheidungsprozesse andere Personen mit ein. Wir können in einer unbekanntenen Umgebung mit Freunden navigieren, um ein bestimmtes Ziel zu finden, oder

einen Treffpunkt planen, während jeder Einzelne unterwegs ist. Es ist noch recht unklar, wie solche Assistenzsysteme gestaltet werden können, um kollektive bzw. kollaborative Aktionen, Aufgaben und Aktivitäten zu unterstützen.

**Wie können wir neu auftkommende mobile bzw. non-intrusive Geräte (z. B. Smartwatches und Smart Glasses) für Navigationsanwendungen einsetzen?**

In den letzten Jahren wurden wir Zeugen der Einführung einer Reihe neuer mobiler Technologien und mobiler Geräte, wie beispielsweise Smartwatches (siehe Abbildung 46) und digitale Brillen und haptische Geräte. Diese Gerätetypen haben oft ihre eigenen Eigenschaften, Interaktionsmodalitäten (z. B. Sprache, Gesten und blickbasierte Interaktion) und technischen Einschränkungen.



**Abbildung 46:** Ein Beispiel für Navigation auf Smartwatches.

Quelle: [geoawesomeness.com](http://geoawesomeness.com) (Zugriff am 08.08.2019)

**Wie können visuelle, akustische und taktile Methoden sinnvoll integriert werden, um räumliche Informationen in Navigationssystemen effektiv zu kommunizieren?**

Die Möglichkeiten der Verwendung anderer menschlicher Sinne, beispielsweise Hören und Berühren (Haptik), sind im Kontext von Navigation und Orientierung relevant. Darüber hinaus sind auch neue Formen der Visualisierung jenseits von Karten wie 3D, VR und Augmented Reality von Bedeutung (siehe Abbildung 47). Auch hier sind entsprechende Kriterien in Bezug auf den Datenschutz und die Datenhoheit zu erfüllen (beispielsweise über die Schaffung verlässlicher digitaler Identitäten wie etwa „myIDsafe“).



**Abbildung 47:** Augmented Reality wird im Nordterminal von Gatwick eingesetzt.

Quelle: avrspot.com (Zugriff am 08.08.2019)

**Wie können neben individuellen Devices analoge und digitale Elemente der Umgebung sinnvoll integriert werden, um räumliche Informationen in Navigationssystemen effektiv zu kommunizieren?**

Die Möglichkeiten der Verwendung von Elementen der Umgebung, wie beispielsweise Bildschirme, Anzeigen, Lichtquellen, aktive Landmarken sind im Kontext von Navigation und Orientierung relevant. Kenntnisse und Erfahrungen, wie eine Verwendung, Integration bzw. Wechselwirkung von persönlichen Devices mit Informations- und Kommunikationsdevices, die in die Umgebung eingebettet sind, konzipiert und optimiert werden können, fehlen weitgehend.

**Wie können Daten so gespeichert und modelliert werden, dass eine Integration mit anderen Datenquellen unterstützt wird und der Datenschutz gewährleistet ist?**

Es sind Datenmodelle erforderlich, die den unterschiedlichen in Navigationsanwendungen erforderlichen Daten (z.B. Sensordaten, Social-Media-Daten etc.) gerecht werden und die die weitere Integration anderer Datenquellen unterstützen können. Metadaten bezüglich der Qualität und anderer Merkmale (z. B. Repräsentativität) der Daten sollten berücksichtigt und zusammen mit den Daten modelliert werden. Darüber hinaus bestehen navigationsanwendungsgenerierte Daten häufig aus persönlichen Informationen oder Historien. Es sollten Methoden zum Umgang mit dem Datenschutz während der Modellierung und Speicherung dieser Daten entwickelt werden (Andrienko et al., 2016).

**Wie beeinflussen Assistenzsysteme die räumlichen Fähigkeiten der Menschen? Wie können wir Navigationssysteme entwickeln, die die Aktivitäten und Entscheidungen der Menschen erleichtern, ohne ihre räumlichen Fähigkeiten zu beeinträchtigen und ihre Handlungsautonomie zu beschränken?**

Während Assistenzsysteme (z. B. Navigationssystemen) die täglichen Aktivitäten und Entscheidungen der Menschen erleichtern können, können sie einige Nebenwirkungen mit sich bringen. Montello (2009), spricht davon, dass 'Technologie verändert unser Denken, oft indem wir unsere Fähigkeit reduzieren, ohne Technologie effektiv zu denken'. Es ist relevant, die möglichen Nebenwirkungen der Verwendung von Navigationssystemen in unserem täglichen Leben zu verstehen. Mehrere erste Studien haben bereits gezeigt, dass ein übermäßiges Vertrauen in Navigationssysteme unseren räumlichen Wissenserwerb und das räumliche Vorstellungsvermögen beeinflussen.

**Wie beeinflussen Navigationssysteme die Art und Weise, wie Menschen miteinander umgehen, und ihr Verhalten in verschiedenen Umgebungen?**

Mit den rasanten Fortschritten in der mobilen Informationstechnologie werden mehr und mehr Assistenzsysteme Teil des Alltags vieler. Navigationssysteme werden verwendet, um tägliche Aktivitäten und Entscheidungen zu verbessern, z. B. sich in unbekanntem Umgebungen zurechtzufinden, eine neue Stadt zu erkunden, sich mit Freunden zu vernetzen und zu unterhalten (siehe Abbildung 48). Da Navigationssysteme und allgemein mobile Informationstechnologien zu einem Teil unseres täglichen Lebens geworden sind, ist es notwendig, ihre Auswirkungen auf den Einzelnen und auf unsere Gesellschaft zu untersuchen.



**Abbildung 48:** Ein Beispiel für die kollaborative Navigation.

Quelle: segd.org (Zugriff am 08.08.2019)

**Welche Fragen des Datenschutzes und welche ethischen Fragen gibt es im Bereich von Navigationssystemen? Wie können wir den Datenschutz und die ethischen Bedenken**

### **der Benutzer in Navigationssystemen am besten berücksichtigen? Wie beeinflussen/verändern wir unser Verständnis von Datenschutz und Ethik?**

Navigationssystemen in der Natur bietet Benutzern Informationen, indem sie ihren aktuellen Standort und ihre aktuellen Vorlieben nutzen. Diese Informationen können sehr privat und daher sehr sensibel sein und werfen daher häufig Datenschutzbedenken auf. Es ist daher relevant, Fragen nach "Wie können wir den Datenschutz und ethische Bedenken der Benutzer am besten berücksichtigen und gleichzeitig die Servicequalität von Navigationssystemen gewährleisten?" aufzuwerfen. Die Beantwortung dieser Fragen erfordert Forschung sowohl aus technischer als auch aus nicht-technischer Sicht (Abbas et al., 2014).

### **Was sind Geschäftsmodelle im Bereich von Navigationssystemen?**

Es ist wichtig zu verstehen, welche Auswirkungen und Wechselwirkungen Navigationssysteme auf Geschäftsbereiche haben und wie diese Auswirkungen und Wechselwirkungen Impulse liefern können.

## **6.5. Zusammenfassung**

Unter der Annahme einer zunehmenden Digitalisierung aller Lebensbereiche stellt die Digitalisierung der Bahnstufennutzer, der Umgebung und seiner Prozesse bzw. die Erfassung von Kontextparametern eine künftige Entwicklungsrichtung für kundenorientierte Indoornavigation am Bahnhof dar. Dabei entstehen neben Möglichkeiten (durch die Digitalisierung des Nutzers, der Umgebung, der Prozesse und des Kontexts entstehende Potential) auch neue Herausforderungen (hinsichtlich technischer Entwicklungen im Bereich Positionierung, Datenanalyse und Kommunikation als auch hinsichtlich der Auswirkungen der Verwendung von Assistenzsystemen auf die menschlichen Fähigkeiten und Handlungsautonomie).

Die Zukunft der mobilen Informationsgesellschaft, zu der sich unsere Gesellschaft entwickelt, „positiv“ zu gestalten, ist eine Herausforderung. Durch die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), insbesondere mobiler IKT, in jeden Aspekt unseres täglichen Lebens, werden 4A-Dienste (jederzeit, überall, für jedermann und für alles) entwickelt, die unserer menschlichen Gesellschaft und Umwelt zugute kommen können. Diese neue Generation von 4A-Technologien kann Komfort bringen, unsere Lebensqualität verbessern, aber auch zu bisher unbekanntem und ungeahnten Problemen in den Bereichen Überwachung, Datenschutz und ethischer Fragen führen. Inwiefern ist die menschliche Handlungsautonomie durch Assistenzsysteme weiterhin gewährleistet, inwieweit werden menschliche Entscheidungen und Problemlösungen unterstützt und nicht determiniert, sind wichtige zu untersuchende Fragestellungen, die auch im Kontext der Indoornavigation an Bahnhöfen eine wichtige Rolle spielen.

## 7. VERZEICHNISSE

### 7.1. Literaturverzeichnis

Abbas, R., K. Michael, und M. G. Michael. (2014): The Regulatory Considerations and Ethical Dilemmas of Location-Based Services (LBS): A Literature Review. In: *Information Technology & People* 27 (1): 2–20.

Abdel-Hafez, A. und Xu, Y. (2013): A survey of user modelling in social media websites. In: *Computer and Information Science*, 6(4), 59-71.

Abowd, G., Dey, A., Brown, P., Davies, N., Smith, M., und Steggles, P. (1999): Towards a better understanding of context and context-awareness. In H.-W. Gellersen (Ed.), *Handheld and ubiquitous computing*, 304–307.

Andrienko, N., Andrienko, G., Fuchs, G., & Jankowski, P. (2016): Scalable and privacy-respectful interactive discovery of place semantics from human mobility traces. In: *Information Visualization*, 15(2), 117–153.

Azuma, R. T. (2017): A survey of Augmented Reality. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), 355-385.

Bartelt, L. (2017): Indoor Positionierung mit Smartphones auf Basis vorhandener Infrastruktur. Fakultät Technik und Informatik. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg.

Bartelt, L. (2015): Projektbericht: Indoor Positionierung mittels Sensor Fusion auf Smartphones. Hamburg University of Applied Science.

Batty, M. (2013): Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 274-279.

Bizer, C., Heath, T., & Berners-Lee, T. (2011): Linked data: The story so far. In *Semantic services, interoperability and web applications: emerging concepts*, 205-227.

Dainow, B. (2018): Threats to Autonomy from Emerging Technologies.  
<http://thinkmetrics.com/wp/threats-to-autonomy-from-emerging-technologies/>,  
abgerufen am 19.08.2019

Der Standard (2015): Supermarkt bringt Indoor-Navigation mit LEDs an den Start.

24.05.2015. <https://www.derstandard.at/story/2000016320814/supermarkt-bringt-indoor-navigation-mit-leds-an-den-start>, abgerufen am 07.05.2019

Der Standard (2019): Google Maps bekommt Augmented-Reality-Navigation. 11.02.2019.

<https://www.derstandard.at/story/2000097818146/google-maps-bekommt-augmented-reality-navigation>, abgerufen am 18.04.2019

Der Tagesspiegel (2017): Bahn testet am Südkreuz Kameras mit Personenerkennung.

16.04.2017. <https://www.tagesspiegel.de/berlin/videoueberwachung-in-berlin-bahn-testet-am-suedkreuz-kameras-mit-personenerkennung/19674872.html>, abgerufen am 19.04.2019

Farid, Z. Nordin, R. & Ismail, M. (2013): Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and Systems. Journal of Computer Network and Communications, 12.

Futurezone (2017): ÖBB testen Indoor-Navigation per App in Bahnhöfen. 18.12.2017.

<https://futurezone.at/apps/oebb-testen-indoor-navigation-per-app-in-bahnhoefen/300.085.611>, abgerufen am 19.04.2019

Gleim, D. (2012): Sensorgestützte WLAN-Positionsbestimmung durch maschinelle Lernverfahren zur effizienten Indoor Navigation. Universität Hamburg.

Gligoric, K., Ajmani, M., Vukobratovic, D., Sinanovic, S. (2018): Visible Light Communications Based Indoor Positioning via Compressed Sensing.

Grifoni, P., A. D'Ulizia, und F. Ferri. (2018): Context-Awareness in Location Based Services in the Big Data Era. In Mobile Big Data, edited by G. Skourletopoulos, G. Mastorakis, C. X. Mavromoustakis, C. Dobre, and E. Pallis. Cham: Springer.

Guyon, I., und Elisseeff, A. (2003): An introduction to variable and feature selection. Journal of machine learning research, 3(Mar), 1157-1182.

Günther C., Jöst M. (2016) Indoor- und Outdoor-Navigation in Smart Mobility-Szenarien. In: Flügge B. (eds) Smart Mobility. Springer Vieweg, Wiesbaden

Huang, H., Gartner, G., Krisp, J. M., Raubal, M., und Van de Weghe, N. (2018): Location based services: ongoing evolution and research agenda. In: Journal of Location Based Services, 12(2), 63-93.

Köpke, C. (2019): Indoor Location Systems. Insitut für Informatik. Ludwig-Maximilian-Universität München.

<https://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ws0607/mmi1/essays/Christian-Koepke.xhtml>,  
abgerufen am 06.06.2019

Montello D. R. (2009): Cognitive Research in GIScience: Recent Achievements and Future Prospects. Geography Compass 3 (5): 1824-1840.

Musleh, B., García, F., Otamendi, J., Armingol, J. M., und De la Escalera, A. (2010): Identifying and tracking pedestrians based on sensor fusion and motion stability predictions. In: Sensors, 10, 8028-8053.

National Institute of Building Science (2014): FREQUENTLY ASKED QUESTIONS ABOUT THE NATIONAL BIM STANDARD-UNITED STATES™.

<https://www.nationalbimstandard.org/faqs>, abgerufen am 19.08.2019.

OGC (2017): CityGML. <https://www.opengeospatial.org/standards/citygml>, abgerufen am 19.08.2019.

ÖÖ Nachrichten (2014): Bayer aus Neuzeug fertigt für die ÖBB 1200 „intelligente Schilder“. 25.01.2014. <https://www.nachrichten.at/wirtschaft/wirtschaftsraumooe/Bayer-aus-Neuzeug-fertigt-fuer-die-OEBB-1200-intelligente-Schilder;art467,1287299>, abgerufen am 11.06.2019

ÖBB Business Competence Center (2019a): Data Science – Advanced Analytics. <https://bcc.oebb.at/de/innovationen/data-science>, abgerufen am 05.06.2019

ÖBB Business Competence Center (2019b): HoloLens – unendliche Weite für Schwindelfreie. <https://bcc.oebb.at/de/innovationen/hololens>, abgerufen am 05.06.2019

ÖBB Business Competence Center (2019c): Personal Indoor Assistant (PIA). <https://bcc.oebb.at/de/innovationen/personal-indoor-assistant-pia>, abgerufen am 05.06.2019

POPTIS (2019): Pre-On-Post-Trip-Informationssystem: Wegbeschreibungen im U-Bahnnetz. <http://poptis.wl-barrierefrei.at/>, abgerufen am 29.08.2019

Retscher, G. und Fu, Q. (2010): Continous indoor navigation with RFID and INS. In: IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium.

Retscher, G. und Moser, E. (2007): Genauigkeits- und Leistungstests eines WLAN Indoor-Positionierungssystems. In: zfv 1/2007, 4-10.

Retscher, G. und Kistenich, M. (2006): Vergleich von Systemen zur Positionsbestimmung und Navigatin in Gebäuden. In: zfv 1/2006, 25-35.

Richter, K.F. (2013): Prospects and challenges of landmarks in navigation services. In: Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space, 83-97.

Rouse, M. (2019): Triangulation.

<https://www.computerweekly.com/de/definition/Triangulation>, abgerufen am 24.04.2019

Schmidt, M. (2010): Positionsbestimmung in Gebäuden. Freie Universität Berlin.

Seumenicht, N. (2008), Analyse und Bewertung vorhandener Leitsysteme zur Entwicklung von Gestaltungsempfehlungen für intuitive, innovative und sichere Leitsysteme in öffentlich zugängigen Gebäuden am Beispiel Einkaufszentrum, Universität Duisburg- Essen.

Sommer, J. (2015): Indoor Positioning Technologien für mobile Endgeräte. Analyse und prototypische Realisierung der Positionsbestimmung eines mobilen Endgeräts im Raum. Hochschule der Medien Stuttgart.

Spiegel Online (2018): Bahn testet leuchtende Bahnsteigkante. 26.02.2018.

<https://www.spiegel.de/reise/deutschland/deutsche-bahn-testet-in-stuttgart-leuchtende-bahnsteigkante-a-1195416.html>, abgerufen am 20.03.2019

Strang, T., Schubert, F., Thölert, S., Oberweis, R. et al. (2008): Lokalisierungsverfahren. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Institut für Kommunikation und Navigation.

Ugave, V. A. (2014): Smart Indoor Localization Using Machine Learning Techniques. Colorado State University.

Uradzinski, M., Guo, H., Xiaokang, L., Min, Y. (2017): Advanced Indoor Positioning Using Zigbee Wireless Technology. In Wireless Personal Communications. Volume 94, Issue 4, 6509-6518.

Wang, C., Chen, Y., Zheng, S., Liao, H. (2018): Gender and Age Differences in Using Indoor

Maps for Wayfinding in Real Environments. In: International Journal of Geo-Information. 8(1):11.

Werner, M. (2015): Indoor Location-Based Services. Springer-Verlag.

Willems, O. T. (2017): Exploring a pure landmark-based approach for indoor localisation. TU Delft. Geomatics for the Built Environment.

Zhang, D., Xia, F., Yang, Z., Yao, L. & Zhao, W. (2010): Localization technologies for indoor human tracking. 2010 5th International Conference on Future Information Technology, FutureTech 2010 – Proceeding.

Zuo, Z., Liu, L., Lei, Z., Fang, Y. (2018): Indoor Positioning based on Bluetooth Low Energy Beacons Adopting Graph Optimization. In: Sensors 2018.

## 7.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	ÖBB-Projektlandschaft im Bereich der Indoornavigation	13
Abbildung 2:	Vorschaubilder der App „ÖBB Hauptbahnhof Wien“	19
Abbildung 3:	Darstellung der mobilen Navigationslösung „mobiles Schild“ aus dem Projekt „MOVING“	25
Abbildung 4:	Darstellung der HoloLens	26
Abbildung 5:	Darstellung des „Personal Indoor Assistent“ (PIA)	28
Abbildung 6:	Kategorisierung der Navigationshilfen und -funktionen am Bahnhof	30
Abbildung 7:	Überblick zu den Navigationshilfen in der Umgebung	31
Abbildung 8:	Exemplarisches Sammelschild im Aufnahmebereich des Hauptbahnhof Wien mit Text, Pfeilen, Piktogrammen und Nummerierung	33
Abbildung 9:	Flucht- und Rettungszeichen am Hauptbahnhof Wien	35
Abbildung 10:	Gebäudeplan am Hauptbahnhof Wien	36
Abbildung 11:	Stationsplan am Hauptbahnhof Wien	37
Abbildung 12:	Umgebungsplan am Hauptbahnhof Wien	38
Abbildung 13:	Auszug aus dem webbasierten, interaktiven Gebäudeplan der BahnhofCity am Hauptbahnhof Wien	39
Abbildung 14:	Taktile Gebäudeplan am Bahnhof Marburg	40
Abbildung 15:	Leuchtende Bahnsteigkante am Bahnhof Stuttgart	43
Abbildung 16:	Leuchtende Bodenleitlinien in der U-Bahn-Station Karlsplatz	44
Abbildung 17:	Beispielhafte Darstellung eines akustischen Leit- und Informationssystems	46
Abbildung 18:	Ausschnitt aus der POPTIS-Website. Veranschaulicht wird der Umstiegsprozess von der U1 Richtung Leopoldau auf die U4 Richtung Heiligenstadt	47
Abbildung 19:	Beispielbild für das FLS-Farbleitsystem	49
Abbildung 20:	Landmarke am Hauptbahnhof Wien	51
Abbildung 21:	Beispiel für ein architekturnahes Leitsystem im Düsseldorfer „Horizon“	53
Abbildung 22:	Navigationshilfe durch den Menschen	54
Abbildung 23:	Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte	55
Abbildung 24:	Vorschaubilder der App „SBB AR“	60
Abbildung 25:	Verdunklung des Bildschirms, sobald der Anwender sich mit der Kamera bewegt	61
Abbildung 26:	Google Maps mit integrierter Augmented-Reality-Funktion.	62
Abbildung 27:	GuideMe-Hilfsservice mit Audio, Video und Datenkanal	63
Abbildung 28:	Veranschaulichung der Augmented Reality-Funktion in der ÖBB-App Scotty	63

Abbildung 29:	Zusammenfassender Überblick über technologische Verfahren und Methoden der Indoornavigation	64
Abbildung 30:	Zusammenfassender Überblick über die verfügbaren Sensoren und Signale zur Positionsbestimmung	74
Abbildung 31:	Illustration des Triangulationsverfahrens: oben über den Radialabstand und unten über Richtung des Signals	75
Abbildung 32:	Interaktiver Terminal am Promenadenbahnhof Leipzig	82
Abbildung 33:	Exemplarische Darstellung eines Assistenzroboters (Shanghai Hongqiao Railway Station)	82
Abbildung 34:	Informationsterminal der Wiener Linien am Hauptbahnhof Wien	83
Abbildung 35:	Use Case zur Untersuchung der ÖBB-App	91
Abbildung 36:	Use Case zur Untersuchung der Google-Indoor-App	93
Abbildung 37:	Mittlere Fixationshäufigkeiten	97
Abbildung 38:	Aufgabenschwierigkeit im Use Case ÖBB-App	98
Abbildung 39:	Vergleich der Wegstrecke von jüngeren Probanden mit (linke Abbildung) und ohne App (rechte Abbildung)	100
Abbildung 40:	Vergleich der Wegstrecke von älteren Probanden mit (linke Abbildung) und ohne App (rechte Abbildung)	101
Abbildung 41:	Positionierung der Gebäudepläne	106
Abbildung 42:	Umsetzungsdringlichkeit, Umsetzungsdauer, grob geschätzter Kostenaufwand und interne bzw. interne & externe Umsetzungsmöglichkeit der Empfehlungen	124
Abbildung 43:	Kategorisierung der Navigationshilfen und -funktionen am Bahnhof	125
Abbildung 44:	Digitalisierung des Bahnhofs	126
Abbildung 45:	Verschiedene Arten von Kontextfaktoren, die für Navigationssysteme relevant sein könnten	131
Abbildung 46:	Ein Beispiel für Navigation auf Smartwatches	134
Abbildung 47:	Augmented Reality wird im Nordterminal von Gatwick eingesetzt	135
Abbildung 48:	Ein Beispiel für die kollaborative Navigation	136

### 7.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Berichtstruktur .....	11
Tabelle 2: Kurzübersicht zu Schilderarten am Bahnhof .....	32
Tabelle 3: Kurzübersicht zu Leitlinien und Leitsignalen (inkl. Vorgaben aus der Wegleitplanung) .....	41
Tabelle 4: Übersicht zu Landmarken am Bahnhof .....	52
Tabelle 5: Überblick über die Funktionen ausgewählter internationaler Indoornavigationsapps.....	58
Tabelle 6: Übersicht über Methoden der Positionsbestimmung .....	80
Tabelle 7: Bahnhofskategorien im Projekt „Indoornavigation“ .....	87
Tabelle 8: Demografische Daten .....	94
Tabelle 9: Übersicht zu den vorgestellten Empfehlungen .....	120

## 8. ANHANG

### 8.1. Evaluierung der Navigationshilfen durch die Umgebung

#### Navigationshilfe: Schilder mit Text – einsprachige Schilder

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Schilder mit Text – einsprachige Schilder“.

**Navigationshilfe: Schilder mit Text – mehrsprachige bzw. englische Schilder**

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

**Legende**

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Schilder mit Text – mehrsprachige bzw. englische Schilder“.

### Navigationshilfe: Schilder mit Pfeilen

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Schilder mit Pfeilen“.

### Navigationshilfe: Schilder mit Piktogrammen

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Schilder mit Piktogrammen“.

### Navigationshilfe: Schilder mit Nummerierungen

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Schilder mit Nummerierungen“.

### Navigationshilfe: Farbcodierte Schilder

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Farbcodierte Schilder“.

### Navigationshilfe: Taktile Schilder

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Taktile Schilder“.

### Navigationshilfe: Flucht- und Rettungsschilder

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Flucht- und Rettungsschilder.“

### Navigationshilfe: Dynamische Schilder

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Dynamische Schilder“.

### Navigationshilfe: Intelligente Schilder

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Intelligente Schilder“.

### Navigationshilfe: Gebäudeplan

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Gebäudeplan“.

### Navigationshilfe: Stationsplan

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Stationsplan“.

### Navigationshilfe: Umgebungsplan

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Umgebungsplan“.

### Navigationshilfe: Interaktiver digitaler Plan

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Interaktiver digitaler Plan“.

### Navigationshilfe: Taktiles Gebäudeplan

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Taktiles Gebäudeplan“.

### Navigationshilfe: Farbcodierter Plan

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Farbcodierter Plan“.

### Navigationshilfe: Taktile Bodeninformation

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Taktile Bodeninformation“.

### Navigationshilfe: Taktile Handläufe

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Taktile Handläufe“.

### Navigationshilfe: Dynamische Wegeleitung mit (LED-)Leuchtstreifen

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Dynamische Wegeleitung mit (LED-)Leuchtstreifen“.

### Navigationshilfe: LED-Lampen

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „LED Lampen“.

### Navigationshilfe: Akustische Signale

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Akustische Signale“.

### Navigationshilfe: Langnachleuchtende Materialien

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Langnachleuchtende Materialien“.

### Navigationshilfe: Farbcodierung von Gebäudebereichen bzw. Ebenen

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Farbcodierung von Gebäudebereichen bzw. Ebenen“.

### Navigationshilfe: Dynamische Fahrgastinformation

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Dynamische Fahrgastinformation“.

### Navigationshilfe: Landmarken

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationshilfe „Landmarken“.

## 8.2. Evaluierung der Navigationshilfen durch den Menschen

### Navigationshilfe: Mensch

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationshilfe „Mensch“.

### 8.3. Evaluierung der Navigationsfunktionen digitaler Endgeräte

#### Navigationsfunktion: Darstellungsfunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Darstellungsfunktion“.

### Navigationsfunktion: Routingfunktion bzw. barrierefreie Routingfunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
	dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationsfunktion „Routingfunktion bzw. barrierefreie Routingfunktion“.

### Navigationsfunktion: Audiofunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Audiofunktion“.

### Navigationsfunktion: Quicklink-Funktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Quicklink-Funktion“.

### Navigationsfunktion: Beschwerde- und Feedbackfunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Beschwerde- und Feedbackfunktion“.

### Navigationsfunktion: Vibrationsfunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Vibrationsfunktion“.

### Navigationsfunktion: Abfragefunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
	hoch	hoch

Evaluierung der Navigationsfunktion „Abfragefunktion“.

### Navigationsfunktion: Benachrichtigungsfunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
	individualisierbar	nicht individualisierbar

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
	groß	

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Benachrichtigungsfunktion“.

### Navigationsfunktion: Übergangsfunktion (Indoor zu Outdoor)

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
keine Einschränkung			

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Übergangsfunktion (Indoor zu Outdoor)“.

### Navigationsfunktion: Assistenzfunktion

Zielgruppe	Körperliche Einschränkung	Alter	Ethnie
	Seheinschränkung	jung	deutschsprachig
	Höreinschränkung	alt	nicht-deutschsprachig
	körperliche Einschränkung		
	geistige Einschränkung		
	keine Einschränkung		

Technologische Merkmale	Charakter	Vorteile	Nachteile
	klassische Navigationshilfe	robust	wartungsaufwändig
	innovative Navigationshilfe	zuverlässig	aktualisierungsaufwändig
	statische Information	synchronisierungsfähig	abhängig von Spezialtechnologie
dynamische Information	durchgehend installierbar	punktuell installierbar	

Kundenorientierte Merkmale	Vorteile	Nachteile
	eindeutig	fehlinterpretationsanfällig
	leicht erfassbar	schwer erfassbar
	einheitlich	nicht einheitlich
	leicht zugänglich	schwer zugänglich
individualisierbar	nicht individualisierbar	

#### Legende

trifft zu
trifft nicht zu

Anwendungsgebiet	Bahnhofskategorie	Barrierefreiheit
	klein	barrierefrei
	mittel	nicht barrierefrei
groß		

Kosten	Installationskosten	Instandhaltungskosten
	gering	gering
	mittel	mittel
hoch	hoch	

Evaluierung der Navigationsfunktion „Assistenzfunktion“.