

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonom fahrenden Bussen



Verbundprojekt Ride4All – Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

März 2022

PROJEKT

Ride4All – Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse

PROJEKTPARTNER

Kreis Soest (Verbundkoordination)
Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH
Stadt Soest
LWL-Berufsbildungswerk Soest
GeoMobile GmbH
Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS)
eagle eye technologies GmbH

FÖRDERUNG

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) förderte das Projekt im Rahmen der Förderrichtlinie „Automatisiertes und vernetztes Fahren“ mit einer Summe von 2,28 Mio. Euro.

PROJEKTVOLUMEN

2,64 Mio. Euro (davon 2,28 Mio. Euro Förderanteil)

PROJEKTLAUFZEIT

01.01.2020 - 31.12.2021

AUTORENSCHAFT

Interlink GmbH, Wallstraße 58, 10179 Berlin

Autorinnen und Autoren: Liss Böckler, Markus Friebe, Holger Michelmann, Raven Musialik, Linsey Stohr, Julia Wolf, Alexander Zielinski

TITELBILD

Kreis Soest, Thomas Weinstock

VERÖFFENTLICHUNG

16.03.2022

Bei Rückfragen wenden Sie sich bitte an den Kreis Soest:

Jörn Peters

joern.peters@kreis-soest.de

02921 30 - 2364

Andreas Rathöfer

andreas.rathoefer@kreis-soest.de

02921 30 - 2576

Hanna Schulte

hanna.schulte@kreis-soest.de

02921 30 - 3829

Gunnar Wolters

gunnar.wolters@kreis-soest.de

02921 30 - 2272

Waldemar Janzen

waldemar.janzen@kreis-soest.de

02921 30 - 3967

Zusammenfassung

Autonom fahrende Straßenfahrzeuge gelten als Schlüsseltechnologie der Zukunft, um das Mobilitätsangebot zu erweitern, es mehr Menschen zugänglich zu machen und gleichzeitig den Verkehr effizienter, emissionsärmer und sicherer zu gestalten. Bei dem Projekt „Ride4All“ wurden die technologischen Entwicklungen aufgegriffen und ein automatisierter Kleinbus in den Regelbetrieb des ÖPNV in der Stadt Soest integriert. Einen Schwerpunkt bildeten die Erforschung und Evaluation der sozialen Akzeptanz und der barrierefreien Nutzbarkeit. Um die zukünftige Bedienbarkeit von Fahrzeugen, Mobilitäts-Apps und Mobilitätssystemen für sinnes- und mobilitätseingeschränkte Menschen sicherzustellen, müssen die Anforderungen dieser Nutzergruppe frühzeitig in die Entwicklung eingebracht werden. Als Beitrag zu diesem Ziel wurden im Projekt nach erfolgreicher Etablierung der Teststrecke und der Integration des Shuttle-Busses in die Smartphone-App „mobil info“ von Juli bis Oktober 2021 empirische Daten im Rahmen von Gruppen-Workshops und Einzelinterviews erhoben. Es galt zum einen zu ermitteln, welche Voraussetzungen notwendig sind, damit ein autonomer Shuttle-Bus in Zukunft selbständig genutzt werden kann und zum anderen wie die Anwendbarkeit der „mobil info“-App beurteilt wird. Außerdem wurden Bedenken abgefragt und wie diese verringert werden können. Mit rund 100 sinnes- und mobilitätseingeschränkten Studienteilnehmenden, Fachexpertinnen und -experten wurden Testfahrten, Beobachtungen und Befragungen durchgeführt. Der Gesamteindruck von der Testfahrt war überwiegend positiv, wobei das Sicherheitsgefühl im Shuttle oft mit dem an Bord befindlichen Operator, den geringen Fahrgeschwindigkeiten und der Anschnallpflicht assoziiert wurde. Insgesamt zeichnete sich eine deutliche Nutzungsbereitschaft für die Zukunft ab. Die Studienteilnehmenden wiesen u. a. auf fehlende oder verbesserungsbedürftige Ausstattungsmerkmale und Grundsätze hin: Das Zwei-Sinne-Prinzip ist bei allen Funktionen und Informationen zu beachten, die ein Fahrgast benötigt. Obwohl Smartphone-Anwendungen eine hilfreiche Unterstützung im Mobilitätsalltag darstellen können, müssen immer auch Alternativen für Menschen ohne eigenen technischen Zugang geboten werden. Bei E-Fahrzeugen ist ein deutlich wahrnehmbares akustisches Fahrzeug-Warnsystem (AVAS) erforderlich. Kennzeichnungen und Beschilderungen müssen eine große Schriftgröße und deutlichen Kontrast aufweisen sowie bei Dunkelheit erkennbar sein. Außenansagen mit Angabe von Liniennummer und Fahrtrichtung sind bei Bedarf erforderlich (das Fahrpersonal entfällt zukünftig als Rückfallebene und Informationsquelle). Auch an der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Haltestelle/Bordstein sind Barrieren zu vermeiden. Verbleibende Resthöhen und Spalte müssen zuverlässig mit einer automatisierten Rampe überbrückt werden können. Für Rollstuhlfahrende muss ein Personen- und Rollstuhlrückhaltesystem verbaut werden, das eigenständig nutzbar ist. Die Ergebnisse wurden in Form von Handlungsempfehlungen zum Abbau sozialer Ängste sowie für eine barrierefreie (Weiter-)Entwicklung automatisierter Fahrzeugsysteme, des ÖPNV-Betriebs, von Smartphone-Anwendungen und der Haltestelleninfrastruktur festgehalten.

Abstract

Autonomous road vehicles are considered to be a key technology for the future development of the mobility system, making it accessible to more people while making traffic more efficient, lower in emissions and safer. In the "Ride4All" project, these technological developments were taken up and an automated minibus was integrated into regular public transport operations in the city of Soest. One main focus was the research and evaluation of social acceptance and barrier-free usability. In order to ensure the future usability of vehicles, mobility apps and mobility systems for people with sensory and mobility impairments, the requirements of this user group must be incorporated into the development at an early stage. To contribute to this goal, the project collected empirical data in group workshops and individual interviews from July to October 2021 after the successful establishment of the test route and the integration of the shuttle bus into the smartphone app "mobil info". The aim was to determine which requirements are necessary for an autonomous shuttle bus to be used independently in the future, how the usability of the "mobil info" app is assessed, what concerns exist and how these could be reduced. Test drives, observations and interviews were carried out with around 100 sensory- and mobility-impaired study participants and experts. The overall impression of the test ride was predominantly positive, with the feeling of safety often associated with the presence of an operator on board, low travel speeds, and the mandatory wearing of seat belts. Overall, there was a clear willingness to use the service in the future. Among other things, the study participants pointed out features and principles that were missing or in need of improvement: The two-sense principle must be observed for all functions and information a passenger needs. Although smartphone applications can provide helpful support in everyday mobility, alternatives must always be offered for people without their own technical access. An Acoustic Vehicle Alert System is required to improve the perceptibility of e-vehicles. Markings and signs must have a large font size and clear contrast and be recognizable in the dark. Exterior announcements indicating line number and direction of travel are required on demand (in the future, the driving personnel will no longer be present as a fallback level and source of information). Barriers should also be avoided at the interface between the vehicle and the stop/curb. Remaining heights and gaps must be reliably bridged with an automated ramp. For wheelchair users, a restraint system must be installed that can be used independently. The results were recorded in the form of recommendations for action to reduce social fears and for barrier-free development of automated vehicle systems, public transport operation, smartphone applications and bus stop infrastructure.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	X
1. Das Projekt „Ride4All“	11
1.1. Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele.....	11
1.2. Problemstellung	12
1.3. Aufbau und Ziele des Konzeptes.....	14
2. Stand der Wissenschaft und Technik	16
2.1. Begriffsdefinitionen.....	16
2.2. Automatisierte ÖPNV-Fahrzeuge	21
2.3. Soziale Akzeptanz.....	23
2.4. Barrierefreiheit im Ö(PN)V.....	35
2.5. Smartphone-basierte Mensch-Maschine-Schnittstellen	57
3. Begleitforschung im Projekt „Ride4All“	62
3.1. Forschungsziele	62
3.2. Forschungsdesign.....	63
3.3. Fahrzeugsystem.....	72
3.4. Teststrecke	81
3.5. Ergebnisse	83
4. Handlungsempfehlungen.....	98
4.1. Fahrzeugsysteme.....	98
4.2. ÖPNV-Betrieb	103
4.3. Smartphone-Anwendungen.....	104
4.4. Haltestellen	106
4.5. Abbau sozialer Bedenken.....	107
Literaturverzeichnis	VI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: SAE J3016TM-Level des automatisierten Fahrens	19
Abbildung 2: Aufbau einer Kaphaltestelle	41
Abbildung 3: Aufbau einer Haltestelle am Fahrbahnrand.....	43
Abbildung 4: Aufbau einer Haltestellenbucht	44
Abbildung 5: Altersstruktur der Stichprobe.....	67
Abbildung 6: Anteile der jeweils höchsten Bildungsabschlüsse unter den Teilnehmenden im Vergleich mit bundesweiter Verteilung.....	69
Abbildung 7: Anteil der verschiedenen Behinderungen in der Stichprobe im Vergleich mit bundesweiter Verteilung	71
Abbildung 8: SOfia-Shuttle an der Haltestelle LWL-Berufsbildungswerk.....	73
Abbildung 9: Zielschild an der Fahrzeugfront.....	74
Abbildung 10: Elektrische Rampe.....	75
Abbildung 11: Verankerungspunkte für die Rollstuhlsicherung	75
Abbildung 12: Anordnung der Taster mit Ansicht des äußeren Türbereichs (links) und der rechten Seite des Innenraums (rechts).....	76
Abbildung 13: Position der Fahrgastanzeige im Fahrzeuginnenraum	76
Abbildung 14: Manuelle Steuerungseinheit des EZ 10.....	77
Abbildung 15: Montage des Smartphones an der Seitenscheibe neben der Tür des Shuttle-Busses	79
Abbildung 16: Beispiel für die Erkennung eines Rollstuhlfahrers und Kinderwagens an der Haltestelle des LWL	79
Abbildung 17: Optische Marker garantieren eine hohe Navigationsgenauigkeit (links). Blinder Nutzer lässt sich durch die Navigations-App zum Shuttle-Bus an der Haltestelle „LWL“ führen (rechts).....	81
Abbildung 18: Streckenverlauf der automatisierten Shuttle-Bus Linie A1 in Soest.....	82
Abbildung 19: Fahrplan der Linie A1 mit Gültigkeit vom 30.08. - 17.12.2021	82
Abbildung 20: Nutzung verschiedener Verkehrsmittel durch Teilnehmende	83
Abbildung 21: Häufigkeit der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel.....	84

Abbildung 22: Angabe der Gründe zur Wahl der Verkehrsmittel durch die Teilnehmenden ..	86
Abbildung 23: Bedarf nicht-technischer Unterstützung	87
Abbildung 24: Bedarf nicht-technischer Assistenz nach Häufigkeit und Verkehrsmittel.....	88
Abbildung 25: Risiko für ungewolltes Auslösen der Taster im Haltestangen-Bereich.....	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht automatisierter Shuttle-Projekte in Deutschland in alphabetischer Reihenfolge	28
Tabelle 2: Vorgaben zur Haltestellenbreite	38
Tabelle 3: Vorgaben zur Ausgestaltung des Leitsystems.....	39
Tabelle 4: Vor- und Nachteile von Kaphaltestellen	42
Tabelle 5: Vor- und Nachteile von Haltestellen am Fahrbahnrand	43
Tabelle 6: Vor- und Nachteile von Haltestellenbuchten.....	45
Tabelle 7: Vorschriften für technische Einrichtungen für Fahrgäste mit eingeschränkter Mobilität.....	47
Tabelle 8: Prinzipien bei der Kundenkommunikation	51
Tabelle 9: Zusammenstellung der Teilnehmergruppe mit Fachexperten und -expertinnen ...	72
Tabelle 10: Nutzung digitaler Unterstützungstools.....	86

Abkürzungsverzeichnis

App	Applikation
AVAS	Acoustic Vehicle Alert System
AVF	Automatisiertes und vernetztes Fahren
BGG	Behinderten-Gleichstellungs-Gesetz
BLE	Bluetooth Low Energy
BOKraft	Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr
BOStrab	Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung
DFI	Dynamische Fahrgastinformation
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EAÖ	Empfehlung für Anlagen im öffentlichen Personennahverkehr
EN	Europäische Norm
F&E	Forschung und Entwicklung
GPS	Global Positioning System
KI	Künstliche Intelligenz
Lidar	Light detection and ranging
LWL-BBW	LWL-Berufsbildungswerk Soest
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle
NVP	Nahverkehrsplan
ODD	Operational Design Domain
ÖV	Öffentlicher Verkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
POI	Points of Interest
RASt	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
RLG	Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH
StvG	Straßenverkehrsgesetz
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
TA	Technische Aufsicht

1. Das Projekt „Ride4All“

Autonom und damit ohne fahrzeugführende Person fahrende Straßenfahrzeuge sollen zukünftig dazu beitragen, das Mobilitätsangebot zu erweitern und gleichzeitig den Verkehr effizienter, emissionsärmer und sicherer zu gestalten. Eine wesentliche Rolle zur Lösung der aktuellen Verkehrsprobleme (Stau, Emissionen, Parkflächen in den Städten etc.) kommt dabei dem öffentlichen Verkehr (ÖV) zu. Mithilfe der neuen Technologie sollen beispielsweise kleinere Fahrzeuggrößen das Angebot der stärker gebündelten Linien ergänzen, Gebiete und Zeiten mit geringerer Nachfrage erschließen und mehr Flexibilität unabhängig vom motorisierten Individualverkehr (MIV) ermöglichen.¹

Diese technologischen Entwicklungen werden bei dem Projekt „Ride4All“ aufgegriffen und insbesondere hinsichtlich der Aspekte der Barrierefreiheit und Akzeptanz bearbeitet. Es ist eine Tatsache, dass Menschen mit Behinderungen weniger reisen als eine Vergleichsgruppe ohne Behinderungen, unabhängig von Alter, Beschäftigungsstatus und Fahrzeugbesitz im Haushalt.² Einer der Vorteile des autonomen Fahrens wird darin gesehen, dass die Mobilität von Menschen mit Behinderungen verbessert werden kann und damit u. a. der Zugang zu medizinischer Versorgung und Beschäftigungsverhältnissen.³

Es handelt sich bei „Ride4All“ um ein Verbundprojekt im Rahmen der Förderung „Automatisiertes, Vernetztes Fahren – zukunftsfähige Mobilitätssysteme“ des Bundesverkehrsministeriums mit einer Laufzeit von zwei Jahren. Die Verbundprojektleitung obliegt dem Kreis Soest. Die Stadt Soest, die Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (RLG), die GeoMobile GmbH, das LWL-Berufsbildungswerk Soest (LWL-BBW), das Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme und die eagle eye technologies GmbH komplettieren das Projektkonsortium.

1.1 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Neben der Erforschung der inklusiven Anforderungen, war ein Ziel des „Ride4All“-Projektes die Integration eines automatisiert fahrenden Kleinbusses⁴ in den Regelbetrieb des bestehenden Stadtbussystems der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH in der Stadt Soest. Dazu sollte u. a. die in den Fahrzeugen der RLG eingesetzte Hardware in einen automatisierten Bus integriert werden. Darauf aufbauend sollte im Schwerpunkt die inklusive Nutzung und barrierefreie

¹ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015); Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2015).

² Brumbaugh (2018), Des Cagnet (2019).

³ Dicianno (2021).

⁴ In der Branche auch Mini-, Shuttle-Bus, Shuttles oder People-Mover genannt.

Bedienung autonom fahrender Busse im „Design for All“ entwickelt, konzeptionell erfasst und evaluiert werden.

Die Kernziele des Projektes waren:

- Etablierung einer Teststrecke im Realbetrieb des ÖPNV im städtischen und ländlichen Raum unter Betrachtung gesellschaftlicher und sozialer Akzeptanz,
- Entwicklung einer digitalen barrierearmen Reiseassistenz und Navigationshilfe innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs, auf dem Weg zum Fahrzeug und dem weiteren Fußweg zum gewünschten Ziel,
- Entwicklung einer prototypischen App auf Basis der Mobilitäts-App „mobil info“ der RLG für die Bedienung und Kommunikation zur Nutzung des Fahrzeuges durch sinnes- und mobilitätseingeschränkte Menschen,
- Erprobung einer Smartphone-basierten Kommunikation mit dem Fahrzeug über Bluetooth Low Energy (BLE) zur Auslösung des Zustiegswunsches, des Tür-Finde-Signals⁵, eines Haltewunsches sowie ein digitaler Auslöser für Rückfallebenen in Notsituationen und
- Betrachtung hochgenauer Geodaten im Kontext mit der Fahrzeugsensorik.

Somit sollte ein funktionales und digital vernetztes Mobilitätssystem entwickelt werden, das auf Basis eines automatisiert fahrenden Fahrzeuges eine Erprobung und Evaluierung für Menschen mit Mobilitäts- und Sinneseinschränkungen im Alltag einer ÖPNV-Struktur ermöglicht.

1.2 Problemstellung

„Mobilität bedeutet gesellschaftliche Teilhabe, Unabhängigkeit und Lebensqualität.“⁶ Wie für konventionelle Mobilitätsangebote gilt auch für solche mit Einsatz automatisiert fahrender Fahrzeuge der Grundsatz der Barrierefreiheit, um die gleichberechtigte Teilhabe aller Menschen am gesellschaftlichen Leben zu ermöglichen. Menschen mit langfristigen körperlichen, seelischen, geistigen oder Sinnesbeeinträchtigungen stehen in vielen Alltagssituationen vor Herausforderungen, so auch in der Mobilität. In Deutschland leben 7,9 Millionen Menschen

⁵ Ein akustisches Tür-Finde-Signal wird im Türbereich des Fahrzeuges abgegeben, wenn ein Fahrgast mithilfe der Smartphone-Anwendung „mobil info“ des Projektpartners GeoMobile GmbH die Funktion aktiviert. Es dient Menschen mit Seheinschränkungen dazu, das Fahrzeug mit der gewünschten Buslinie und den Einstiegsbereich akustisch aufzufinden.

⁶ Deutscher Behindertenrat, Bundesverband Deutscher Omnibusunternehmer (2017).

mit Schwerbehinderung, was rund 9,5 Prozent der Bevölkerung ausmacht.⁷ Obwohl diese Gruppe einen signifikanten Anteil der Bevölkerung darstellt, werden ihre Belange häufig nicht ausreichend berücksichtigt und die soziale Teilhabe eingeschränkt, auch wenn gerade im öffentlichen Sektor in den letzten Jahren schon viele Fortschritte erzielt wurden (gesetzliche Regelungen und technische Standards). Das 2013 im PBefG festgelegte Ziel, den öffentlichen Nahverkehr bis Anfang 2022 vollständig barrierefrei nutzbar zu machen, wird jedoch „absehbar deutlich verfehlt“.⁸ Die öffentliche Infrastruktur, das ÖPNV-Angebot, Informationszugänge, die Ausstattung von Fahrzeugen und mobilitätsbezogene Smartphone-Anwendungen etc. sind trotz umfangreicher Maßnahmen oftmals nicht ausreichend auf die Bedürfnisse der betroffenen Personenkreise ausgerichtet.⁹

Je nach Ausprägung und Grad der Behinderung ergeben sich zudem unterschiedliche Nutzungsschwierigkeiten, weswegen es das Ziel sein muss, einer größtmöglichen Vielfalt von Menschen eine selbständige Nutzung zu ermöglichen. Es entstehen beispielsweise Herausforderungen bei der Wahrnehmbarkeit wichtiger Fahrgastinformationen, beim Auffinden der passenden Buslinie, bei Betriebsstörungen oder der Orientierung im Fahrzeug selbst. Durch den Wegfall des Fahrpersonals kann sich die Problemlage zukünftig sogar verschärfen, da die Fahrgäste nicht mehr auf menschliche Hilfestellung zurückgreifen können. Mit dem autonomen Fahren können zudem Bedenken oder Ängste verknüpft sein, da es sich um eine neue Technologie und neuartige Fahrzeuge handelt, mit denen die Menschen aufgrund mangelnder eigener Erfahrungen noch nicht vertraut sind. Sowohl mangelnde Akzeptanz als auch unrealistisch positive Erwartungen können sich als neue Herausforderungen ergeben. Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass automatisierte Shuttle-Busse zukünftig voraussichtlich häufig in flexiblen, bedarfsgesteuerten Bedienformen eingesetzt werden und die bauliche Infrastruktur an Ein-/Ausstiegsorten sowie die Fahrzeugausstattung trotzdem anspruchsgerecht gestaltet werden müssen. Bei derzeitigen Anrufsammeltaxis und Rufbussen werden die Interessen von Menschen mit Behinderungen nur unzureichend berücksichtigt. Die Chance liegt jedoch darin, dass sich die Flexibilität und Verfügbarkeit des ÖPNV für alle erhöhen wird, wenn auf die

⁷ Destatis (2020).

⁸ Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021a).

⁹ Im öffentlichen Sektor schreiben das Behindertengleichstellungsgesetz (BGg) und entsprechende Landesgesetze Barrierefreiheit vor. In der gewerblichen Personenbeförderung ist u. a. das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) einschlägig, welches in § 8 das Ziel einer vollständigen Barrierefreiheit im öffentlichen Nahverkehr vorgibt.

barrierefreie Nutzungsmöglichkeit für behinderte Menschen geachtet wird. Wenn in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen ungehindert und selbstständig automatisierte oder autonome Shuttles im Sinne eines „Designs für alle“ nutzen können, profitieren davon auch andere Nutzergruppen wie zum Beispiel Personen mit Kinderwagen, Reisende mit Gepäck, ältere Fahrgäste mit Rollatoren oder Menschen, die der Landessprache nicht (ausreichend) mächtig sind.¹⁰ Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, bereits im aktuell noch frühen Entwicklungsstadium der neuen Technologie des autonomen Fahrens anzusetzen, um die Belange der Menschen mit Behinderungen im Sinne einer barrierefreien und inklusiven Ausgestaltung der Mobilität aufzunehmen und einzubringen. Als Beitrag zu diesem Ziel wurde das vorliegende Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz im Rahmen des Projektes „Ride4All“ erarbeitet.

1.3 Aufbau und Ziele des Konzeptes

Automatisiertes und vernetztes Fahren im ÖPNV gilt als eine Schlüsseltechnologie der Zukunft und soll allen Menschen Zugang zu Mobilität ermöglichen. Neben der Integration eines automatisierten Kleinbusses in den Regelbetrieb des ÖPNV in der Stadt Soest, bilden die Erforschung und Evaluation der sozialen Akzeptanz, der inklusiven Nutzung und der barrierefreien Bedienung automatisierter Kleinbusse den zweiten und Hauptschwerpunkt des Projektes. Folgende Fragestellungen werden durch das vorliegende „Ride4All“-Konzept adressiert:

Stand der Wissenschaft und Technik

- Wie ist der aktuelle Stand bei der Erforschung der sozialen Akzeptanz und der Barrierefreiheit von automatisierten Kleinbussen?
- Welche Vorschriften zum Thema Barrierefreiheit von Haltestellen und Fahrzeugen im ÖPNV sind vorhanden?
- Welche laufenden Entwicklungen gibt es im Bereich der barrierefreien Gestaltung von Mobilitätsketten und Mobilitäts-Apps (Smartphone-basierte Mensch-Maschine-Schnittstellen zwischen Fahrgästen und Fahrzeug)?

Befragung von potenziellen Nutzerinnen und Nutzern mit Mobilitätseinschränkungen

- Welche Bedenken bestehen bei der selbständigen Nutzung von autonomen Shuttle-Bussen und was müsste geschehen, um diese zu verringern?

¹⁰ Azad et al. (2019); Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021a, 2021b); Maetzel et al. (2021); Mantel & Diebold (2020).

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

- Welche Herausforderungen entstehen bei der Nutzung des automatisierten Shuttle-Busses SOfia sowie im ÖPNV allgemein und welche Voraussetzungen halten die Studienteilnehmenden für notwendig, damit sie einen autonomen Shuttle-Bus in Zukunft selbständig nutzen können?
- Wie wird die Anwendbarkeit der Mobilitäts-App „mobil info“ im Zusammenhang mit der Nutzung des automatisierten Shuttle-Busses SOfia beurteilt?

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Gesamtsystems automatisierter Kleinbus-Verkehr im ÖPNV

- Welche Handlungsempfehlungen können zur qualifizierten Weiterentwicklung und Verbesserung von Fahrzeugsystemen, des ÖPNV-Betriebs, von Smartphone-Anwendungen und der Haltestelleninfrastruktur abgeleitet werden?
- Welche Empfehlungen können zur Bildung von DIN- bzw. EN-Normen im Bereich der Barrierefreiheit von automatisierten Kleinbussen und Haltestellennutzung ausgesprochen werden?
- Welche Handlungsempfehlungen zum Abbau sozialer Ängste und Bedenken der Nutzergruppen mit Behinderungen können abgeleitet werden?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde zunächst der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik (Akzeptanz, Fahrzeuge, Mobilitäts-Apps, Haltestellen, Barrierefreiheit, relevante DIN- und EN-Normen) im Rahmen einer umfassenden Literaturrecherche ermittelt und strukturiert zusammengefasst. Hierbei wurde auch graue Literatur berücksichtigt, um die schnelle Entwicklung der noch sehr dynamisch wachsenden Branche rund um das automatisierte Fahren umfassend berücksichtigen zu können. Die Inhalte dieses Konzeptes beschränken sich auf den ÖPNV im Straßenverkehr (nicht auf der Schiene). Auf dem Status quo aufbauend wurde das Forschungsdesign für die Befragung von Testfahrenden in Bezug auf barrierefreie Mobilität als Weiterführung und Ergänzung erstellt. Ziel der Arbeiten ist es, die frühzeitige Berücksichtigung der Interessen von Menschen mit Behinderung bei der Entwicklung des Gesamtsystems eines ÖPNV-Angebots mit autonomen Fahrzeugen sicherzustellen. Mit Vertreterinnen und Vertretern der verschiedenen potenziellen Nutzergruppen von automatisierten ÖPNV-Shuttle-Bussen wurden von Juli bis Oktober 2021 Workshops und Einzelinterviews durchgeführt und wissenschaftlich ausgewertet. Abschließend wurden aus den Studienergebnissen Handlungsempfehlungen für die qualifizierte Weiterentwicklung und Verbesserung von automatisierten ÖPNV-Fahrzeugen, Smartphone-Anwendungen, Haltestellen und zum Abbau von sozialen Bedenken formuliert. Die Ergebnisse sollen zum einen den Forschungsstand zur Barrierefreiheit erweitern und zum anderen einen Beitrag zur inklusiven Entwicklung innovativer Technologien zum automatisierten und vernetzten Fahren im ÖPNV leisten.

2. Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Begriffsdefinitionen

Mobilitätseingeschränkte Fahrgäste

Menschen mit Behinderung können zu der Nutzergruppe der mobilitätseingeschränkten Fahrgäste gezählt werden. Laut der in Deutschland gültigen sozialgesetzlichen Definition gelten Menschen als behindert, „wenn ihre körperliche Funktion, geistige Fähigkeit oder seelische Gesundheit mit hoher Wahrscheinlichkeit länger als sechs Monate von dem für das Lebensalter typischen Zustand abweichen und daher ihre Teilhabe am Leben in der Gesellschaft beeinträchtigt ist.“¹¹ Das Gesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen problematisiert diesbezüglich den Umstand, dass betroffene Personen „in Wechselwirkung mit einstellungs- und umweltbedingten Barrieren an der gleichberechtigten Teilhabe an der Gesellschaft [gehindert werden].“¹² Das Personenbeförderungsrecht (PBefG) fordert allgemeiner: „Die Belange der in ihrer Mobilität oder sensorisch eingeschränkten Menschen“ müssen im öffentlichen Personennahverkehr beachtet werden.¹³

Zu dem Kreis der „mobilitätseingeschränkten“ Personen gehören jedoch auch andere Personengruppen. Menschen mit sehr unterschiedlichen Schwierigkeiten und Fähigkeiten, die aufgrund des Zustandes der vorhandenen Bauten, Anlagen, Dienstleistungen oder Verkehrsmittel in der Zugänglichkeit und Nutzbarkeit begrenzt werden. Ein Drittel der Gesamtbevölkerung kann zur mobilitätseingeschränkten Nutzergruppe gezählt werden. Gründe für die Schwierigkeiten können körperliche, sensorische oder geistige Merkmale sein. Besonders häufig betrifft es Menschen mit Sehbehinderungen (Sehstörungen bis Blindheit), Gehbehinderungen (unsicheres Gehen bis Rollstuhlfahren), Hörbehinderungen (Schwerhörigkeit bis Taubheit) oder Klein- und Großwüchsigkeit. Auch ältere Menschen, kleine Kinder, vorübergehend Kranke, Schwangere oder Personen mit Kinderwagen oder schwerem Gepäck profitieren von einer barrierefreien Gestaltung des Systems des öffentlichen Verkehrs, obwohl sie teilweise nur über einen begrenzten Zeitraum in ihrer Mobilität eingeschränkt sind. Häufig vorkommende Barrieren bei baulichen Anlagen, Fahrzeugen oder Informations- und

¹¹ § 2 Abs. 1 Sozialgesetzbuch Neuntes Buch (SGB IX).

¹² § 3 Behindertengleichstellungsgesetz (BGG).

¹³ § 8 Abs. 3 S. 3 Personenbeförderungsgesetz (PBefG).

Kommunikationseinrichtungen verhindern die selbstbestimmte Mobilität. In Deutschland ist die Verbesserung von Mobilitätschancen für alle Menschen als bedeutendes gesellschaftspolitisches Ziel anerkannt, was sich unter anderem durch gesetzliche Vorgaben für einen barrierefreien öffentlichen Personennahverkehr zeigt.¹⁴

Barrierefreiheit

Der Begriff Barrierefreiheit wird im Bundesgesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz, kurz: BGG) folgendermaßen definiert: „Barrierefrei sind bauliche und sonstige Anlagen, Verkehrsmittel, technische Gebrauchsgegenstände, Systeme der Informationsverarbeitung, akustische und visuelle Informationsquellen und Kommunikationseinrichtungen sowie andere gestaltete Lebensbereiche, wenn sie für Menschen mit Behinderungen in der allgemein üblichen Weise, ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe auffindbar, zugänglich und nutzbar sind. Hierbei ist die Nutzung behinderungsbedingt notwendiger Hilfsmittel zulässig.“

Es handelt sich um eine grundlegende Voraussetzung für eine gleichberechtigte und inklusive Gesellschaft, die den Menschen unabhängig von ihren körperlichen oder geistigen Voraussetzungen eine weitgehend gleiche Teilhabe am öffentlichen Leben ermöglicht. Sie trägt dazu bei, dass Menschen mit Behinderung ihre Rechte wahrnehmen und sich persönlich, sozial und beruflich entwickeln können. Dafür ist das ungehinderte Erreichen von Orten des gesellschaftlichen Lebens essenziell.¹⁵

Inklusion

Inklusion im soziologischen Sinn umfasst den Einschluss aller Menschen in die Gesellschaft. Dabei geht die Inklusion weiter als die bloße Integration von Menschen in eine bestehende Umwelt. Sie ermöglicht Menschen die Teilhabe, ohne dass diese sich an die bestehende Umwelt anpassen müssten. Vielmehr soll die Umwelt an die Bedürfnisse und Anforderungen des Individuums angepasst werden. Inklusion ist ein völkerrechtliches Leitbild, welches im Jahr 2008 in der Behindertenrechtskonvention der Vereinten Nationen als Menschenrecht vertraglich festgeschrieben und seit dem 26.03.2009 verbindlich gilt. Soziale Inklusion betrifft grundsätzlich alle Menschen und alle Lebensbereiche, wie Familie, Freizeit, Arbeit und Mobilität. Als

¹⁴ Gerike (2021); Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (2019); Boenke et al. (2017).

¹⁵ Kroworsch (2021).

pädagogischer Ansatz findet sich Inklusion außerdem im Bildungs- und Schulsystem wieder. Das Ziel ist es, dass Kinder und Jugendliche unabhängig von bestehenden Behinderungen gemeinsam und unter Berücksichtigung ihrer Vielfalt miteinander lernen und voneinander profitieren können. Zu unterscheiden ist Inklusion als Betrachtungsform gesellschaftlicher Strukturen von dem Begriff der Teilhabe, der den Fokus auf einzelne Personen auf handlungsorientierter Ebene richtet.¹⁶

Akzeptanz

Die soziale Akzeptanz spielt im Kontext von Veränderungen und Transformationen eine entscheidende Rolle, so auch beim Wandel der Mobilität. Kollmann (1998) definiert, dass „Akzeptanz [...] über die affektive und kognitive Einstellungsbildung und einer entsprechenden Handlungsabsicht hinaus, auch mit tatsächlichen Handlungen verbunden [ist], die sich in der konkreten Übernahme und der Nutzung eines Produktes manifestieren“.¹⁷ Es muss also sichergestellt werden, dass eine neue Technologie nicht nur auf der technischen Ebene funktioniert, sondern auch von den Menschen akzeptiert und genutzt wird.

Autonomes und automatisiertes Fahren

Für die begriffliche Abgrenzung zwischen dem autonomen und automatisierten Fahren können die Automatisierungslevel nach dem Standard SAE J3016TM herangezogen werden. Die SAE-Level 0 bis 5 (siehe Abbildung 1) werden weltweit genutzt, um die verbleibende Abhängigkeit von menschlichen Eingriffen in die Fahrzeugsteuerung zu beschreiben.¹⁸

¹⁶ Tillmann (2013), Vereinte Nationen (2008).

¹⁷ Kollmann (1998), S. 127.

¹⁸ SAE International (2021).



Abbildung 1: SAE J3016™-Level des automatisierten Fahrens, Quelle: eigene Darstellung und Übersetzung nach SAE International (2021)

Das Level 0 entspricht der vollständigen Steuerung durch eine fahrzeugführende Person (auch Operator, SicherheitsfahrerIn oder Begleitfahrer genannt). In den höheren Levels kommen Fahrassistenz-Systeme zum Halten der Spur oder der Fahrgeschwindigkeit hinzu. Die Fahraufgabe liegt dabei jedoch stets bei der fahrzeugführenden Person, auch wenn die Pedale oder das Lenkrad zeitweise nicht berührt werden. Der Mensch in der Rolle der FahrerIn oder des Fahrers muss die Fahrt jederzeit überwachen und bei Bedarf selbst lenken, bremsen oder beschleunigen können. Ab Level 3 liegt die Fahraufgabe nicht beim Menschen, solange die automatisierten Fahrfunktionen aktiviert sind. Fahrzeuge im Level 3 fahren weitgehend selbstständig auf festgelegten Strecken bzw. unter definierten Betriebsbedingungen. Sie bewältigen aber nicht alle Situationen und greifen in einigen Fällen auf die fahrzeugführende Person zurück. Wenn das System den Menschen dazu auffordert, muss dieser die Steuerung übernehmen. Beim Level 4 ist das Fahrzeugsystem fähig, alle Verkehrssituationen in einem festgelegten Betriebsbereich ohne menschlichen Eingriff zu bewältigen. Im Level 5, welches als autonomes Fahren bezeichnet werden kann, fährt das Fahrzeugsystem in jeglichen Umgebungsbedingungen eigenständig und es bedarf keiner Intervention einer fahrzeugführenden Person.¹⁹

¹⁹ ebd.

In diesem Konzept werden sowohl die Bezeichnungen „autonom“ für das Zielsystem, welches aktuell noch nicht umsetzbar ist (siehe Kapitel 2.2) genutzt, als auch „automatisiert“ für den heutigen Stand der Technik sowie als übergreifende Begrifflichkeit für alle höheren Automatisierungslevel (höher als bspw. Fahrerassistenzsysteme in privat genutzten Pkw). Häufig wird auch die Bezeichnung „automatisiertes und vernetztes Fahren“ (AVF) in der Literatur verwendet, um zu verdeutlichen, dass die Fahrzeugsysteme mit anderen Verkehrsteilnehmern und Infrastrukturelementen digital kommunizieren müssen, also mit ihnen „vernetzt“ sind.

Mensch-Maschine-Schnittstellen

Eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (kurz MMS, englisch Human Machine Interface) ist eine Funktion oder Komponente eines Geräts, an der ein Mensch eine Maschine bedient oder mit ihr interagieren kann. Solche MMS-Geräte sind im Alltag inzwischen weit verbreitet und finden ihre Anwendung als Touchscreens oder Tastaturen. Im industriellen Kontext werden die Schnittstellen oftmals zur Steuerung und Automatisierung von Maschinen genutzt.²⁰

Im Bereich der Mobilität werden MMS eingesetzt, um komplexe systemische Abläufe zu vereinfachen und die Effizienz der Interaktion und somit die Akzeptanz moderner Fahrzeugführung zu erhöhen.²¹ Solange vollautomatisierte Fahrzeuge (SAE-Level 5) noch nicht betrieben werden können, übernimmt eine menschliche Fahrerin oder ein Fahrer bei Bedarf die Kontrolle. Ein Eingriff erfolgt in diesem Fall über eine MMS im oder außerhalb des Fahrzeuges.

Die ständige Weiterentwicklung der MMS ist Hauptbestandteil der Forschung. Um das Vertrauen für neue Mobilitätslösungen zu generieren, konzentriert sich die Forschung neben Sicherheitsaspekten wie Fahrassistenzsystemen auf die Zugänglichkeit, den Komfort und ein begeisterndes Fahrerlebnis. Im Sinne der Inklusion müssen die Geräte und Zugänge entsprechend der Individualität der Nutzenden gestaltet sein, wie zum Beispiel als audiovisuelle Schnittstelle, die mit bestimmten Sehbehinderungen kompatibel ist.²²

²⁰ Schrank (2021).

²¹ Abendroth (2021).

²² Kirchbeck (2019).

2.2 Automatisierte ÖPNV-Fahrzeuge

In den letzten Jahren wurde die Technologie des autonomen Fahrens unter anderem von und für die ÖV-Branche vorangetrieben. Derzeit gibt es in Deutschland auf öffentlichen Straßen noch keinen Anwendungsfall mit autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen. Sowohl die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch der technische Stand entsprechen aktuell noch nicht diesem höchsten Automatisierungslevel. Automatisierte Klein- und Minibusse wurden vielfach auf privaten und öffentlichen Straßen getestet und zur Personenbeförderung eingesetzt. Die Fahrzeuge verfügen je nach Modell über sechs, zehn oder mehr Sitzplätze sowie einen Aufbau mit Stehhöhe. Sie werden auch als People-Mover, Shuttles oder Shuttle-Busse bezeichnet.²³

In Hinsicht auf den Rechtsrahmen ist der Betrieb eines Kraftfahrzeugs mittels hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion seit 2017 im Straßenverkehrsgesetz (StVG) geregelt und unter bestimmten Bedingungen zulässig. Diese Fahrzeugsysteme müssen dabei dauerhaft vom im Fahrzeug befindlichen Fahrpersonal (rechtlich: Fahrzeugführer) überwacht werden. Die fahrzeugführende Person wird in der Praxis auch als Operator oder Fahrzeugbegleiter bezeichnet, da sie teilweise andere als die üblichen Aufgaben einer Fahrerin oder eines Fahrers übernimmt. Es besteht eine Pflicht, die Steuerung unverzüglich wieder zu übernehmen, wenn das System dazu auffordert oder wenn die fahrzeugführende Person erkennt oder aufgrund offensichtlicher Umstände erkennen muss, dass die automatisierten Fahrfunktionen nicht ordnungsgemäß funktioniert bzw. eine Gefahrensituation droht. Mit der StVG-Novelle 2021 hat der Gesetzgeber darüber hinaus jüngst die rechtlichen Voraussetzungen dafür geschaffen, dass Fahrzeuge mit Überwachung und Eingriffsmöglichkeiten über eine Technische Aufsicht (Leitstelle) in festgelegten Betriebsbereichen ohne im Fahrzeug befindlichen Personal betrieben werden dürfen.²⁴

Die aktuell verfügbaren und in Testfeldern eingesetzten automatisierten Shuttle-Busse der in Europa aktiven Fahrzeughersteller wie EasyMile, NAVYA, 2getthere und Local Motors (u. a.) fahren auf vorher einprogrammierten Strecken entlang eines Referenzpfades oder -schlaches. Die Fahrzeuge verfügen über verschiedene Sensoren bzw. Sensorkombinationen, z. B. GPS-Empfänger, Ultraschall, Radumlaufzähler inkl. Messeinrichtungen für Lenkwinkel, Laserscanner, Radar oder Kameras. Die Umgebung wird mit diesen kontinuierlich erfasst, wodurch die Orientierung, Lokalisierung und Reaktion auf andere Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr möglich ist. Ein Bordcomputer verarbeitet die Daten und wandelt sie in Befehle um, die das Fahrzeug ohne menschlichen Eingriff fortbewegen. Unabdingbar für einen

²³ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2021).

²⁴ §§ 1a bis 1l Straßenverkehrsgesetz (StVG).

reibungslosen Verlauf und ein ausfallsicheres System ist die Kommunikation und der Abgleich zwischen den verschiedenen (Teil-)Komponenten (z. B. den Sensoren untereinander). Der Betrieb setzt das Kartographieren der Strecke/n und das Programmieren der jeweiligen Fahrzeugfunktionen auf einer Trajektorie voraus. Zum einen muss das Fahrzeugsystem stets seine exakte Position mit dem im Vorhinein aufgenommenen Kartenmaterial abgleichen und zum anderen bei statischen oder dynamischen Hindernissen stoppen. Im automatisierten Fahrmodus werden einfache Verkehrssituationen, wie beispielsweise gleichberechtigte Kreuzungen, erhöhtes Verkehrsaufkommen oder ordnungsgemäß parkende Fahrzeuge, erkannt und im Regelfall bewältigt. Die Technik kann aber noch nicht mit allen Situationen umgehen, z. B. kein Überholen mit Ausweichen auf die Gegenfahrspur oder Umfahren von auf der Strecke befindlichen Hindernissen, wie regelwidrig parkenden Fahrzeugen oder im Weg stehenden Mülltonnen. Die größten Herausforderungen treten aktuell noch bei der Signalverarbeitung auf, beim Reagieren auf Wettereinwirkungen und Hindernisse, beim bedarfsgesteuerten Fahren und der Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Straßeninfrastruktur sowie mit anderen Verkehrsteilnehmenden.

Es ist technisch noch nicht möglich, unter allen möglichen Umgebungsbedingungen automatisiert zu fahren (Wetter, Lichtverhältnisse, unterstützende Infrastruktur etc.) Der Bereich inklusive der Konditionen, unter denen ein automatisiertes Fahrzeug sicher betrieben werden kann und die Verkehrssituationen beherrscht, nennt sich auf Englisch „Operational Design Domain“ (kurz ODD) – zu Deutsch: operativer Gestaltungsbereich. Im Fall von Systemgrenzen wird die fahrzeugführende Person dazu aufgefordert, die Weiterfahrt zu bestätigen oder die Steuerung gänzlich zu übernehmen. In solchen Fällen kann ein Shuttle-Bus im manuellen Fahrmodus mit einer Steuerungseinheit (z. B. Joystick, Konsole, Lenkrad, Fernbedienung für Maschinen) gefahren werden, um sich außerhalb der vordefinierten Strecke zu bewegen, größeren Hindernissen auszuweichen oder vorausschauend für das Fahrzeug nicht lösbare Problemsituationen zu umgehen. Für einige Anwendungsfälle kann es hilfreich sein, das Fahrzeug auch flexibel manuell führen zu können, also nicht nur auf einprogrammierten und entsprechend vorbereiteten Strecken. Die zulassungsrechtlich bedingte Höchstgeschwindigkeit beträgt derzeit 25 km/h. Dies ist die maximale Geschwindigkeit, die in Deutschland von einer Genehmigungsbehörde zugelassen werden könnte. Im Projekt lag diese bei 15 km/h. In Abhängigkeit von der Komplexität der Einsatzumgebung können geringere Geschwindigkeiten festgesetzt werden.²⁵

Bezüglich des Automatisierungslevels nach SAE International (2021) können die bisher getesteten Shuttle-Busse als Level 2 eingestuft werden. Die Kriterien für die Level 3 bis 5 sind

²⁵ Centrum für Automatisierte Mobilität (2021); Kolb et al. (2020); Rettig et al. (2021).

nicht erfüllt. Unter definierten Betriebsbedingungen fahren die Fahrzeuge selbständig. Um jedoch als Level 3 eingestuft zu werden, müsste die ständige Überwachung entfallen, die gemäß der Zulassungsvorgaben in den bisher im öffentlichen Raum umgesetzten Betrieben gefordert wird. Durch weitere technische Entwicklungen wird perspektivisch damit gerechnet, dass im Rahmen der StVG-Novelle in ausgewählten Betriebsbereichen mit Überwachung aus einer Leitstelle ohne im Fahrzeug befindliches Personal gefahren werden kann. Der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) hat für diese Lösung die Bezeichnung „Automatisierungsstufe 4 ÖV“ eingeführt. Das Fahrzeugsystem überführt sich bei Systemgrenzen selbstständig in einen risikominimalen Zustand und schlägt einer technischen Aufsicht in der Leitstelle des ÖV-Betreibers Manöver zum Umgang mit der Situation vor. Durch die Leitstelle können auf diese Weise Routenänderungen oder Umfahrungen freigegeben werden, so dass keine dauerhafte Überwachung des Betriebs erforderlich wäre.²⁶

2.3 Soziale Akzeptanz

Die soziale Akzeptanz spielt im Kontext von Veränderungen und Transformationen eine große Rolle, so auch beim Wandel der Mobilität. Dies gilt auch für die steigende Automatisierung von Fahrzeugen zur Personenbeförderung.²⁷

Im Kontext des Projektes „Ride4All“ soll untersucht werden, ob unter potenziellen Nutzerinnen und Nutzern mit Behinderungen soziale Ängste und Bedenken bestehen und welche Handlungsempfehlungen zum Abbau dieser abgeleitet werden können. Als Grundlage für die eigene Forschung werden ausgewählte Ergebnisse von bereits erfolgten Untersuchungen der Akzeptanz des autonomen Fahrens im Allgemeinen, im ÖV sowie in Verbindung mit Barrierefreiheit im Speziellen dargestellt. Hierfür wurden etwa 50 Studien mit den Schwerpunkten Akzeptanz inkl. Bedenken und Chancen sowie Nutzungsbereitschaft ausgewertet. Sofern verfügbar, wurden Studien herangezogen, die sich auf den Untersuchungsraum Deutschland beziehen.

Die Akzeptanz der automatisierten Güterbeförderung und des automatisierten Individualverkehrs wird an dieser Stelle nicht betrachtet. Abschließend werden die Ergebnisse der gesammelten Studien gegenübergestellt und miteinander verglichen.

²⁶ Centrum für Automatisierte Mobilität (2021); Kolb et al. (2020); SAE International (2021); Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2020).

²⁷ Arnold & Klee (2016); Fraedrich & Lenz (2015).

Autonomes Fahren allgemein

Das autonome Fahren ist Gegenstand einer Vielzahl von Studien. Neben den projekt- und ÖPNV-spezifischen Fragestellungen umfassen diese auch Trendstudien und weitere zukunftsbezogene Forschungen, die die generelle Akzeptanz des autonomen Fahrens untersuchen. Diese sind also unabhängig davon ob die Dienste und Fahrzeuge geteilt oder individuell genutzt werden könnten. Sieben Studien zur Akzeptanz in der deutschen Bevölkerung aus den letzten drei Jahren werden folgend zusammengefasst:

Laut zwei repräsentativen Studien von Continental aus den Jahren 2013 und Jahr 2018 sind Einstellung und Nutzungsbereitschaft der deutschen Bevölkerung im Jahr 2018 mit 62 Prozent der Befragten zunehmend von Skepsis geprägt, verglichen zu 2013 mit 52 Prozent. Im internationalen Vergleich haben die US-amerikanischen Bürgerinnen und Bürger im Jahr 2018 mit 77 Prozent der Befragten eine höhere Skepsis gegenüber der Technologie. Die Skepsis ist im Vergleich zu 2013 mit 66 Prozent um 11 Prozent gestiegen. In China ist die Mehrheit der Bevölkerung mit 72 Prozent positiver als 2013 mit 48 Prozent gegenüber dem autonomen Fahren eingestellt.²⁸

Eine 2018 vom TÜV e. V. beauftragte und von Bitkom Research durchgeführte Studie ergab, dass durch das autonome Fahren von 60 Prozent der Verbraucher eine höhere Verkehrssicherheit erwartet wird. Auf der anderen Seite haben 63 Prozent der Verbraucher Angst, dass die Fahrzeuge durch Hackerangriffe gefährdet sind und 50 Prozent befürchten, dass ihre persönlichen Daten missbraucht werden könnten.²⁹

Die Studie „Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035“ aus 2019 von Deloitte ermittelte, dass 32 Prozent aller Verkehrsteilnehmenden bereit wären, auf autonome Flottenfahrzeuge umzusteigen, sofern sie maximal zehn Minuten Wartezeit hätten. Dies könnte laut Deloitte dazu führen, dass zukünftig jeder dritte Weg in autonomen Fahrdiensten zurückgelegt werden würde. In der Studie wurden zudem Taxidienste mit Shuttle-Verkehren verglichen. Autonomen Taxen wurde trotz eines höheren Preises (34 Cent/km) mit 18 Prozent eine etwas höhere Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft als Shuttles (15 Cent/km) zugesprochen. In Bezug auf die Nutzergruppen automatisierter Fahrzeuge ergab die Studie, dass nur 24 Prozent

²⁸ Continental (2018, 2013).

²⁹ Bitkom Research GmbH (2018).

der Berufstätigen umsteigen würden, hingegen aber 36 Prozent der Seniorinnen und Senioren und 37 Prozent der Schülerinnen und Schüler.³⁰

Andererseits zeigt die 2019 im Rahmen des Projektes UNICARagil veröffentlichte Studie „Mobilitätskonzepte der Zukunft“ des Institutes für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University zu Erwartungshaltung, Anforderungen und Wünschen der Bevölkerung an autonome Fahrzeuge, dass 85 Prozent der befragten Personen aufgeschlossen gegenüber dem autonomen Fahren sind.³¹

Eine vom Tagesspiegel beauftragte Civey-Umfrage unter 2.500 Deutschen aus 2021 zeigt auf, dass die Skepsis überwiegt. So sind 13,5 Prozent der Deutschen unentschieden in Bezug auf Sicherheit und Zuverlässigkeit. Es gehen 58,5 Prozent der Menschen davon aus, dass autonome Fahrzeuge den Verkehr weniger sicher machen, als er heute ist und ungefähr gleich viele, dass der Verkehr unzuverlässiger wird. Ein Drittel der Menschen denkt, dass durch autonomes Fahren das Verkehrsgeschehen zuverlässig gesteuert werden kann.³²

Weiterhin ergibt eine Studie von Kacperski et al. aus dem Jahr 2021 mit einer Stichprobengröße von 529, dass in Deutschland, Frankreich, Italien und England die Erwartungen und Haltungen zum autonomen Fahren bzgl. Umweltfreundlichkeit und Sicherheit überwiegend positiv sind. Jedoch werden negative Auswirkungen im Bereich der Privatsphäre erwartet. Die Einstellungen der Personen unterschiedlicher Nationalitäten variierten dabei insofern, als dass Menschen aus Italien im Vergleich zu den anderen Nationen eine stärkere Verbesserung hinsichtlich Sicherheit erwarten und Menschen aus Frankreich und Deutschland vergleichsweise eine stärker negativ geprägte Auswirkung der Automatisierung auf die Privatsphäre erwarten.³³

Das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) untersuchte 2019 in der Akzeptanzstudie „ROBOCAB“ autonome Mobilitätskonzepte aus Sicht der Nutzenden. Die Untersuchungsräume umfassen dabei Deutschland (n = 830), USA (n = 769) und China (n = 734). Hierbei konzentrierte sich die Studie nicht auf die generelle Nutzungsbereitschaft, sondern konkret auf die Anforderungen, um die Attraktivität und somit eine gesteigerte Nutzungsbereitschaft automatisierter Fahrzeuge zu gewährleisten.³⁴

³⁰ Deloitte (2019).

³¹ Herzberger et al. (2019).

³² Kugoth (2021).

³³ Kacperski et al. (2021).

³⁴ Stegmüller et al. (2019).

Als wichtigstes Fahrzeugkonzept haben sich die großen, hochwertigen, aber zweckorientierten Fahrzeuge in teil-öffentlichen Sharing-Modellen herauskristallisiert. Dieses Komfort-Shuttle stößt vor allem bei denjenigen auf Interesse, die den Ö(PN)V bisher aufgrund mangelnden Komforts und fehlender Privatsphäre nicht nutzen. Dabei wird jedoch nicht klar, ob die Nutzung des Shuttles als Substitut oder als Ergänzung zum bestehenden Angebot stattfinden würde. Die Zielgruppe der Early Adopter (englisch für Personen, die sich frühzeitig für die Nutzung eines neuen Produktes/einer neuen Technologie interessieren oder entscheiden), die sich durch ihre Affinität für Innovationen und Technik auszeichnet, weist ein hohes Nutzungsinteresse auf.³⁵ Der Großteil der Befragten gab an eher skeptisch bzgl. sowohl der technischen als auch persönlichen Sicherheit zu sein und erst zu einem späteren Zeitpunkt den Dienst nutzen zu wollen. Die Shuttles werden vor allem zur Beförderung von Kindern skeptisch gesehen.

Die Nutzungsbereitschaft und Motivation erscheint vor allem hinsichtlich des Wegfallens der Parkplatzsuche, steigender Flexibilität und der permanenten Verfügbarkeit sowie eines generell erhöhten Mobilitätsangebotes groß zu sein.³⁶

Insgesamt zeigen die betrachteten Studien, dass automatisiertes und vernetztes Fahren im Allgemeinen eher skeptisch in der deutschen Bevölkerung angesehen wird. Darüber hinaus ergeben sich notwendige Kriterien, die eine Steigerung der Nutzungsbereitschaft ergeben würden. Deutlich wird, dass die Skepsis den Systemen gegenüber im Zeitverlauf eher zugenommen hat. Eine Ursache könnte darin liegen, dass in den vergangenen Jahren medial eine sehr hohe Erwartungshaltung gegenüber dem autonomen Fahren geschürt wurde, sich die Technik aber langsamer entwickelt als die Fahrzeughersteller dies wiederholt angekündigt haben. Die Technologie hat sich langsamer entwickelt als von Expertinnen und Experten, aber auch der Bevölkerung und Politik erwartet. Dadurch könnte sich teilweise die Vorfreude in Skepsis gewandelt haben. Des Weiteren wurde bei der Zusammenstellung der durchgeführten Akzeptanzstudien deutlich, dass sehr unterschiedliche Auffassungen vom Forschungsgebiet bestehen und die Forschungsfragen sowie gewählte Erhebungsmethoden sich so unterscheiden, dass vergleichende Aussagen schwer zu treffen sind.

³⁵ ebd.

³⁶ ebd.

Autonomes Fahren im Ö(PN)V

In Deutschland wurden bereits zahlreiche Pilotprojekte mit automatisierten Shuttles durchgeführt. Eine regelmäßig aktualisierte Übersicht stellt der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen bereit. Zum Bearbeitungszeitpunkt (November 2021) wurden 43 Projekte aufgeführt, von denen zehn Konsortien Veröffentlichungen zum Thema Akzeptanz publiziert haben (siehe Tabelle 1 in alphabetischer Reihenfolge mit Kennzeichnung „VÖ“):³⁷

Projekte mit automatisierten Shuttle-Bussen in Deutschland (alphabetisch)		
ABSOLUT	AS-NaSA	AS-UrbanÖPNV
AutoNV_OPR (VÖ) ³⁸	a-BUS Iserlohn	Bad Birnbach Shuttle (VÖ) ³⁹
Centro-Shuttle	CUBe	Das Stadtwerk.Emilia
DiaMANT	DIGI-S	EASY (VÖ) ⁴⁰
EASYRIDE	EMMA-Shuttle und EMMA ² (VÖ) ⁴¹	EVA-Shuttle
First Mover	FLASH	Hambach-Shuttle
HEAT	Hub Chain (VÖ) ⁴²	Interreg I-AT (VÖ) ⁴³
Interreg-Projekt TERMINAL	Kooperative Mobilität im digitalen Testfeld Düsseldorf	Lahr-Shuttle
Lincoln-Shuttle	Marktliner	Monheim-Shuttle
NAF-Bus (VÖ) ⁴⁴	Pole Position	Reallabor AMEISE
SAM (VÖ) ⁴⁵	See-Meile (VÖ) ⁴⁶	ShuttleME
Shuttles & Co	STIMULATE (VÖ) ⁴⁷	SMO (VÖ) ⁴⁸
TaBuLa-/LOG (VÖ) ⁴⁹	TEMPUS	U-Shift MAD
Urban Move	RABus	ReallabHH

³⁷ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2021).

³⁸ Friebel et al. (2020).

³⁹ Rauh et al. (2020).

⁴⁰ Schäfer & Altinsoy (2021).

⁴¹ Bernhard et al. (2019).

⁴² Jonuschat et al. (2021).

⁴³ Nordhoff (2020); I-AT Partner (2020).

⁴⁴ Kühl (2019).

⁴⁵ Nuts One GmbH (2020).

⁴⁶ Infralab Berlin e. V. (2021).

⁴⁷ Kluy & Zoellick (2018).

⁴⁸ Wilde & Rebhan (2021).

⁴⁹ Mantel (2021); Mantel & Diebold (2020).

Tabelle 1: Übersicht automatisierter Shuttle-Projekte in Deutschland in alphabetischer Reihenfolge, Quelle: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2021)

Folgende Projekt-Gruppen in Tabelle 1 haben demnach Ergebnisse zur Akzeptanzuntersuchung veröffentlicht: AutoNV_OPR, Bad Birnbach, EASY, EMMA, Hub Chain, I-AT, NAF-Bus, SAM, See-Meile, STIMULATE, TaBuLa, SMO. Nicht aufgeführt wurde das Projekt LEA-Kleinbus, welches jedoch auch eine Veröffentlichung zum Thema Akzeptanz zum Ergebnis hatte. Bei den meisten Projekten wurden Fahrgäste nach ihrem Fahrerlebnis befragt, bei einigen wurde jedoch zwischen unterschiedlichen Untersuchungsgruppen, wie Fahrgästen, Fahrpersonal, Anwohnenden und Betroffenen, Fokusgruppen, differenziert. Dabei wurden Methoden, wie (Online-)Umfragen (z. B. I-AT, Bad Birnbach, Easy, SAM, EMMA, TaBuLa, Hub Chain, SMO), Interviews (z. B. I-AT, Easy, TaBuLa, AutoNV_OPR, Hub Chain) oder Haushaltsbefragungen (z. B. Bad Birnbach, TaBuLa, AutoNV_OPR, SMO), genutzt.⁵⁰

Folgend werden die wesentlichen Ergebnisse kurz zusammengefasst. Ein positives Bild der Akzeptanz automatisierter Shuttle-Busse und der Personenbeförderung mit derartigen Fahrzeugen ergaben im Wesentlichen alle Projekte, bei denen Untersuchungen erfolgt sind. So war bei den meisten zu verzeichnen, dass die anfängliche Skepsis vor einer Mitfahrt durch eine Testfahrt im Shuttle verringert werden konnte und 37 Prozent der Befragten eine bessere Meinung zu automatisierten Fahrzeugen bekamen.⁵¹ Weiterhin fühlte sich der Großteil der befragten Fahrgäste sicher oder sehr sicher. Zudem wird zukünftig eine hohe Nachfrage von allen Altersklassen, Einkommensgruppen und allen Geschlechtern erwartet.⁵² Die Nutzungsbereitschaft für automatisierte Shuttle-Angebote wird als hoch eingeschätzt, jedoch unter bestimmten Voraussetzungen.⁵³ Es ist darauf hinzuweisen, dass in den Pilotprojekten die Mitfahrt im automatisierten Bus kostenfrei angeboten wird und oft eine Strecke bedient wird, die sonst nicht durch ein konventionelles ÖPNV-Angebot erschlossen ist. Daher wird eine höhere Akzeptanz angenommen, als es in einem Alltagsszenario der Fall gewesen wäre.⁵⁴

⁵⁰ Friebel et al. (2020); Rauh et al. (2020); Schäfer & Altinsoy (2021); Bernhard et al. (2019); Jonuschat et al. (2021); Nordhoff (2020); I-AT Partner (2020); Kühl (2019); Nuts One (2021); Infralab Berlin e. V. (2021); Kluy & Zoellick (2018); Wilde & Rebhan (2021); Mantel (2021); Mantel & Diebold (2020).

⁵¹ Infralab Berlin e. V. (2021).

⁵² Schäfer & Altinsoy (2021).

⁵³ ebd.

⁵⁴ Friebel et al. (2020).

Deutlich wird auch, dass in vielen Projekten eine überhöhte Erwartungshaltung gegenüber der Technologie vorliegt. So erwarten die Befragten beispielsweise mehr Flexibilität, eine hohe Taktdichte, erhöhte Pünktlichkeit und Angebote in Randzeiten. Diesen Anforderungen können die heutigen Angebote in technischer und rechtlicher Hinsicht noch nicht gerecht werden.⁵⁵

Wichtige Erkenntnisse, die zu einer Erhöhung der Nutzungsbereitschaft und dem Abbau von Befürchtungen und Ängsten beitragen, wurden identifiziert:

- Integration ins Verkehrssystem,
- Komfort (bei längeren Fahrzeiten), wobei der Fahrkomfort niedriger eingeschätzt wird als bei einem eigenen Pkw, jedoch höher als beim aktuellen ÖPNV,⁵⁶
- Überwachung aus Leitstelle (bei fahrerlosem Betrieb),⁵⁷
- Verkürzung der Reisezeit,⁵⁸
- Umfassende Integration/Anpassung der Infrastruktur für möglichst reibungslosen Betrieb,⁵⁹
- Abmilderung der starken Bremsung,⁶⁰
- Höhere Geschwindigkeiten (rund 30 km/h) und
- Aufklärung der Bevölkerung.⁶¹

Autonomes Fahren im Ö(PN)V bezogen auf Menschen mit Behinderungen

Zum Berichtszeitpunkt wurden 21 Veröffentlichungen ermittelt, die das Thema Akzeptanz des autonomen Fahrens bei Menschen mit Behinderung, zumindest teilweise, aufgreifen. Untersuchungen zur Akzeptanz in Deutschland sind bisher kaum vorgenommen worden. Der Untersuchungsraum liegt zumeist in den USA. Die Ergebnisse einer Studie, die Deutschland als Untersuchungszeitraum inkludiert, werden ergänzend am Ende des Unterkapitels dargelegt.

⁵⁵ Dicianno (2021).

⁵⁶ Jonuschat et al. (2021).

⁵⁷ Nordhoff (2020); I-AT Partner (2020).

⁵⁸ I-AT Partner (2020); Bernhard et al. (2019).

⁵⁹ Schäfer & Altinsoy (2021).

⁶⁰ Bernhard et al. (2019).

⁶¹ Luchmann et al. (2019); Nordhoff (2020); Rauh et al. (2020).

In den Studien mit dem US-amerikanischen Untersuchungsraum wurden Menschen mit geistiger Behinderung⁶², Sehbehinderung⁶³, Epilepsie⁶⁴, körperlichen Einschränkungen⁶⁵ und ältere Menschen⁶⁶ befragt. Die Kernergebnisse zur Nutzungsbereitschaft, Bedenken und Ängsten werden folgend aufgezeigt. Dabei werden zunächst die verallgemeinerbaren Aussagen dargelegt und anschließend diejenigen, die für eine bestimmte Gruppe vorliegen:

- Die Akzeptanz gegenüber dem Ö(PN)V ist grundsätzlich positiv, jedoch berichten Menschen mit Behinderungen von vielen Barrieren.⁶⁷ Für die Entwicklung automatisierter Shuttles sind die Anforderungen an die Barrierefreiheit zu berücksichtigen.
- Der Zugang zu Transportmitteln erhöht das Wohlbefinden von Menschen mit Behinderungen.⁶⁸
- Die meisten Menschen mit Behinderung äußerten sich positiv zum Potenzial von automatisierten Fahrzeugen, die die Mobilität von Menschen mit Behinderung zu verbessern.⁶⁹
- Viele Menschen mit Behinderung besorgt, dass keine behördlichen Richtlinien zum gleichberechtigten Zugang entwickelt werden oder die Barrieren für die Nutzung von autonomen Fahrzeugen nicht abgebaut werden.⁷⁰
- Kempapidis et al. haben mit ihrem Forschungsdesign, Probanden bei einer Probefahrt zu beobachten, herausgefunden, dass der Gesichtsausdruck von Fahrgästen mit verschiedenen Behinderungen während der Fahrt in einem automatisierten Shuttle sich verändert hat. So nahmen die Skepsis und Angst während der Testfahrt ab und die Freude über das Erlebnis stieg gleichzeitig mit der Akzeptanz an.⁷¹
- Menschen mit Sehbehinderung:
 - Die meisten Menschen mit Sehbehinderungen äußerten sich optimistisch über das Potenzial der AVF-Technologie für eine verbesserte Mobilität.⁷²

⁶² Bennet et al. (2019).

⁶³ Brinkley et al. (2020, 2018); Bennett et al. (2020).

⁶⁴ Sultan & Thomas (2020).

⁶⁵ Bennet et al. (2019).

⁶⁶ Rahman et al. (2019); Robertson et al. (2019); Rovira et al. (2019); Li et al. (2019); Bellet et al. (2018); Liu et al. (2019).

⁶⁷ Hwang et al. (2020); Tabattanon et al. (2019).

⁶⁸ Blais & El-Geneidy (2014).

⁶⁹ Dicianno (2021); Brinkley et al. (2018).

⁷⁰ Dicianno (2021).

⁷¹ Kempapidis et al. (2020).

⁷² ebd.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

- Die Mehrheit der Personen mit Sehbehinderung äußerte ein Interesse daran, ein automatisiertes Shuttle zu nutzen.⁷³
- Personen mit Sehbehinderungen äußerten erhebliche Bedenken hinsichtlich der Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen.⁷⁴
- Ältere Menschen:
 - Ältere Menschen haben weniger Bedenken hinsichtlich des Todesfallrisikos beim automatisierten Fahren.⁷⁵
 - Ältere Menschen bevorzugten die Beibehaltung der Möglichkeit, das Fahrzeug manuell zu steuern, und hatten besonderes Interesse an der Automatisierung, für den Fall, dass kognitive oder körperliche Beeinträchtigungen aufkommen würden.⁷⁶
- Körperliche Behinderungen:
 - Über zwei Drittel der Menschen mit körperlichen Behinderungen hatten eine negative oder ambivalente Einstellung zur Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen und Personen mit Sehbehinderungen äußerten erhebliche Bedenken.⁷⁷
 - Zudem äußerten Menschen, die auf einen Rollstuhl angewiesen sind, die Befürchtung, dass auch durch neue Mobilitätsdienste die Anzahl geeigneter Fahrzeuge nicht ansteigt. Aktuell werden diese oft aufgrund von Ausschreibungsregularien direkt vom Betreiber beschafft. Wenn eine Regulierung ausbleibt, könnten neue Mobilitätsdienstleistungen, wie Ride-Sharing oder Ride-Pooling, nicht mit einer steigenden Anzahl barrierefreier Fahrzeuge gleichgesetzt werden.⁷⁸
- Menschen mit Epilepsie: Es besteht die Hoffnung, dass der Medikamentenbedarf sinkt, wenn das Risiko eines Anfalls beim Steuern eines Fahrzeugs nicht mehr wesentlich ist.⁷⁹

Mit dem Schwerpunkt des automatisierten und vernetzten Fahrens untersucht das Projekt PAsCAL (Enhance driver behaviour & Public Acceptance of Connected & Autonomous vehicles) seit Anfang 2019 u. a. die Akzeptanz von Menschen mit temporärer

⁷³ ebd.

⁷⁴ Brinkley et al. (2018); Brinkley et al. (2020); Bennett et al. (2020).

⁷⁵ ebd.

⁷⁶ ebd.

⁷⁷ ebd.

⁷⁸ Bayless & Davidson (2019); Claypool et al. (2017); Partners for Automated Vehicle Education & United States Department of Transportation (2021).

⁷⁹ Sultan & Thomas (2020).

oder dauerhafter Einschränkung in Europa, unter anderem auch Deutschland. Dazu gehören neben alten Menschen, Blinden, Sehbehinderten und Rollstuhlfahrern auch Schwangere, Verletzte oder Menschen mit schwerem Gepäck. Sie führten vier Untersuchungen mit verschiedenen Methoden durch und veröffentlichten im Oktober 2021 die Ergebnisse. Die meisten Teilnehmenden äußerten Bedenken bzgl. Sicherheit, menschlicher Überwachung, ethischer „Programmierung“ und Geolokalisierung.⁸⁰ Weiterhin äußerten sie im Rahmen eines Tests mit der App „Apertum“⁸¹, dass die uneindeutige Terminologie zum automatisierten Fahren und fehlende Aufklärung über die Funktionsweise der Fahrzeuge die Skepsis vergrößern.

Insgesamt ist festzuhalten, dass es international wenige explizite Untersuchungen zu automatisiertem Fahren und Menschen mit Behinderung gibt, noch weniger speziell zur Akzeptanz und Spezialisierungen auf eine Behinderungsart. Weiterhin wird deutlich, dass die Akzeptanz von Menschen sich je nach Behinderungsart unterscheidet. So wurde eine allgemeine Aussage getroffen, dass Menschen mit Behinderungen zwar großes Potenzial in der Technologie sehen, jedoch vor allem Menschen mit Sehbehinderung und körperlicher Behinderung große Skepsis haben. Für den Untersuchungsraum Deutschland konnte im Forschungszeitraum nur eine Untersuchung gefunden werden. Es ist jedoch zu verzeichnen, dass dieses Thema vermehrt adressiert wird, was sich auch in der Literatur zeigt.

Offene Fragestellungen sind beispielsweise:⁸²

- Welche Veränderungen im Reiseverhalten von Menschen mit Behinderung werden für die Zukunft erwartet?
- Wie hoch ist der Bedarf an barrierefreien automatisierten Verkehrsmitteln, insbesondere in Bezug auf geografische Regionen, Fahrzeugtyp und -anzahl sowie Fahrzeugmerkmale?
- Wie wirken sich die Fahrzeugmerkmale auf die Reisemöglichkeiten und Nutzungsbereitschaft von Menschen mit Behinderung aus (z. B. einfacher Ein- und Ausstieg, Stauraum für Ausrüstungsgegenstände, Anzahl der potenziellen Fahrgäste, auditive oder visuelle Hilfen usw.)?
- Wie können menschliche Betreuer, Roboter oder Drohnen in Teile der Reise integriert werden und wird sich dies auf das Vertrauen, die Sicherheit und die Spontaneität des Reisens auswirken?

⁸⁰ Kühl et al. (2021).

⁸¹ Apertum ist eine App, die Echtzeitdaten zum ÖPNV vor allem für mobilitätseingeschränkte Menschen bereitstellt.

⁸² Dicianno (2021).

- Welche Form der Aufklärung über AVF ist am effektivsten, um die Akzeptanz von automatisierten Shuttles bei Menschen mit verschiedenartigen Behinderungen zu erhöhen?
- Wie können Interessenvertreter von Menschen mit Behinderung realistische Erfahrungen mit den Fähigkeiten und Grenzen der Fahrzeuge sammeln, damit sie fundiertere Entscheidungen über ihre Mobilitätskette treffen können? Welche Schulungen sind erforderlich, um Menschen mit Behinderung und Betreuer oder Reisebegleiter auf das automatisierte Reisen vorzubereiten?

Fazit

Die Ergebnisse der allgemeinen Studien zum autonomen Fahren zeigen eine eher skeptische Einstellung in der deutschen Bevölkerung. Deutlich wird, dass die Skepsis den Systemen gegenüber im Zeitverlauf eher zugenommen hat. Eine Ursache könnte darin liegen, dass in den vergangenen Jahren medial eine sehr hohe Erwartungshaltung gegenüber dem autonomen Fahren geschürt wurde, sich die Technik aber langsamer entwickelt als die Fahrzeughersteller dies wiederholt angekündigt haben. Die Technologie hat sich langsamer entwickelt als von Expertinnen und Experten, aber auch der Bevölkerung und Politik erwartet.

Die Studien zu automatisierten Shuttle-Verkehren im Rahmen von Pilotprojekten zeigen auf, dass grundsätzlich ein positives Bild der Akzeptanz automatisierter Shuttle-Busse und der Personenbeförderung mit derartigen Fahrzeugen vorliegt. So war bei den meisten zu verzeichnen, dass die anfängliche Skepsis vor einer Mitfahrt durch eine Testfahrt im Shuttle verringert werden konnte und ein Sicherheitsgefühl bestand.

Ergebnisse von Studien bezüglich der Akzeptanz von automatisiertem Fahren von Menschen mit Behinderungen ergaben, dass die Akzeptanz von Menschen mit unterschiedlichen Behinderungen abweichen. So wurde eine allgemeine Aussage getroffen, dass Menschen mit Behinderungen zwar großes Potenzial in der Technologie sehen, jedoch vor allem Menschen mit Sehbehinderung und körperlicher Behinderung große Skepsis haben. Für diese Gruppe lagen jedoch auch sehr wenig Forschungsergebnisse vor.

Die drei untersuchten Forschungsbereiche führen zu dem Ergebnis, dass eine grundlegende Skepsis vorherrscht und Aufklärungsbedarf besteht, um die Nutzungsbereitschaft zu erhöhen. Diese allgemein vorherrschende Skepsis kann darin begründet sein, dass eine tendenziell überhöhte Erwartungshaltung gegenüber der Technologie vorliegt und diese Anforderungen heute sowohl rein technisch als auch rechtlich noch nicht erfüllt werden können. Es wurden Optimierungspotenziale ersichtlich, die eine Steigerung der Nutzungsbereitschaft erwirken könnten. Erste Erfolge zeigen insbesondere die Akzeptanzuntersuchungen in den Pilotprojekten mit automatisierten Shuttles. Dies ist per se nicht als Widerspruch zu deuten, kann jedoch

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

ein Hinweis darauf sein, dass die persönliche Erfahrung mit der Technologie einen großen Mehrwert hinsichtlich der Schaffung von Akzeptanz ausmacht.

Die gesichteten Veröffentlichungen zeigen deutlich, dass die Bedürfnisse, Erwartungen und Einstellungen von Menschen mit und ohne Behinderungen vielfältig und die Anforderungen an die Gestaltung des Systems unterschiedlich sind.

Zu den Einflussfaktoren auf die Akzeptanz automatisiert fahrender Fahrzeuge gehören folgende Aspekte:⁸³

- Vorwissen über AVF, da ein Grundverständnis für die Technik wichtig ist, um ihr zu vertrauen,
- Einstellung zu Zukunft und Technologie,
- Sicherheitswahrnehmung,
- Vorstellungen zum Preis-Leistungs-Verhältnis, vor allem in Zusammenhang mit der Flexibilität,
- Wertschätzung von Freiheit, Kontrolle, sozialer Interaktion, Privatsphäre und Unabhängigkeit.

Die gesammelten Anforderungen ergeben ein breites Portfolio an zu berücksichtigenden Faktoren, Bedenken und Hoffnungen bzw. Chancen. Weiterhin ergibt sich aus den Veröffentlichungen, dass die Bedürfnisse, Erwartungen und Anforderungen von Menschen mit Behinderung an die Mobilität von morgen nur erfüllbar sind, wenn die Interaktion zwischen Mensch und Fahrzeug nicht isoliert betrachtet wird, sondern als Gesamtsystem von der Haustür bis zum Ziel gedacht wird.⁸⁴

Es werden weiterhin notwendige Verbesserungen am Gesamtsystem deutlich: Integration ins Verkehrssystem, Komfort, Überwachung aus Leitstelle, Reisezeit, umfassende Infrastruktur-Anpassungen für reibungslosen Betrieb, Anpassung des Bremsverhaltens.

Wichtig ist, dass die gesammelten Erkenntnisse diverser Veröffentlichungen, Gremien und Verbänden bei Planung, Herstellung und Entwicklung solcher Gesamtsysteme berücksichtigt wird. Es wird auch deutlich, dass weitere Forschung bezüglich Akzeptanz von automatisiertem Fahren allgemein, im ÖPNV und speziell für Menschen mit Behinderung benötigt wird, um ein inklusives und hochwertiges Angebot im „Design4all“ zu schaffen. Vor allem in Europa und deutschsprachigen Raum liegen kaum bis keine Ergebnisse vor.

⁸³ Dicianno (2021).

⁸⁴ Bayless & Davidson (2019).

Eine fehlende verpflichtende Akzeptanzuntersuchung bei Forschungs- und Entwicklungsprojekten (F&E) oder Untersuchungen zur Vergleichbarkeit erschwert grundsätzlich die Gegenüberstellung und vor allem die Erweiterung der bisherigen Erkenntnisse. Das Aufbau aufeinander erscheint jedoch essenziell, um überregionale Trends identifizieren zu können und passende Maßnahmen einleiten zu können.

Zuletzt ist darauf hinzuweisen, dass es generelle Kritikpunkte an der Akzeptanzforschung gibt. So verweist beispielsweise Grunwald (2005) darauf, dass „immer nur die jeweils gegenwärtige Akzeptanzsituation empirisch erfasst und in der betreffenden technikrelevanten Entscheidung berücksichtigt werden [kann] (auch das ist methodisch schon schwierig genug).“ Technikakzeptanz kann auch temporär stark schwanken, was dazu führt, dass keine Planungssicherheit für Investitionen oder Konsumenten vorliegt.⁸⁵ Als Schlussfolgerung sind fortwährende Analyse der Akzeptanz in zukünftigen Pilot- und Einsatzprojekten mit automatisierten fahrenden Bussen essenziell.

2.4 Barrierefreiheit im Ö(PN)V

Grundsätze

Barrierefreiheit bedeutet nicht ausschließlich das Nichtvorliegen von physischen Hindernissen, wie Schwellen, Stufen, unbefestigten Wegen oder uneindeutige Hindernisse für blinde/sehbehinderte Menschen, wovon oft fälschlicherweise ausgegangen wird. Vielmehr werden damit sowohl sensorische und motorische Hindernisse als auch Verständnisbarrieren für kognitiv eingeschränkte Menschen adressiert. Um den ÖPNV barrierefrei zu gestalten, ist ein Zusammenspiel aus Haltestelleninfrastruktur, Gestaltungs- und Ausstattungselementen von Fahrzeugen und Serviceangeboten, analogen und digitalen Kommunikationsmitteln sowie Betrieb und Unterhaltung der Anlagen nötig. Alle Funktionen, die nicht behinderten Fahrgästen zur Verfügung gestellt werden, müssen auch Menschen mit Behinderungen zur Verfügung gestellt werden und von ihnen aktiv genutzt bzw. bedient werden können. Beispielsweise muss nicht nur der SOS-Knopf bedienbar sein, sondern auch Funktionen wie Fahrtwunsch-Änderungen, das Entertainment-Programm oder die Klimaanlage-Steuerung, die durch die neuen Mobilitätsangebote im Zusammenhang mit On-Demand-Fahrten und automatisierten Fahrzeug-Modellen zukünftig voraussichtlich zunehmen werden.⁸⁶

⁸⁵ Grunwald (2005), S. 56.

⁸⁶ Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Bundesarbeitsgemeinschaft ÖPNV der kommunalen Spitzenverbände (2014).

Als Ziel und essenzielle Leitlinie sollte grundsätzlich das Zwei-Sinne-Prinzip dienen: Eine gute Nutzbarkeit für sensorisch eingeschränkte Menschen wird demnach erreicht, wenn wenigstens zwei der drei Sinne Hören, Sehen und Tasten angesprochen werden. Im Alltag wie im Straßenraum werden die Informationen primär visuell über das Sehen und akustisch über das Hören aufgenommen. Steht einer dieser Sinne nur eingeschränkt zur Verfügung, kann dies zunächst durch den Einsatz diverser Hilfsmittel (z. B. Brille, Hörgerät) ausgeglichen werden. Wo das nicht möglich ist, kompensiert eine Verlagerung auf andere Sinne die Einschränkung. Seheingeschränkte Menschen greifen regelmäßig auf die taktile Erfassung per Tast-Sinn zurück: „Besondere Bodenstrukturen können mit dem Langstock oder den Füßen wahrgenommen werden, erhabene gestaltete Zeichen und Buchstaben mit den Händen.“ Für Menschen mit kognitiven Einschränkungen eignet sich der Einsatz von leichter Sprache oder Piktogrammen, um die benötigten Informationen zur Nutzung des ÖPNV zu vermitteln. Auch Kinder, Analphabetinnen und Analphabeten sowie Menschen mit geringen Sprachkenntnissen der Landessprache können davon profitieren.⁸⁷

Den Rechtsrahmen betreffend sind die beschriebenen Grundsätze nicht eindeutig vorgegeben. Im öffentlichen Personenverkehr sind unter anderen die Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrtunternehmen im Personenverkehr (BOKraft) und das Personenbeförderungsgesetz einschlägig.

Die BOKraft besagt im § 2, dass „[d]er Betrieb des Unternehmens sowie die Ausrüstung und Beschaffenheit der Fahrzeuge [...] den besonderen Anforderungen genügen [müssen], die sich aus dem Vertrauen in eine sichere und ordnungsgemäße Beförderung ergeben“. Bei der konkreten Ausgestaltung von Sitzplätzen für mobilitätseingeschränkte Personen gilt: „Der Unternehmer hat Sitzplätze für Schwerbehinderte, in der Gehfähigkeit beeinträchtigte, ältere oder gebrechliche Personen, werdende Mütter und für Fahrgäste mit kleinen Kindern vorzusehen. [...]“ (§ 34 BOKraft).

Gemäß § 8 Abs. 3 PBefG muss bis zum 01.01.2022 eine vollständige Barrierefreiheit im ÖPNV (Bus, Straßenbahn, U-Bahn, Fähre) erreicht werden. Die Gesetzesänderung wurde zum 01.01.2013 beschlossen. Um dieses Ziel zu erreichen sind die für den ÖPNV zuständigen Behörden (Aufgabenträger) dazu verpflichtet, die Belange der in ihrer Mobilität oder sensorisch eingeschränkten Menschen in den Nahverkehrsplänen (kurz NVP, ein Planungsinstrument im ÖPNV) zu berücksichtigen. Bei der Erstellung von NVP sollen zudem Behindertenbeauftragte/-beiräte und Verbände beteiligt bzw. angehört werden.

⁸⁷ ebd.

In NVP können jedoch begründete Ausnahmen festgehalten werden, bspw. aufgrund der Kategorisierung von Haltestellen. Demnach kann bestimmt werden, dass für Haltestellen der niederschwelligsten Kategorie eine barrierefreie Ausgestaltung nicht erfolgen wird (Kategorisierung anhand der erwarteten Fahrgastzahlen). Hierbei geht es bspw. um Haltestellen an Kreuzungen im ländlichen Raum, die abseits jeglicher Siedlungen liegen und auch keinen Fuß- oder Radweg in der Nähe haben.

Der § 8 Abs. 3 PBefG gilt nicht nur für den klassischen ÖPNV, sondern auch für On-Demand-Mobilitätsangebote; allerdings nur, wenn es sich dabei um einen Linienbedarfsverkehr handelt. Das bedeutet, Fahrgäste werden auf vorheriger Bestellung zwischen einem festgelegten Einstiegs- und Ausstiegspunkt innerhalb einer definierten Bedienzeit befördert. Gemäß § 64c Abs. 1 PBefG gilt für Taxen ebenfalls eine gesetzliche Regelung zur Barrierefreiheit. Aus diesem Grund müssen bei Unternehmen mit mindestens 20 Fahrzeugen fünf Prozent barrierefrei ausgestattet sein.

Im Kapitel 1.2 wurde bereits erwähnt, dass mit Blick auf das Jahr 2022 das Ziel der barrierefreien Gestaltung des ÖPNV-Systems jedoch „absehbar deutlich verfehlt“ wird.⁸⁸ Außerdem wurden durch den Gesetzgeber keine technischen Anforderungen definiert, die verbindlich festhalten, was unter Barrierefreiheit zu verstehen ist. So bleibt es bisher bei einer schrittweisen Entwicklung hin zu einem Ideal. Gleichzeitig werden die gefundenen Lösungen immer ein Kompromiss zwischen den Anforderungen unterschiedlicher Nutzungsgruppen bleiben, da es nicht realistisch ist, alle Hemmnisse für alle Formen von Behinderungen vollständig abbauen.⁸⁹

Haltestellen

Bei der baulichen Gestaltung von Haltestellen sind die einschlägigen rechtlichen Vorgaben und Normen zu beachten (nicht alle Regelungsinhalte können hier vollumfänglich ausgeführt werden). Auf die sonstige Ausstattung von Haltestellen wird im Unterkapitel „Information und Kommunikation“ eingegangen. Folgende Standards und Normen, aus denen sich Anforderungen an Haltestellenbreite und -länge, Regelhöhen von Bordsteinen, ein taktiles Leitsystem und die Zuwegung ergeben, werden folgend näher betrachtet:

- DIN 18040: Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen, Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum,
- DIN 32975: Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung,

⁸⁸ Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021a).

⁸⁹ Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Bundesarbeitsgemeinschaft ÖPNV der kommunalen Spitzenverbände (2014).

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

- DIN 32984: Bodenindikatoren im öffentlichen Raum (Neuaufgabe 2020),
- FGSV-Richtlinien zur Anlage von Stadtstraßen sowie Landesstraßen (RASt bzw. RAL) und
- FGSV-Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (EAÖ).

Aus den Richtlinien ergeben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Mindestmaße für die **Haltestellenbreite und -länge**:

Vorgabe	Erläuterungen
Die Regelbreite von Haltestellen beträgt min. 2,5 m.	Diese Breite soll über die gesamte Länge zur Verfügung stehen.
An allen Stellen der Haltestelle sind freie Bewegungsbereiche zwischen den Ausstattungselementen von mind. 1,5 m sicherzustellen.	Dies betrifft v. a. den Abstand zwischen einem Fahrgastunterstand und dem Bord bzw. zum Mast.
Haltestellen sind anhand der eingesetzten Fahrzeuglänge (Standardbus 12 m und Gelenkbus 18 m) auszulegen.	Sofern die Haltestelle auch durch andere Buslinien (bzw. längere Fahrzeugtypen) angefahren wird, sind längere Haltestellenbereiche zu schaffen (12 - 45 m).

Tabelle 2: Vorgaben zur Haltestellenbreite, Quelle: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013)

Die **Regelhöhen von Bordsteinen** an Haltestellen stellen aus Sicht der Barrierefreiheit einen Kompromiss mit den Anforderungen der Befahrbarkeit durch Busse dar (Reifenschonung und Schutz der Fahrzeuge vor Beschädigungen durch Bordberührungen). Um grundsätzlich die Barrierefreiheit von Haltestellen gewährleisten zu können, sollte die Höhe des Bords 18 cm über dem Fahrbahnniveau betragen, Zielmaß sind jedoch 22 cm. Zwischen Fahrzeug und Haltestellenfläche bleibt regelmäßig ein Höhenunterschied bestehen, der für Fahrgäste mit Rollstuhl oder Rollator eine Hürde darstellt. Maximal sollten Höhenunterschied und Abstand zum Haltestellenbord 5 cm betragen. Darüber hinaus ist der Einsatz von fahrzeugseitigen Rampen vorgesehen. Vom Haltestellenbereich ist darüber hinaus eine bauliche Absenkung auf das Umgebungsniveau (ggf. Fahrbahnebene) herzustellen. Der Haltestellenbereich ist mit einer max. Querneigung von 2 Prozent und einer max. Längsneigung von 3 Prozent herzustellen.⁹⁰

Als Teil einer barrierefreien Umgebung helfen Bodenindikatoren sehbehinderten Menschen, sich mithilfe eines Langstocks in ihrer Umwelt zu orientieren. Somit wird eine selbständige

⁹⁰ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013); DIN 18040-3:2014-12.

Mobilität gefördert. Alle fixen Haltestellen müssen mit einem **taktilen Leitsystem** am Boden ausgestattet sein. Dieses ist insbesondere vor dem Hintergrund der Barrierefreiheit notwendig, ist aber für alle Fahrgäste von Bedeutung, da es die Orientierung an der Haltestelle unterstützt.⁹¹ Als maßgebliche Norm ist dabei die DIN 32984 zu beachten, in der die technischen Anforderungen für Bodenindikatoren festgelegt werden. Dazu gehört insbesondere die Ausführung der Rippenstruktur.

An Bushaltestellen sind drei Elemente von Bodenindikatoren im taktilen Leitsystem vorzusehen: Auffindestreifen, Einstiegsfeld mit taktiler Oberfläche und Leitstreifen.⁹² In Tabelle 3 werden die Elemente erläutert.

Vorgabe	Erläuterungen
Ein Auffindestreifen von 90 cm Breite ist vorzusehen. Dieser ist über die gesamte Breite der Haltestelle und eines begleitenden Gehwegs anzulegen.	Der Auffindestreifen hilft, einen Haltestellenbereich in Abgrenzung zum übrigen öffentlichen Raum zu erkennen, er führt direkt zum Einstiegsfeld. Die Verlegerichtung der Rippenplatten ist parallel zum Haltestellenbord vorzusehen.
Im Bereich der Tür ist ein Einstiegsfeld mit taktiler Oberfläche, einer Länge von 1,20 m und einer Breite von 90 cm direkt angrenzend an das Haltestellenbord vorzusehen.	Die Verlegerichtung der Rippenplatten ist parallel zum Haltestellenbord vorzusehen.
Beginnend am Einstiegsfeld und über die gesamte Länge der Haltestelle ist ein Leitstreifen von 30 cm in einem Abstand von 60 cm von der Bordkante vorzusehen.	Ein Leitstreifen hat die Funktion, die Nutzerin oder den Nutzer entlang der Bushaltestelle zu leiten und deren Länge zu markieren. Er hilft vielen Fahrgästen auch als Orientierung zur Abgrenzung eines sicheren Aufenthaltsbereichs. Die Verlegerichtung der Rippenplatten ist parallel zum Haltestellenbord vorzusehen.

Tabelle 3: Vorgaben zur Ausgestaltung des Leitsystems, Quelle: DIN 32984:2020

Die Auswahl von baulichen Elementen muss so erfolgen, dass das Leitsystem zur weiteren Oberfläche des Haltestellenbereichs einen Leuchtdichtekontrast (K) von mind. 0,4 aufweist. Nähere Informationen zu Kontrastwerten sind bspw. in der DIN 32975 zu finden. Wird durch Auswahl der Bauelemente der Kontrastwert nicht erreicht, sind die Elemente des Leitsystems

⁹¹ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013).

⁹² DIN 32984:2020-12.

mit zusätzlichen Kontraststreifen (auch Begleitstreifen genannt) zu ergänzen, die allseitig angeordnet werden müssen.

Neben der Haltestelle selbst muss auch die **Zuwegung** barrierefrei gestaltet sein. Dies setzt mindestens in eine Richtung einen Anschluss an ein barrierefreies Wegenetz voraus. Der Hochbord einer Haltestelle muss beidseitig wieder auf Gehwegniveau abgesenkt werden. Wenn kein Gehweg vorhanden ist, muss die Absenkung auf Straßenniveau möglich sein.⁹³ Dies bedeutet im Einzelnen:

- Barrierefreie Überquerungsstellen zur Haltestelle und barrierefreie Straßenquerungen im Umfeld,
- Keine Stufen oder, wenn nicht möglich, stufenfreie, ausgeschilderte Alternativwege mit kleinen Umwegen,
- Lichte Durchgangsbreite in Durchgängen und an Engstellen von mindestens 0,90 m,
- Befestigter Bodenbelag,
- Konfliktfreie Radwegführung im Bereich der Haltestelle, zum Beispiel mit entsprechendem Pflasterbelag oder Trennstreifen,
- Mindestgehwegbreite von 1,80 m (Ausnahme: 1,50 m bei beengten Hauptstraßen mit geringem Fußverkehrsaufkommen).⁹⁴

Verkehrsflächen dürfen nicht stärker als 3 % geneigt sein, andernfalls sind bauliche Rampen oder Aufzüge vorzusehen. Ist eine solche Rampe für die barrierefreie Erschließung einer Haltestelle notwendig, so gelten folgende Anforderungen:

- Maximal 6 Prozent Längsneigung der Zuwegung,
- Keine Querneigung (0 Prozent),
- Nutzbare Laufbreite von mindestens 1,20 m,
- An Anfang und Ende der Rampe Bewegungsflächen von mindestens 1,50 m x 1,50 m und
- Ab 6 m Rampenlänge Zwischenpodest mit nutzbarer Länge von mindestens 1,50 m.⁹⁵

Einen weiteren Aspekt in Bezug auf Barrierefreiheit stellen die möglichen Formen von fest eingerichteten Haltestellen dar: Kaphaltestelle, Haltestelle am Fahrbahnrand oder Haltestellenbucht. Die drei Formen werden nachfolgend näher erläutert.

⁹³ DIN 18040-3:2014-12, S. 24.

⁹⁴ ebd.

⁹⁵ DIN 18040-1:2010-10.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Der von den Verkehrsunternehmen bevorzugte Typus bei fest eingerichteten Bushaltestellen ist die **Kaphaltestelle**. Sie ist eine bauliche Sonderform der Haltestelle am Fahrbahnrand und stellt die bevorzugte Haltestellenausgestaltung im Sinne der barrierefreien Nutzung dar. Diese Haltestellenform kann nicht von anderen Fahrzeugen zugeparkt werden. Hier wird die Haltestellenkante bis an den Fahrstreifen vorgezogen, was insbesondere im Zusammenhang mit zulässigem Längsparken am Fahrbahnrand das geradlinige Heranfahren der Fahrzeuge ohne Verschwenkungen und verkürzte Haltevorgänge ermöglicht. Auch aus Fahrgastsicht bietet diese Variante einen hohen Komfort durch größere Wartebereiche und, bei ausreichend Platz, eine konfliktfreie Führung des Radverkehrs. Weiterhin wirken Haltestellenkaps durch ihre leichte Einengung des Seitenbereichs verkehrsberuhigend und wirken durch ihre auffällige Bauform als Werbeträger für den Busverkehr. Durch die gradlinige Anfahrt wird der praktischen Sicherstellung der Barrierefreiheit im besonderen Maße Rechnung getragen.⁹⁶ Der exemplarische Aufbau dieser Haltestellenform wird in Abbildung 2 gegeben sowie die Vor- und Nachteile in Tabelle 4 dargestellt.

Kaphaltestelle

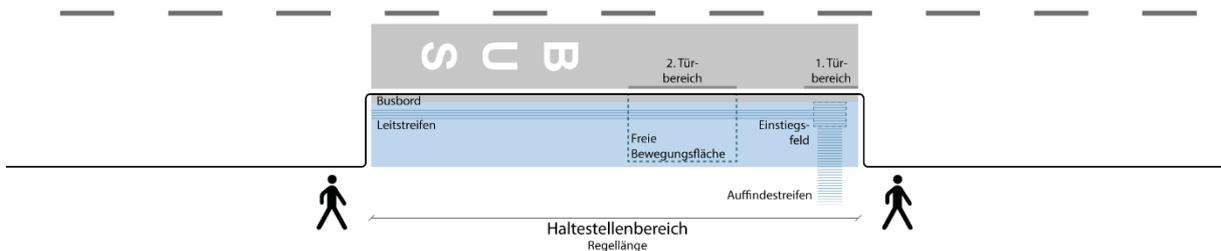


Abbildung 2: Aufbau einer Kaphaltestelle, Quelle: Interlink GmbH in Anlehnung an DIN 32948

⁹⁶ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013).

	Vorteile	Nachteile
<i>Betriebliche Aspekte</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erlaubt geradliniges Anfahren und problemloses Einordnen in den fließenden Verkehr • Ermöglicht einen beschleunigten und komfortablen Busverkehr • Schafft Aufmerksamkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendenzielle Behinderung für restlichen Straßenverkehr (nicht akzeptanzfördernd, insbesondere bei langsam fahrenden automatisierten Shuttle-Bussen)
<i>Fahrgastkomfort und Sicherheit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gerades Anfahren ohne Verschwenkungen möglich • Mehr Platz ermöglicht größere Wartebereiche und eine Reduzierung der Konflikte mit dem Radverkehr 	<ul style="list-style-type: none"> • Wartebereich i. d. R. direkt an Richtungsfahrbahn
<i>Barrierefreiheit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ermöglicht barrierefreien Ein- und Ausstieg • Barrierefreier Ausbau durch Anpassung der Bordhöhe und Erhöhung der Wartefläche möglich • Wirkt verkehrsberuhigend 	-

Tabelle 4: Vor- und Nachteile von Kaphaltestellen, Quelle: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2013

Eine **Haltestelle am Fahrbahnrand** kann ohne Fahrbahnwechsel angefahren werden und erlaubt ein problemloses Einordnen in den fließenden Verkehr. Diese Form von Haltestellen ermöglicht daher einen beschleunigten und komfortablen Busverkehr. Meist sind nur geringe bauliche Maßnahmen zur Realisierung dieses Haltestellentyps und zur Gewährleistung eines barrierefreien Ein- und Ausstiegs nötig. Wenn am Fahrbahnrand vor und nach der Haltestelle Längsparkstreifen vorhanden sind, muss ausreichend Platz zum Anfahren gewährleistet werden. Dies setzt entsprechend dimensionierte Park- und streng durchgesetzte Halteverbotszonen oder bauliche Trennungen voraus.⁹⁷ Der exemplarische Aufbau dieser Haltestellenform wird in Abbildung 3 gegeben und die Vor- und Nachteile werden in Tabelle 5 dargestellt.

⁹⁷ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013).

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Gründen an anderer Stelle (zum Beispiel Rückstau in Kreuzungsbereiche) beschleunigt werden soll. Damit geht allerdings einher, dass sich der Bus nach dem Halten wieder in den fließenden Verkehr einfädeln muss.

Nachteilig ist, dass für Fahrgäste das Einfahren in die Busbucht unangenehme Verschwenkungen mit sich bringen kann. Die Barrierefreiheit ist zudem kritisch zu bewerten, da häufig Lücken zwischen Bus und Bordsteinkante entstehen und überbrückt werden müssen. Auch können im Winter die von der Fahrspur abgeräumten Schneereste die Einfahrt in die und die gewünschte Anfahrt an das Haltestellenbord erschweren. Ein weiterer Nachteil ist, dass häufig andere Fahrzeuge im Haltestellenbereich halten oder parken. Dadurch ist das einfache Ein- oder Ausfahren aus der Haltestellenbucht nicht möglich, da beispielsweise mit der hinteren Tür nicht nah genug am Bordstein herangefahren werden kann.

Eine Sonderform ist die Haltestellenbucht mit Nase, die das spaltenfreie Heranfahren an die Bordkante erleichtern soll und eine geringere Gesamtlänge als die einfache Busbucht erfordert.⁹⁸

Haltestellenbucht

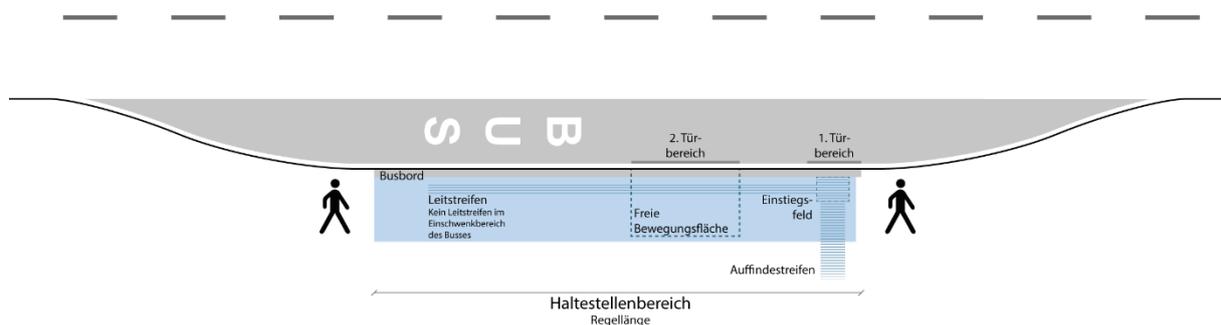


Abbildung 4: Aufbau einer Haltestellenbucht, Quelle: Interlink GmbH in Anlehnung an DIN 32948

	Vorteile	Nachteile
<i>Betriebliche Aspekte</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erlaubt längere Haltezeiten (z. B. bei Endhaltestelle, Umsteigevorgängen) • Bietet Haltemöglichkeit, ohne den restlichen Verkehr zu behindern 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfordert lang ausgebaute Haltestellen • Wiedereinfädeln in den fließenden Verkehr kann zu Zeitverlusten führen
<i>Fahrgastkomfort und Sicherheit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Wartebereich abseits der Richtungsfahrbahn 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein- und Ausfahren geht mit starken Verschwenkungen einher

⁹⁸ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013).

	Vorteile	Nachteile
		<ul style="list-style-type: none"> • Häufig größere Spaltbereiche zum Fahrzeug
<i>Barrierefreiheit</i>	-	<ul style="list-style-type: none"> • Spaltfreies Anfahren wird erschwert, Lücken sind zu überbrücken

Tabelle 6: Vor- und Nachteile von Haltestellenbuchten, Quelle: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2013)

Fahrzeug

Bei der Entwicklung und dem Aufbau von Fahrzeugen müssen rechtliche Vorgaben und Standards beachtet werden. In diesem Bericht wird die EU-Busrichtlinie 2001/85/EG näher betrachtet. Anschließend erfolgt ein Überblick über die Regelungen zur Beförderung von mobilitätseingeschränkten Menschen und es wird näher auf die Rollstuhlsicherung eingegangen.

Gemäß der EU-Busrichtlinie 2001/85/EG, gültig für Fahrzeuge mit über acht Fahrgastplätzen, sollen für den Stadtverkehr Niederflurbusse eingesetzt werden. Der Einsatz dieser Busse ist auch für den ländlichen Raum wünschenswert. Daher sollten Hochflurbusse nur in begründeten Einzelfällen und mit einem Hublift zum Einsatz kommen. In den Fahrzeugen müssen ausreichend dimensionierte Sondernutzungsflächen vorhanden sein. Sondernutzungsflächen sind für Rollstühle, Rollatoren, Kinderwagen etc. gedacht. Damit alle Personengruppen ihren Haltewunsch anzeigen können, ist es wichtig, dass die dazugehörigen Taster von allen Fahrzeugbereichen aus erreichbar sind. Weiterhin sind die kontrastreiche, taktile Gestaltung des Fahrzeuginneren (z. B. Haltegriffe und -stangen) sowie akustische und visuelle Fahrgastinformation ein relevanter Baustein der barrierefreien Nutzbarkeit.⁹⁹

In der EU-Busrichtlinie wird zwischen verschiedenen Fahrzeugklassen unterschieden (bis 22 Plätze und darüber hinaus). Bei Fahrzeugen mit mehr als 22 Fahrgastplätzen werden drei Unterklassen differenziert. Fahrzeuge der Klasse I sind hauptsächlich für die Beförderung stehender Fahrgäste zwischen zahlreichen Haltestellen auf der Strecke gedacht. Die Klasse II entspricht Fahrzeugen, die hauptsächlich für sitzende Fahrgäste gebaut sind, allerdings auch stehende Fahrgäste im Gang oder einer Fläche von max. zwei Sitzflächen befördern. Die Klasse III sieht ausschließlich die Beförderung sitzender Fahrgäste vor. Fahrzeuge mit einer Anzahl von maximal 22 Fahrgastplätzen werden in zwei Untergruppen bzw. Klassen geteilt. Klasse A ist zur Beförderung stehender Fahrgäste ausgelegt und verfügt auch über Sitze.

⁹⁹ Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Bundesarbeitsgemeinschaft ÖPNV der kommunalen Spitzenverbände (2014).

Wohingegen in der Klasse B keine Stehplätze vorhanden sind und das Fahrzeug nur sitzende Fahrgäste befördern darf.

Zur Beförderung von mobilitätseingeschränkten Menschen sind die in Tabelle 7 genannten Vorschriften zu Stufen (Einstiegshöhe), Sitzen, Kommunikationseinrichtungen, Piktogrammen, Fußbodenneigung, Rollstuhlnutzung, Standfestigkeit, Türbetätigung, Beleuchtung und Einstiegshilfen zu beachten.¹⁰⁰

Vorschrift	Erläuterung
<i>Stufen (Einstiegshöhe)</i>	<p>Fahrzeugklasse I und A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Höhe erste Stufe zur Fahrbahn: max. 250 mm (Ausnahme: 270 mm mit Absenkvorrichtung und/oder einklappbarer Stufe) • Restliche Stufen: 200 mm <p>Fahrzeugklasse II, III und B:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Höhe erste Stufe zur Fahrbahn: 320 mm • Restliche Stufen: 250 mm
<i>Platzangebot für Fahrgäste mit eingeschränkter Mobilität</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestanzahl Behindertensitze: <ul style="list-style-type: none"> - Fahrzeugklasse I: 4 - Fahrzeugklasse II, III: 2 - Klasse A und B: 1 • Unter/neben einem Behindertensitz angemessener Platz für einen Blindenhund • Hochklappbare Armlehne zwischen Sitz und Gang • Handgriffe oder Handläufe in unmittelbarer Sitznähe
<i>Kommunikationseinrichtungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikationseinrichtungen in Höhe (h) zwischen 700 mm und 1200 mm über dem Fußboden anzubringen • Kommunikationseinrichtung im Niederflurbereich: Höhe zw. 800 mm und 1500 mm (keine Sitzplätze) • Betätigungseinrichtungen mit der Hand bedienen und in Kontrastfarben/-tönung dargestellt • Fahrzeug mit Rampe oder Hubvorrichtung: Kommunikationseinrichtung auf Fahrzeugaußenseite in Höhe von höchstens 1300 mm (über Fahrbahn)
<i>Piktogramme</i>	<p>Passende Piktogramme im Fahrzeuginneren (an entsprechender Stelle) sowie außen auf der Beifahrerseite und neben jeweiligen Betriebstüren</p>
<i>Fußbodenneigung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Max. Neigung von 8 Prozent zwischen Gängen, Zugängen oder Fußbodenbereichen zwischen Behindertensitz oder Rollstuhlplatz

¹⁰⁰ Richtlinie 2001/85/EG.

Vorschrift	Erläuterung
	<ul style="list-style-type: none"> • Rutschfester Belag in diesem Bereich
<i>Rollstuhlnutzung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Größe Rollstuhlplatz: mindestens 750 mm Breite (b) x 1300 mm Länge (l) • Längsebene des Rollstuhlplatzes parallel zur Längsebene des Fahrzeugs • Rutschhemmender Fußbodenbelag • Rollstuhlrückhaltesystem • Mindestens eine Tür (Mindestmaße: 1400 mm (h) x 900 mm (b)) für Rollstuhlfahrern
<i>Sitze im Rollstuhlplatzbereich</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Klappsitze • Herausnehmbare Sitze • Kennzeichnung mit Aufschrift „Diesen Platz bitte für einen Rollstuhlfahrer freimachen“, wenn Fußraum eines Sitzes oder Teil vom Klappsitz in Benutzerstellung in Rollstuhlplatz hineinragt
<i>Türbetätigung</i>	Höhe der Einrichtung zum Öffnen und Schließen der Tür bei 1300 mm über Fußboden bzw. Fahrbahn
<i>Beleuchtung</i>	Angemessene Beleuchtung
<i>Einstiegshilfen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Absenkvorrichtung • Hubvorrichtung • Rampe mit maximal 12 % Neigung bei angenommener Bordsteinhöhe von 150 mm (bei Fahrzeugen mit über acht Fahrgastplätzen)

Tabelle 7: Vorschriften für technische Einrichtungen für Fahrgäste mit eingeschränkter Mobilität, Quelle: Richtlinie 2001/85/EG

Beim Transport von Rollstühlen und der Beförderung von Personen in einem Fahrzeug sind die folgenden Vorschriften und Standards einschlägig:¹⁰¹

- DIN EN 12183: Anforderungen an manuelle Rollstühle,
- ISO 7176-19: Anforderungen an den Frontal-Crash des Rollstuhls, damit dieser als Sitz in einem Kraftfahrzeug zugelassen werden kann,
- ISO 10542-1: Anforderungen und Prüfmethode an das Rollstuhlbefestigungs- und Personenrückhaltesystem und

¹⁰¹ SORG Rollstuhltechnik GmbH + Co. KG (2019).

- DIN 75078-2: Anforderungen an Kraftfahrzeuge zur Beförderung mobilitätsbehinderter Personen im Rollstuhl (KMP).

Zur Sicherung von Rollstuhlfahrenden in Fahrzeugen muss eine Rückhaltesicherung genutzt werden. Diese besteht aus einem Insassen- und Rollstuhlrückhaltesystem. Zum Insassenrückhaltesystem gehören ein Rückhaltegurt mit Verbindungs- und Spannelemente wie Beckengurt, Schulterschräggurt und Kraftknoten. Das Rollstuhlrückhaltesystem dient zur Befestigung des Rollstuhls durch Rückhaltegurte mit Verbindungs- und Spannelementen.¹⁰² Sind sonstige Fahrgastsitze nicht mit einem Insassenrückhaltesystem ausgestattet, so muss laut EU-Busrichtlinie 2001/85/EG trotzdem der Rollstuhlbereich zur Standfestigkeit mit einem Rückhaltesystem für den Rollstuhl ausgestattet werden (nicht für den Insassen). Sind allerdings alle Fahrgastsitze mit einem Insassenrückhaltesystem ausgerüstet, so ist auch für jeden Rollstuhlplatz ein solches Rückhaltesystem anzubringen, welches den Rollstuhl samt Nutzer bzw. Nutzerin sichert.

Darüber hinaus sind Richtlinien smarterer Mobilität für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen in Entwicklung (Entwurfassung der DIN 13278). Darin enthalten ist ein Abschnitt zu autonom fahrenden Bussen (Abschnitt 7.8). Es wird auf die erforderliche Verfügbarkeit von Dienstleistungen/Funktionen in Situationen hingewiesen, wo neben dem entfallenen Fahrpersonal sogar andere Fahrgäste als Ansprechpartner fehlen:

- „Position der Notruf- und Infosprechstelle im Fahrzeug; der Notruf sollte alternativ auch über die Mobilitätsanwendung erfolgen können [...]“;
- Belegung des einfahrenden Fahrzeuges, (wenn keine freien Sitzplätze, dann ist keine Mitfahrt erlaubt);
- Status des Fahrzeuges;
BEISPIEL Längerer Halt wegen Ausfall des autonomen Fahrsystems.
- defekte Tür;
- Evakuierungsinformation bei Nothalt;
- Information zu Nothaltknopf und Notfall-Türentriegelung;
- Informationen, wenn eine Haltestelle nicht korrekt angefahren werden kann;
- bei elektrischen Fahrzeugen Annäherungsalarm; der Not- oder Infoanruf sollte auch zusätzlich über die Mobilitätsanwendung erfolgen können.“¹⁰³

¹⁰² DIN 75078-2:2021-03.

¹⁰³ E DIN 13278:2021-09, S. 19.

Information und Kommunikation

Im ÖPNV ist grundsätzlich ein umfassendes Informieren über die Wegekette wichtig, auch für Menschen mit Behinderungen, die dabei jedoch oftmals auf Barrieren treffen. Die Aktualität der Informationen vor und auch während der Nutzung des ÖPNVs spielt eine wesentliche Rolle. Störungen und temporäre Änderungen sollten möglichst zeitnah und auf dem Zwei-Sinne-Prinzip übermittelt werden. „Gerade an baulich komplexen Anlagen (wie z. B. Bahnhöfen, Busbahnhöfen und sonstigen Verknüpfungspunkten) ist es von besonderer Bedeutung, dass alle wichtigen Informationen zur Orientierung sowohl visuell als auch akustisch und/oder taktil zur Verfügung stehen.“¹⁰⁴ Auch die Darstellung von Informationen und die Kommunikation mit Fahrgästen obliegt Vorgaben und Normen. Relevant sind hierbei die Vorschriften zur Kennzeichnung und Beschilderung nach BOKraft, die DIN 32975 (Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung) sowie eine Entwurfsfassung der DIN 13278 (Richtlinien smarter Mobilität für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen). Diese werden im weiteren Verlauf näher erläutert.

Die Beschilderung und Kennzeichnung von Bussen zu Linie und Streckenführung sind bestimmten Vorschriften unterlegen.¹⁰⁵ Jedes Fahrzeug ist mit einem Zielschild an der Frontseite, einem Streckenschild an der rechten Längsseite sowie mit der Liniennummer am Heck auszustatten. Eine Ausnahme gibt es für Fahrzeuge mit neun bis 35 Fahrgastsitzplätzen. Dort muss kein Streckenschild an der Seite vorhanden sein. Das Zielschild muss mindestens den Endpunkt der Linie (Zielort, -haltestelle) sowie die Liniennummer abbilden. Das Streckenschild bildet die Liniennummer, Ausgangs-/Endpunkte der Linie und wichtige Angaben über den Fahrweg ab. Wichtig ist außerdem, dass Strecken-, Zielschild und Liniennummer auch bei Dunkelheit erkennbar sind.

Gemäß DIN 32975:2009-12 muss bei Informationstafeln, Fahrplänen und Schildern der Kontrast beachtet werden (bei bunten Varianten mindestens 0,7 und bei schwarz-weißen 0,8). Des Weiteren muss bei der Gestaltung von Informationen auf eine angemessene Farbkombination geachtet werden (aufgrund von Farbsinnstörungen wie Rot-Grün-Blindheit). Eine angemessene Beleuchtung ist wichtig, um Kontraste gut wahrnehmen zu können. Wichtige Bereiche und Ziele (z. B. Informationstafeln) sind hervorzuheben. Die Beleuchtung darf Kontraste nicht verfälschen. Die Mindestzeichengröße ist abhängig vom gegebenen Kontrast, Beleuchtungsniveau und Beobachtungsstand der lesenden Person. Fahrpläne sind auf mittlerer Lesehöhe

¹⁰⁴ Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Bundesarbeitsgemeinschaft ÖPNV der kommunalen Spitzenverbände (2014). S. 18.

¹⁰⁵ § 33 BOKraft (Kennzeichnung und Beschilderung).

von 1,30 Metern anzubringen. Ein kurzer Sehabstand und nahes Herantreten müssen stets möglich sein. Informationselemente müssen Grundanforderungen wie Wahrnehmbarkeit und Auffälligkeit von größerer Entfernung, Lesbarkeit, Verständlichkeit/Eindeutigkeit, funktionsgerechte Platzierung sowie eine semantische Gruppierung erfüllen.

In einem Entwurf der Europäischen Norm EN 17478 (Dienstleistungen im Transportwesen – Kundenkommunikation für Dienstleistungen im Personenverkehr – Ein Universal-Design-Ansatz) werden Vorgaben zur Planung, Gestaltung, Entwicklung und Bereitstellung von Kommunikationsdienstleistungen im Zusammenhang mit der Personenbeförderung dargelegt. Es geht darum, Informationen für einen weiten Nutzerkreis zugänglich, verständlich sowie nutzbar zur Verfügung zu stellen, das entspricht dem universellen Ansatz der EN 17161. Die in Tabelle 8 formulierten Schlüsselprinzipien sind im Personenverkehr zur Anwendung der Grundsätze des Universellen Designs sowie als Leitlinien für die Kundenkommunikation zu beachten.¹⁰⁶

Prinzip	Erläuterung
<i>Wahrnehmbare Informationen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Wahrnehmungsformen anwenden: visuell, akustisch und taktil • Maximieren der Lesbarkeit der wesentlichen Informationen • Verfügbarkeit von Anweisungen bzw. Hinweisen in leichter und verständlicher Sprache • Kompatibilität mit einer Vielzahl von Techniken oder Geräten, die von Menschen mit sensorischen Einschränkungen verwenden
<i>Fehlertoleranz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Richtige Anordnung der Elemente, um Gefahren und Fehler zu vermeiden • Warnung vor Gefahren und Fehlern • Ausfallsichere Funktionen (Fehler leicht wieder rückgängig machen) • Abhalten von unbewusstem Handeln bei Aufgaben, die Wachsamkeit erfordern (z. B. Kontodaten eintragen)
<i>Einfache und intuitive Nutzung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Keine unnötige Komplexität • Symbole und Formulierungen sollen allen Nutzern vertraut und international erkennbar sein • Berücksichtigung diverser Lese- und Sprachkenntnisse • Ordnung von Informationen nach der Wichtigkeit • Wirksame Aufforderung und Rückmeldung wahren und nach Abschluss der Aufgabe
<i>Flexibilität in der Nutzung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl verschiedener Möglichkeiten zur Kundenkommunikation (akustisch, visuell, taktil) • Darstellung klarer, prägnanter und gut strukturiert

¹⁰⁶ EN 17478.

Prinzip	Erläuterung
	<ul style="list-style-type: none">• Verständlichkeit bei der Darstellung der Inhalte• Anpassungsfähigkeit an das Tempo der Nutzerin oder des Nutzers

Tabelle 8: Prinzipien bei der Kundenkommunikation, Quelle: EN 17478

Für Mobilitäts-Apps gelten zudem folgende Standards: Ein Entwurf der DIN 13278:2021-09 beschreibt die Vorgaben für smarte Mobilität in Bezug auf Menschen mit Mobilitätseinschränkungen. Typische Mobilitätsanwendungen zur Nutzung des ÖPNVs sowie bei der Orientierung im öffentlichen Raum sind z. B. Routenplanung, Navigation, An- und Abfahrtspläne, Fahrkartenverkauf, Umgebungsinformationen, Points of Interest (englisch für Orte von Interesse) sowie Informationen zur Barrierefreiheit. Die barrierefreie Gestaltung von mobilen Anwendungen ist in der DIN 301549:2020-02 (Barrierefreiheitsanforderungen für IKT-Produkte und -Dienstleistungen) verankert. „Dazu gehören z. B. geeignete Farbkontraste, sichtbarer Fokus, Beschriftung aller Bildelemente (für Screen-Reader), Möglichkeit der Vergrößerung bis 200 %, große Schaltflächen, geeignetes Zeitverhalten usw.“¹⁰⁷ Screen-Reader, Schriftvergrößerung, Töne, Vibrations- und Bildschirmparameter, Konfigurierbarkeit von Gesten- und Touch-Bedienung sind integrierte Assistenzfunktionen von Smartphones. Diese Anforderungen reichen allerdings nicht für eine optimale barrierefreie Gestaltung aus. Optimierungsbedarf besteht darin, dass alle folgenden Informationen sowie Dienstleistungen aus einer Hand kommen:¹⁰⁸

- Haltestellen-/Fahrzeuginformation,
- Echtzeitinformation zum Fahrzeug vor Ankunft an Einstiegshaltestelle,
- Kommunikation mit einem Fahrzeug bei Ankunft an der Einstiegshaltestelle,
- Informationen während Ein-/Ausstieg,
- Informationen vor Ausstieg,
- Informationen im Bus während der Fahrt,
- Zuverlässige Verfügbarkeit von Services und zusätzlicher Informationen,
- Akustische Signale im öffentlichen Raum (Ampel, Bahnübergang, Auffindesignal),
- Serviceanforderungen (fahrzeugbezogene Serviceanforderungen, im öffentlichen Raum, Informations- und Notrufsprechstelle, akustische Durchsagen an Stationen, Aufzüge).

Dabei ist darauf zu achten, dass die Bedienoberfläche einfach, einheitlich und barrierefrei dargestellt und nutzbar ist. Außerdem ist die Unabhängigkeit vom Betriebssystem, Anbieter sowie

¹⁰⁷ DIN 13278:2021-09, S. 12.

¹⁰⁸ ebd.

Stadt/Region essenziell. Weiterhin sollte dem Fahrgast eine passende Mobilitätsanwendung automatisch vorgeschlagen und gestartet werden. Die individuelle Konfigurierbarkeit der Anwendung gehört auch zu den Optimierungsmöglichkeiten einer barrierefreien Gestaltung von Mobilitätsanwendungen. Dazu zählen u. a.:

- Benutzerprofile müssen unabhängig von der Plattform im-/exportierbar sein,
- Konfigurierbare Möglichkeiten müssen gegen versehentliches Verstellen geschützt werden,
- Unterschiedliche Benutzermodi wie Anfänger, Fortgeschrittene und Experten,
- Töne und Vibrationen als Mitteilung auf eine neue Information (inkl. Möglichkeit der individuellen Einstellung zu Häufigkeit, Priorität, Vibrationsmuster und Tönen) und
- Automatischer Fokus auf die aktuellen Informationen.¹⁰⁹

Auch die Darstellung von Informationen bzw. die Nutzung der angebotenen Servicedienstleistungen bedarf noch der Optimierung. Die Bereitstellung von Informationen zu aktuellen Ereignissen muss unverzüglich erfolgen. Des Weiteren sollten Assistenzfunktionen von den Mobilitätsanwendungen unterstützt und genutzt werden. Nicht genutzte Services und Informationen sollten in den Hintergrund rücken, etwa durch Ausblenden oder anderer Anordnung dieser. Die Sortierung von Informationen in Echtzeit sollte automatisch erfolgen. „Bei der Gestaltung der Anwendung sollten die einzelnen Aufgaben des Benutzers klar voneinander abgegrenzt werden. Für jede Aufgabe sollte eine separate Ansicht gestaltet werden. Zwischen den Ansichten sollte einfach umgeschaltet werden können.“¹¹⁰ Besonders wichtig für blinde und sehingeschränkte Menschen ist die Orientierung bei der Nutzung von Smartphones. Gleiche Funktionen (z. B. die Uhrzeit immer rechts oben) müssen auf allen Ansichten an der gleichen Stelle platziert werden. Bei der Anordnung von Elementen auf dem Bildschirm hat sich die Darstellung in einer Gitterstruktur mit gleichgroßen, virtuellen Kacheln mit höchstens fünf Zeilen sowie maximal vier Spalten (in Hochformat) bewährt. Alternativ wird auch die Darstellung mit einer Listen-/Tabellenstruktur und fester Kopf- und Fußzeile empfohlen.¹¹¹

¹⁰⁹ DIN 13278:2021-09.

¹¹⁰ ebd., S. 14.

¹¹¹ ebd.

Betrieb und Dienstleistungen

Für einen reibungslosen Betrieb sollten die Infrastruktur sowie die Fahrzeuge regelmäßig gewartet und gereinigt werden, auch im Hinblick auf den Winterdienst. Wenn Haltestellenkanten mit einer Eis- oder Schneeschicht bedeckt sind, kann das Fahrzeug nicht bis ans Bord heranhelfen und u. a. Rollstuhlfahrer nicht mehr barrierefrei einsteigen. Des Weiteren ist das taktile Leitsystem an Haltestellen von Eis und Schnee zu befreien.¹¹²

Werden Haltestellen baustellenbedingt verlegt, muss die Wegführung zu den verlegten Haltestellen klar, verständlich und barrierefrei für den Nutzenden sein.¹¹³

Außerdem sollte das Fahr- und Servicepersonal von Verkehrsunternehmen regelmäßig im Umgang mit mobilitätseingeschränkten Personen geschult werden. Demnach ist gemäß EU VO 181/2011 Fahrgastrechte im Kraftomnibusverkehr eine Schulung aller Mitarbeiter mit Kundenkontakt in Bezug auf Menschen mit Behinderungen vorgeschrieben.¹¹⁴

Neuerungen durch automatisierte Fahrzeugsysteme

Durch die neue Technologie des automatisierten und vernetzten Fahrens ergeben sich mittel- und langfristige neue Chancen und Herausforderungen in Bezug auf Barrierefreiheit. Das Straßenverkehrsgesetz wurde 2021 so angepasst, dass automatisiertes Fahren ohne fahrzeugführende Person unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt ist und damit das autonome Fahren in Deutschland unkomplizierter weiterentwickelt werden kann (siehe Kapitel 2.2). Die wichtigsten Gesetzesänderungen in Bezug zur Barrierefreiheit dabei sind u. a., dass Kraftfahrzeuge ihre Fahraufgabe fahrzeugführerlos in festgelegtem Betriebsbereich erfüllen können (SAE-Level 4). Dadurch entfällt das Fahrpersonal und eine Technische Aufsicht (TA) übernimmt die Überwachung des Fahrzeugs. Der Operator übernimmt nicht nur Überwachung und Übernahmefunktionen der Fahraufgabe, sondern dient Fahrgästen auch als Informationsquelle und kommt z. B. beim Ein- und Aussteigen mit der Rampe zur Hilfe. Diese Hilfestellungen fallen durch die Gesetzesänderung weg. Für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen kann dies eine Einschränkung bei der Nutzung von automatisierten Fahrzeugen darstellen.

Weiterhin haben die aktuell genutzten automatisierten Fahrzeuge weniger Fahrgastsitzplätze und Sondernutzungsflächen als die bisher meist zum Einsatz kommenden Niederflerbusse.

¹¹² Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Bundesarbeitsgemeinschaft ÖPNV der kommunalen Spitzenverbände (2014).

¹¹³ ebd.

¹¹⁴ ebd.

Daher ist der Spielraum bei Rollstühlen, Kinderwagen sowie Gepäck von Fahrgästen in den verfügbaren Fahrzeugmodellen sehr begrenzt.

Neue Mobilitätsformen wie On-Demand-Verkehre (bedarfsgesteuerte Verkehre) können zukünftig vermehrt auch durch automatisierte Fahrzeuge abgedeckt werden. Die dahinterstehenden Betriebskonzepte sind nicht immer fahrplan- und haltstellengebunden, sondern werden durch Fahrtwünsche von Fahrgästen ausgelöst. Es kann sich um Fahrten zu gewünschten Haltestellen oder als Tür-zu-Tür-Bedienung handeln, wodurch die Problematik von nicht barrierefrei ausgebauten Haltepunkten hinzutritt. Vielfach werden für automatisierte Shuttleverkehre temporäre oder als „virtuell“ bezeichnete Haltepunkte eingerichtet. Virtuelle Haltestellen in diesem Sinne sind im System hinterlegte Zugangspunkte zum Fahrzeug (bspw. an jeder Kreuzung im Bediengebiet), die zukünftig vermehrt im Bedarfsverkehr zum Einsatz kommen werden. Temporäre Haltestellen hingegen sind oftmals lediglich durch Haltestellenmaste am Fahrbahnrand markiert. Bei beiden Haltestellenformen kann eine physische Barrierefreiheit nur äußerst eingeschränkt gewährleistet werden. Daher müssen für diese Zugänge Lösungen für mobilitätseingeschränkte Menschen geschaffen werden.

Verschiedene Gremien und Ausschüsse haben bereits Anforderungen an neue Mobilitätsdienste und Technologien erarbeitet. So hat der gemeinsame Fachausschuss für Umwelt und Verkehr des Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverbandes (DBSV) einen Anforderungskatalog von blinden und sehbehinderten Nutzern an das autonome Fahren verfasst. In diesem geht es sowohl um Infrastruktur als auch Fahrzeuge des ÖV und Individualverkehrs.¹¹⁵ Die Europäische Blindenunion (EBU) hat ein Papier zur Vermeidung von Barrieren im Busverkehr für Menschen mit visueller Beeinträchtigung verfasst, in denen heutige und zukünftige Perspektiven betrachtet wurden.¹¹⁶ Zentrale Ergebnisse, die Anforderungen an neue und fahrerlose Systeme darstellen, aber heute noch nicht gelöst sind, werden folgend sowohl für die Infrastruktur als auch für die Fahrzeuge zusammengefasst.

Infrastruktur

Physische und virtuelle Haltestellen sollten ausnahmslos baulich zugänglich und barrierefrei nutzbar sein sowie taktile Auffindestreifen und ein Einstiegsfeld gemäß DIN 32984 umfassen. Fahrbahnquerungen an Strecken mit autonomen Fahrzeugen sollten barrierefrei und sicher gestaltet werden sowie taktile und akustische Signaleinrichtungen umfassen – bevorzugt

¹¹⁵ Tölke et al. (2019).

¹¹⁶ Allen-King et al. (2021).

werden dabei Lichtsignalanlagen (Ampeln). Stellplätze für den autonomen Individualverkehr und Mietwagenverleih müssen baulich barrierefrei und zugänglich sein.

Fahrzeuge im ÖV, Mietwagenverhältnis und Individualverkehr

Fahrgastinformationen sollten Haltansagen, Anschlussverbindungen, betriebliche Störungen im Zwei-Sinne-Prinzip umfassen sowie innen und teilweise auch außen bereitgestellt werden. Fahrtverlauf und Standortbestimmung sollten sowohl über Smartphone-Anwendungen als auch im Fahrzeug über Taster abrufbar sein. Vorrangplätze sollten barrierefrei zugänglich in der Nähe der Tür platziert und mit visuell und taktil wahrnehmbaren Kennzeichnungen (Zwei-Sinne-Prinzip) ausgestattet sein. Kommunikationseinrichtung zur Kontaktaufnahme mit einer TA sollte im Zwei-Sinne-Prinzip vorhanden sein. Ein- und Ausstiegstüren sollten über ein akustisches Tür-Finde-Signal auffindbar sein und sensibel für Langstöcke, Hundeleinen etc. sein. Bedienelemente dürfen keine Touchscreens oder Sensortasten umfassen, sondern sollten das Zwei-Sinne-Prinzip, vor allem die Anforderungen an das Tasten und ein akustisches Bestätigungssignal umfassen, erfüllen. Ein akustisches Fahrzeug-Warnsystem (englisch Acoustic Vehicle Alert System, kurz AVAS) muss in Fahrzeugen vorhanden sein. Auf der Fahrbahn befindliche Personen und Gegenstände wie Langstöcke und andere Hilfsmittel müssen vom Fahrzeug erkannt werden.

Brinkley et al. ergänzen darüber hinaus noch, dass ein sicherer Ausstieg gewährleistet werden sollte. Hindernisse wie Radwege, Poller etc. sollten akustisch angesagt werden und ein sicheres Ausfahren der Rampe sichergestellt werden.¹¹⁷

Fazit

Barrierefreiheit im ÖPNV bedeutet nicht nur barrierefreie Haltestellen anzubieten, sondern eine Kombination von Haltestellen-, Fahrzeuginfrastruktur, Infotainment und Kundenkommunikation sowie Unterhaltung und Betrieb der Anlagen. Um eine einheitliche Barrierefreiheit im ÖPNV gewährleisten zu können, wurden bereits viele Richtlinien DIN- und EN-Normen veröffentlicht. Auch die Gesetzesänderungen in Hinblick auf Barrierefreiheit nehmen zu und blenden Menschen mit Mobilitätseinschränkungen nicht weiter aus. Beispielsweise steht der § 8 Abs. 3 PBefG für eine vollständige Barrierefreiheit im ÖPNV. Laut dem Deutschen Bahnkunden-Verband e. V. wird dieses Ziel zum vorgegebenen Zeitpunkt jedoch nicht erreicht sein. Der Verband hat in einer bundesweiten Stichprobe 62 Nahverkehrspläne anhand der Barrierefreiheit ausgewertet. Das Ergebnis: Keiner der untersuchten Nahverkehrspläne bildet eine

¹¹⁷ Brinkley et al. (2018).

vollständige Barrierefreiheit ab. „Auch wenn die 62 Pläne nicht repräsentativ sind, zeigt es doch eine Tendenz: Inklusion, Barrierefreiheit und die Erfüllung der UN-Behindertenrechtskonvention spielt in Deutschland keine Rolle. Stattdessen berufen sie sich darauf, dass „vollständige Barrierefreiheit“ ein „unbestimmter Rechtsbegriff“ und das Ziel sowieso nicht in 9 Jahren zu erreichen sei. [...]“.¹¹⁸ Im Rückschluss müssten die existierenden Vorgaben mit mehr Nachdruck und finanzieller Ausstattung umgesetzt werden.

Die verschiedenen Bauformen von Haltestellen bieten alle ein unterschiedliches Maß an Barrierefreiheit. Auffindestreifen, Leitsysteme und Einstiegsfelder mit taktiler Oberfläche gehören mit zu den wesentlichen Elementen. Die bevorzugte Haltestellenform ist die Kaphaltestelle, auch im Sinne der barrierefreien Ausgestaltung. Die Zuwegung zu den Haltestellen muss auch barrierefrei gestaltet werden. Außerdem ist es essenziell, dass in allen oben genannten Bereichen das Zwei-Sinne-Prinzip eingehalten wird, um möglichst viele Formen der Mobilitätseinschränkung zu berücksichtigen. An komplexen Gebäuden wie Bahnhöfen ist die Einhaltung des Zwei-Sinne-Prinzips für Menschen mit Sinnes- und körperlichen Behinderungen zur Orientierung besonders wichtig.

Die barrierefreie Ausstattung von Fahrzeugen für den ÖPNV ist in diversen Regelungen der Vereinten Nationen geregelt. Die Ausgestaltung hängt unter anderem von der Fahrzeugklasse ab, denn es gibt davon abhängig unterschiedliche Regelungen. Unternehmer müssen für Schwerbehinderte, in der Gehfähigkeit beeinträchtigte Menschen, werdende Mütter und Fahrgäste mit kleinen Kindern Sitzplätze zur Verfügung stellen (siehe § 34 BOKraft). Dies muss auch für automatisierte Fahrzeuge im ÖPNV-Bereich gelten. Das Fahrpersonal sollte zudem darauf achten, an Haltestellen an taktilen Einstiegshilfen zu halten, um das Einsteigen von mobilitätseingeschränkten Menschen zu vereinfachen.

Mit einem Entwurf der Europäischen Norm EN 17478 (Dienstleistungen im Transportwesen - Kundenkommunikation für Dienstleistungen im Personenverkehr) werden Richtlinien zur Planung, Gestaltung, Entwicklung und Bereitstellung von Kommunikationsdienstleistungen im Zusammenhang mit der Personenbeförderung festgelegt. Wenn dieser Entwurf gültig wird, gilt dort ein universeller Standard zur Kundenkommunikation in der Personenbeförderung. Daten auf digitalen Anzeigen und Smartphone-Anwendungen sollten immer in Echtzeit sein. Auf digitalen und analogen Fahrplänen muss auf eine kontrastreiche und einfache Darstellung geachtet werden.

¹¹⁸ Deutscher Bahnkunden-Verband e. V. (ohne Datum).

Neue Bedarfsverkehre („On-Demand-Verkehre“) werden noch nicht ausreichend in den Richtlinien berücksichtigt. Daher gibt es dort noch keine Mindestanforderungen für Haltestellen. Bisher müssen Haltestellen eine Mindestlänge von neun Metern aufweisen. Bei On-Demand-Angeboten sowie automatisierten Shuttles ist dies separat zu prüfen und zu beurteilen.

2.5 Smartphone-basierte Mensch-Maschine-Schnittstellen

Smartphone-Anwendungen, auch Applikationen (kurz Apps) genannt, können mobilitätseingeschränkte Menschen bei der Benutzung des ÖPNVs sowie bei der Navigation/Orientierung im öffentlichen Raum unterstützen. Wichtig dabei ist, dass die Apps ohne Unterstützung Dritter zugänglich und nutzbar sind.¹¹⁹ Für die Unterstützung in der Mobilität werden die vorhandenen Smartphone-Apps (wie bspw. Google Maps) stetig weiterentwickelt, es kommen aber auch ständig neue Apps, auch in Rahmen diverser Förderprojekte, auf den Markt. Folgende Apps und Projekte können beispielhaft im Zusammenhang mit Smartphone-basierten Mensch-Maschine-Schnittstellen im Bereich der Mobilität und Barrierefreiheit genannt werden: Projekt „Smart4You“, Routago® Assist, mobil info, Projekt „OD2Guide“, Google Maps, Ariadne GPS, BlindSquare, DB Bahnhof live, Wheelmap, Lazarillo, ViaOpta Nav, AroundMe und MyWay Pro. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

Projekt „Smart4You – Dein Butler“

Das Projekt „Smart4You – Dein Butler“ ist ein wesentlicher Bestandteil der Soester Initiative „nav4blind“. Das Projektgebiet umfasst die Gemeinden Bad Sassendorf und Möhnesee und die Stadt Soest. Anstatt eine neue App zu entwickeln, wurden die vorhanden Apps miteinander verbunden. Innerhalb der Projektlaufzeit wurde die Mobilitäts-App „mobil info“ veröffentlicht. Sie stellt eine Weiterentwicklung des Soester „BusGuide“ dar. Eine wesentliche Erweiterung der „mobil info“-App ergab sich durch die Integration der Fußgängernavigation „Routago® Assist“ dar. Anhand dieser Kombination ist es für sehingeschränkte Personen möglich, ihre Wegeketten barrierefrei zu bedienen. Außerdem wurde im Projekt ein Konzept für die Digitalisierung von Fahrstühlen entwickelt. Dabei würden Fahrstühle, bspw. in Bahnhöfen, mit einer Hardware ausgestattet, um den aktuellen Betriebsstatus zu veranschaulichen. Ein weiterer Teil des Projektes war die Verknüpfung von Mobilität und Tourismus. Der Tourismusführer (digital und analog) beinhaltet die Themen Mobilität, Sehenswürdigkeiten, Gesundheitsvorsorge sowie Übernachtungsmöglichkeiten.¹²⁰

¹¹⁹ E DIN 13278:2021-09.

¹²⁰ Kreis Soest (2021).

Routago® Assist

„Routago® Assist“ ist ein Mobilitätsassistent für blinde und sehbehinderte Menschen mit dem Schwerpunkt Fußverkehr und sicherer Teilnahme am Straßenverkehr. Die App verspricht eine sichere Fußgängernavigation über das Smartphone, indem bspw. durch Bevorzugung von Fußgängerzonen speziell Wege für zu Fuß Gehende ermittelt werden (nicht allein auf dem Straßennetz für Autos basierend). Voice-Over-Bedienung wird angeboten und die Integration von Hilfsmitteln wie Vibrationsgürteln ist möglich. Nutzende können neben anderen Funktionen Umgebungsinformation zu Objekten, Adressen, Geschäften oder Restaurants abrufen.¹²¹

mobil info

Bei „mobil info“ handelt es sich um eine vielseitige Mobilitätsapp, die Fahrgästen im Kreis Soest sowie im Hochsauerlandkreis u. a. als multi-/intermodale Verbindungsauskunft zur Verfügung steht. Der Projektpartner GeoMobile GmbH hat die App entwickelt und im Rahmen von „Ride4All“ hinsichtlich der Kommunikation mit dem automatisierten Shuttle-Bus weiterentwickelt. Die App ermittelt die besten Verbindungen mit Bus und Bahn, zu Fuß, mit dem Rad sowie für Car-Sharing. Das System gibt eine detaillierte Verbindungsübersicht mit Echtzeit-Informationen und Preisen aus. Es können direkt Bus- und Bahntickets gebucht werden. Zusätzlich kann ein Abfahrtsmonitor für ausgewählte Haltestellen oder im Umkreis sowie eine Umgebungskarte genutzt werden. Außerdem wird eine Funktion namens „BusRadar“ angeboten: Die App empfängt im Umkreis von ca. 50 Metern die Liniennummer und das Fahrtziel von einfahrenden Bussen. Die App kann für die persönlichen Bedürfnisse und Vorlieben konfiguriert werden.¹²²

Die Funktion „BusRadar“ funktioniert wie folgt: Die Busse im Kreis Soest verfügen über das Kommunikationsmodul „ivantoConnect“ zur Unterstützung der Barrierefreiheit im ÖPNV. Fahrgäste können per „mobil info“-App über Bluetooth Haltewünsche auslösen, eine Einstiegshilfe anfordern und ein akustisches Signal an der Tür des gewünschten Busses auslösen (Tür-Finde-Signaltone).¹²³ Die App ist mit den Standard-Sprachsteuerungen von Smartphones [VoiceOver (iPhone) und TalkBack (Android-Smartphones)] bedienbar. Zudem ist es möglich, sich auf Fußwegen vom Ausgangsort zur Haltestelle navigieren zu lassen (per Vibration oder

¹²¹ Routago GmbH (o. D.).

¹²² Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (2021).

¹²³ GeoMobile GmbH (2020).

Geiger wird die richtige Laufrichtung übermittelt). Darüber hinaus kann der Fahrtverlauf per Sprachausgabe nachvollzogen werden (Ansage der Haltestellen).¹²⁴

Projekt „OD2Guide“

Das Projekt „OD2Guide“ hat es sich zur Aufgabe gemacht, einen Plattform-Prototypen für ein Audio-Wegeleit-System zu entwickeln. Integriert ist ein digitales Dialogsystem auf Basis Künstlicher Intelligenz (KI) sowie ein Feedback-Kanal. Die Plattform ist vor allem für blinde und sehingeschränkte Menschen als Unterstützung für die Nutzung des ÖPNVs gedacht.¹²⁵

Google Maps

„Google Maps“ ist ein Online-Kartendienst mit multi-/intermodalen Navigationsfunktionen, bei dem die Erdoberfläche als Straßenkarte oder als Luft- oder Satellitenbild angezeigt werden kann. Die App hat starke Nutzungszahlen zu verzeichnen und wird dementsprechend gut gepflegt. Es sind viele Informationen zu Orten, Organisationen oder bekannten Objekten enthalten. Bei der App ist es möglich, über eine Spracheingabe-Funktion den eigenen Start- und Zielpunkt einzugeben. Barrierefreie Routen werden erst seit März 2018 bei der Routenplanung angegeben und sind noch nicht flächendeckend verfügbar.¹²⁶

Ariadne GPS

Die App soll sehbehinderte Personen und Blinde bei der Orientierung/Navigation helfen. Durch Berührung der Karte werden Straßennamen, Hausnummer, Gehrchtung, etc. akustisch angesagt. Dafür muss die Voice-Over-Funktion auf dem Endgerät vorhanden sein. Zudem lassen sich Lieblingsorte (englisch Points of Interest, kurz POI) markieren. Bei Annäherung erhält der Nutzende eine Benachrichtigung. Die Positionierung erfolgt über Satellitenposition (englisch Global Positioning System, kurz GPS) und einen entfernten Server als Referenz, da bei der Positionierung mittels GPS eine hohe Ungenauigkeit von mehreren Metern vorkommen kann. Sollte trotzdem eine große Abweichung der Positionierung erfolgen, so wird der Nutzende vom System darüber informiert.¹²⁷

¹²⁴ Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (2021).

¹²⁵ Meng GmbH (2021).

¹²⁶ Grotenhoff et al. (2018).

¹²⁷ Ciaffoni. (2019).

BlindSquare

Auch diese App wurde für sehbehinderte und blinde Menschen konzipiert. Wie bei „Ariadne GPS“ wird dem Nutzenden die Umgebung beschrieben. Allerdings ist für „BlindSquare“ eine weitere installierte Kartenapp erforderlich, z. B. „OpenStreetMap“. Gesetzte POI werden in einer iCloud gespeichert und sind somit auf mehreren Endgeräten einsehbar. Für die Benutzung der Applikation muss die Voice-Over-Funktion auf dem Endgerät vorhanden sein und die Positionierung mittels GPS aktiviert sein. Des Weiteren lassen sich diverse Sprachen einstellen wie bspw. deutsch, spanisch, japanisch, arabisch, türkisch, u. v. m.¹²⁸

DB Bahnhof live

Die Smartphone-Anwendung „DB Bahnhof live“ ist eine Unterstützung für gehbehinderte Personen und solche mit Kinderwagen oder schwerem Gepäck. Hierbei wird der stufenlose Zugang zum Bahnhof sowie eine Liste von Aufzügen am jeweiligen Bahnhof angezeigt. Dadurch kann der Nutzende vor Reiseantritt schneller und einfacher barrierefreie Zugänge an den Bahnhöfen finden.¹²⁹

Wheelmap

„Wheelmap“ führt die Bewertung diverser Einrichtungen (Bahnhöfe, Bushaltestellen, Restaurants, etc.) hinsichtlich ihrer Barrierefreiheit auf. Die Datenbank wird von den App-Nutzenden selbst gepflegt. Dabei wird folgendes Ampelsystem verwendet: grün = barrierefrei, gelb = nur mit Einschränkungen, rot = nicht barrierefrei, grau = noch nicht bewertet.¹³⁰

Lazarillo

„Lazarillo“ ist eine GPS-App, die Mobilitätshilfen für blinde und sehingeschränkte Menschen bietet. Mit Hilfe von akustischen Meldungen informiert „Lazarillo“ u. a. über nahegelegene Orte, die Echtzeit-Position, Straßenkreuzungen entlang der geplanten Route. Die App läuft auch im Hintergrund bei deaktiviertem Bildschirm/Standby oder während der Nutzung anderer Apps weiter. Über eine Such-Funktion können Orte einer bestimmten Kategorie wie Banken, Gesundheit, Lebensmittel, Geschäfte, Kunst, Unterhaltung usw. gefunden werden (Spracheingaben sind möglich).¹³¹

ViaOpta Nav

¹²⁸ BlindSquare (ohne Datum).

¹²⁹ Deutsche Bahn AG (ohne Datum).

¹³⁰ Rothfischer (2020).

¹³¹ Lazarillo LLC (2021).

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Die Navigations-App „ViaOpta Nav“, entwickelt von der Firma Novartis, ist speziell für blinde Nutzer konzipiert. Es handelt sich um eine Fußgänger-App mit Routenführung, die u. a. anhand von Richtungsänderungen navigiert. Zum Start muss das Smartphone gedreht werden und der nutzenden Person wird per Vibration die richtige Gehrichtung angezeigt. Während der Navigation kann die nutzende Person ihre aktuelle Adresse, umliegende POI sowie Kreuzungen abfragen. Richtungsänderungen werden akustisch gemeldet und dabei jeweils die Straße genannt, in die einzubiegen ist.¹³²

AroundMe

Die App „AroundMe“ ist eine Kartenanwendung zur Anzeige der Echtzeit-Position. POIs in der Nähe werden aufgelistet (z. B. Geschäfte, Bank, Bar, Krankenhaus, Hotel, Kino, Restaurant, Supermarkt und Taxi) und die Entfernung vom Standort angegeben. Außerdem können Kontaktinformationen abgerufen und auf zusätzliche Funktionen wie Reservierungen zugegriffen werden.¹³³

MyWay Pro

Bei „MyWay Pro“, eine Entwicklung des Schweizerischen Blinden- und Sehbehindertenverband SFB, handelt es sich um eine für sehbehinderte Menschen optimierte Orientierungs- und Navigations-App. Zu den Hauptfunktionen gehören u. a. die Routenberechnung zu einer Adresse mit Apple Maps, Listen- oder kartenbasierte Darstellung der gewünschten Route mit Bearbeitungsmöglichkeit, Wegbeschreibungen in Echtzeit und akustische Entfernungs- und Richtungsaktualisierungen, Anzeige von nahegelegenen POIs.¹³⁴

Fazit

Es stehen mobilitätseingeschränkten Menschen diverse Apps zur Mobilitätsunterstützung zur Verfügung. Größtenteils richten sich diese an Menschen mit einer körperlichen Beeinträchtigung und sind zudem auch nicht immer für jedes Betriebssystem geeignet. Nicht nur Appentwicklungsfirmen und immer mehr Mobilitätsdienstleister, sondern auch Gebietskörperschaften, wie der Kreis Soest, werden auf dem Themengebiet aktiv.

Als typische Herausforderungen für sensorisch und mobilitätseingeschränkte Personen im Umgang mit Apps zeigen sich unter anderem folgende Aspekte:¹³⁵

¹³² Novartis (2015).

¹³³ Flying Code Ltd. (2015).

¹³⁴ Butera, L. (2021).

¹³⁵ Grotenhoff et al. (2018).

- Fehlende oder nur zum Teil funktionierende Sprachausgabe sowie -steuerung,
- Dynamische Inhalte vom Screenreader nicht erkennbar,
- Werbung und Pop-Ups stören oder beenden Sprachausgabe,
- Verzerrung der Darstellung bei Vergrößerung des Bildschirms,
- Sprachbefehle falsch interpretiert oder nicht ausgeführt,
- Fehlendes GPS-Signal verlangsamt oder verfälscht die Navigation,
- Funktionen nach Updates nicht mehr verfügbar oder an anderer Stelle.

Aus der Recherche lässt sich schließen, dass es diverse Apps zur Mobilitätsunterstützung für Menschen mit Behinderungen gibt, es dort aber auch noch keine optimale Lösung existiert und noch Entwicklungspotenzial vorhanden ist.

3. Begleitforschung im Projekt „Ride4All“

3.1 Forschungsziele

Im Rahmen des Projektes wurden nach erfolgreicher Etablierung der Teststrecke mittels Testfahrten, Beobachtungen und Befragungen empirische Daten von mobilitätseingeschränkten Fahrgästen sowie Fachexpertinnen und -experten erhoben. Die Studie wurde mit dem Ziel durchgeführt, den aktuellen Wissensstand der Forschung und Technik im Bereich Barrierefreiheit und Akzeptanz zu erweitern. Als Ergebnis werden im anschließenden Kapitel Handlungsempfehlungen für eine barrierefreie (Weiter-)Entwicklung automatisierter Fahrzeugsysteme, Smartphone-Anwendungen und sonstigen Hilfsmitteln zusammengetragen, die die zukünftige Nutzbarkeit dieser neuen Mobilitätsangebote für Menschen mit sensorischen, körperlichen oder kognitiven Einschränkungen sicherstellen sollen.

Die Studie zielte daher darauf ab, folgende Forschungsfragen zu beantworten:

- Welche Voraussetzungen halten die Versuchspersonen für notwendig, damit sie einen autonomen Shuttle-Bus in Zukunft selbständig nutzen können?
- Welche Bedenken bestehen bei der selbständigen Nutzung von autonomen Shuttle-Bussen und was müsste geschehen, um diese zu verringern?
- Welche Herausforderungen entstehen bei der Nutzung des automatisierten Shuttle-Busses SOfia und welche Handlungsempfehlungen können daraus abgeleitet werden?
- Wie wird die Anwendbarkeit der Mobilitäts-App „mobil info“ im Zusammenhang mit der Nutzung des automatisierten Shuttle-Busses SOfia beurteilt und welche Handlungsempfehlungen können daraus abgeleitet werden?

Zur Beantwortung wurde durch das „Ride4All“-Konsortium auf Basis des Ist-Zustands ein Konzept zur Befragung entwickelt und umgesetzt, das für das Erkenntnisinteresse die geeignete Forschungsmethode zur Erzielung valider Ergebnisse bereitstellt. Durch das LWL-BBW

erfolgte die Ansprache zur Zusammenstellung und Akquise der verschiedenen Nutzergruppen für die Erhebung der Daten. Das angewendete Konzept sowie die Zusammensetzung der Stichprobe soll im Folgenden vorgestellt werden, bevor im Weiteren die Auswertung vorgenommen wird.

3.2 Forschungsdesign

Ablauf der Workshops

Insgesamt wurden von Juli bis Oktober 2021 dreizehn Workshops mit behinderten Menschen durchgeführt. Bei etwa der Hälfte der Veranstaltungen waren alle Teilnehmenden primär durch die gleiche Einschränkung betroffen, während zu den anderen Terminen Menschen mit verschiedenen Behinderungen die Gruppe bildeten. Zwei Termine wurden organisatorisch bedingt abweichend im Einzelsetting durchgeführt. Zudem nahmen 16 Fachexpertinnen und -experten an den Workshops teil, die keine eigene Behinderung haben, aber aus ihren Berufen über ein besonderes Wissen zu den Mobilitätsbedarfen behinderter Menschen verfügen. Diese Gruppe wird gesondert ausgewertet.

Die Workshoptermine wurden jeweils mit bis zu acht Personen durchgeführt. Diese Größe war dadurch vorgegeben, dass in dem Shuttle neben dem Operator lediglich vier Testpersonen zuzüglich einer Begleitperson mitfahren konnten (nur Sitzplätze sind zugelassen worden). Da pro Termin zwei Fahrten vorgesehen waren, war die Teilnehmerzahl auf acht Personen begrenzt. Bei Testfahrten mit Rollstuhl nutzenden Teilnehmenden konnte aus Platzgründen nur eine Testperson mitfahren.

Zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung erhielten die Teilnehmenden eine kurze Einführung zu Hintergrund und Zielsetzung des Projekts sowie zum weiteren Ablauf des Tages. Dieser sah vor, dass wegen des begrenzten Platzangebotes im SOfia-Bus jeweils ein Teil der Gruppe zunächst den Fragebogen ausfüllte, während die zweite Gruppe eine gemeinsame Testfahrt durchführte. Anschließend wechselten die beiden Gruppen, so dass für die einen die Testfahrt auf den Fragebogen folgte, für die anderen umgekehrt der Fragebogen nach der Fahrt auszufüllen war. Eine Begleitperson protokollierte die Vorkommnisse und Beobachtungen während der Testfahrt. Nach Abschluss beider Testrunden kamen beide Gruppen zur gemeinsamen Gruppendiskussion zusammen, in der die Erfahrungen, Eindrücke und Verbesserungsvorschläge ausgewertet wurden. Die Workshops wurden durch Mitarbeitende des LWL-BBW angeleitet und die Ergebnisse protokolliert. Zusätzlich liegen Audioaufnahmen der Diskussionen aller Termine vor, an denen niemand der Anwesenden dem Aufzeichnen widersprochen hat.

Methodik

Für das Forschungsdesign wurden vier verschiedene methodische Zugänge gewählt, die je eigenen Erhebungszielen zuzuordnen sind. So kamen bei Workshops neben einem teilstandardisierten Fragebogen leitfadenbasierte Gruppendiskussionen sowie ein Beobachtungsprotokoll für die begleitete Testfahrt im automatisierten Shuttle SOfia zum Einsatz. Zur Evaluierung der im Projektrahmen weiterentwickelten digitalen Anwendung „mobil info“ wurden zudem Einzelinterviews durchgeführt, die ihren Fokus auf die Funktionalität der App legten, zugleich aber auch auf Testfahrt und Fahrzeug bezogene Erfahrungen abfragten.

Fragebogen und Gruppendiskussion

Über den Fragebogen wurden primär allgemeine Hintergründe und demographische Daten zu den Testpersonen abgefragt sowie relevante Hintergründe der Teilnehmenden erhoben (u. a. allgemeines und ÖPNV-spezifisches Mobilitätsverhalten, Hindernisse in der ÖPNV-Nutzung, Technikaffinität). In der Gruppendiskussion konnten anhand eines Leitfadens die Testfahrt in Fokusgruppen evaluiert sowie allgemeine Fragen zur Akzeptanz des automatisierten Fahrens erörtert werden. Gegenüber der bis auf wenige Freitextfelder quantitativen Abfrage vorgegebener Items in dem Fragebogen, war das Vorgehen für Testfahrt und Gruppendiskussion explorativ ausgerichtet. Die Teilnehmenden sind Expertinnen und Experten für ihre jeweiligen Bedarfe. Ihren Eindrücken sollte daher nicht mit einer standardisierten Abfrage vorgegriffen werden. Das Vorgehen ist insofern als hypothesenbildend zu charakterisieren, in Absetzung von einem hypothesentestenden Verfahren.¹³⁶ Daher erfüllte die Gruppendiskussion den Anspruch, einen offenen Rahmen zu bilden, in dem die Erfahrungen gemeinsam gesammelt werden konnten. Ein Leitfaden sollte nur die Struktur des Gesprächs unterstützen und Impulse geben. Es wurde jedoch eine bewusst offene Moderation gewählt, die den Themen aus der Gruppe folgte.

Beobachtungen

Ergänzend zur Gruppendiskussion wurden die Fahrten durch eine Person begleitet, die Beobachtungen zu Verhalten und Aussagen in der Testgruppe in einem Beobachtungsprotokoll dokumentierte. Diese Methode ermöglicht Verzerrungen zu minimieren, die sich im Falle einer ex post-Befragung ergeben können: „Nicht nur die Interviewereinflüsse entfallen damit, sondern ebenso Fehler, die aufgrund von fehlerhaften Erinnerungsleistungen zustande kommen.“¹³⁷ Da die Erfahrungen in der Gruppendiskussion zusammengetragen wurden, kann über die in dem Zitat benannten Aspekte hinaus auch soziale Kontrolle, Schüchternheit oder Scham

¹³⁶ Hug & Poscheschnik (2020), S. 107.

¹³⁷ Häder (2019), S. 324.

Anlass geben, bestimmte Eindrücke und Gefühle aus der Testfahrt nicht zu benennen. Eine sensible Beobachtung sollte auch hierfür Abhilfe schaffen. Die in dem Protokoll notierten Eindrücke konnten nachfolgend über die Moderation in die Gruppendiskussion gegeben und dort überprüft und vertieft werden.

Einzelinterviews

Im Rahmen der Einzelinterviews wurde zunächst ein Thinking-Aloud-Test durchgeführt. Diese Methode ermöglicht es, die Benutzerfreundlichkeit einer Software zu untersuchen. Dabei werden die Testpersonen gebeten, während einer Testanwendung „laut zu denken“. So lässt sich eruieren, wie gut sie sich in den verschiedenen Funktionen zurechtfinden. Insgesamt neun Testpersonen führten daher eine Probefahrt mit dem Shuttle durch, bei der sie auf ihren Weg durch die App unterstützt wurden. Eine Begleitperson notierte die „laut gedachten“ Äußerungen in einem Protokollbogen.

Ergänzend zu dem Thinking-Aloud-Test wurden allgemeine Angaben sowie Erfahrungen mit dem Fahrzeug und der digitalen Anwendung über einen modifizierten Fragebogen eingeholt. Die Fragen zum allgemeinen Mobilitätsverhalten wurden hier zugunsten der Evaluierung der Testanwendung ausgelassen. Eine allgemeine Bewertung der App sowie eine Bewertung der einzelnen Funktionen wurde über eine Likert-Skala mit vier Antwortoptionen erfragt. Die Ergebnisse dienen in diesem Falle der weiteren Entwicklung der Anwendung gemäß den Bedarfen der Zielgruppe.

Soweit die Fragen in beiden Fragebögen identisch waren, wurde die Antworten mit in die gemeinsame Auswertung aufgenommen. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Stichprobengrößen bei den einzelnen Fragen, die aber nicht miteinander interagieren, insofern keine methodischen Schwierigkeiten aufwerfen.

Stichprobe

Methodische Anmerkung zur Repräsentativität

In der vorliegenden Untersuchung wurde auf ein qualitatives Verfahren gesetzt. Vorrangiges Erkenntnisinteresse war dabei, dass Menschen mit verschiedenen Behinderungen ihre Erfahrungen und ihre Expertise für ihre spezifischen Bedarfe in die Untersuchung einbringen. Eine Repräsentativität in der Stichprobe herzustellen, stand daher methodisch nicht im Vordergrund und wurde hier nicht intendiert.

Zwischen den im Rahmen der Testfahrten und Workshops geäußerten Bedenken, Wünschen und Hoffnungen sollte auch keine Abwägung vorgenommen werden. Wollte man hier eine Hierarchisierung methodisch vornehmen, müsste die Stichprobe angesichts der Vielfalt der Betroffenheiten bedeutend größer ausfallen oder sich jeweils auf spezifische Fragestellungen

fokussieren. Hier stand im Vordergrund, die Vielfalt der Eindrücke aufzunehmen und daraus wichtige Handlungsempfehlungen für Planung, Entwicklung und Herstellung des Gesamtsystems zu formulieren.

Dennoch wird im Folgenden eine Darstellung der Stichprobe im Abgleich mit allgemeinen Zahlen vom Statistischen Bundesamt über Menschen mit Behinderungen in Deutschland vorgenommen, um eine allgemeine Einordnung der Ergebnisse zu ermöglichen.

Demographie und Formen der Behinderung

Insgesamt nahmen an der Studie 102 Testpersonen teil, 93 davon an den Workshops mit Gruppendiskussion. Mit weiteren neun Personen wurden Einzelinterviews zur Evaluation der App durchgeführt. Von den 93 Workshopteilnehmenden nahmen wiederum 77 primär als Menschen mit Behinderung teil, die übrigen 16 als Expertinnen oder Experten aufgrund intensiven beruflichen oder privaten Umgangs mit behinderten Menschen.

Von den 77 Teilnehmenden des Workshops und den neun Einzelinterviewten füllten 82 Personen die Fragebögen aus. Darunter waren 50 Männer (61 Prozent), 31 Frauen (38 Prozent) und eine Person gab ihr Geschlecht als divers an (ein Prozent). Bei den Workshops fiel die Differenz etwas geringer aus (59 Prozent männlich, 40 Prozent weiblich). Nach Zahlen des Statistischen Bundesamtes sind von den insgesamt 7,9 Mio. Menschen mit Behinderung bundesweit 50,4 Prozent Männer und 49,6 Prozent Frauen (Destatis 2021a).¹³⁸ Diese Abweichung in der Stichprobe von einer repräsentativen Verteilung lässt sich zum einen auf die Anteile unter den Schülerinnen und Schülern des LWL-Berufsbildungswerks Soest zurückführen, die aufgrund der Projektkonstellation von „Ride4All“ rund die Hälfte der Teilnehmenden stellten. Der mit 62,6 Prozent deutlich größere Anteil an männlichen Schülern überträgt sich hier auch auf den Teilnehmerkreis an den Workshops. Zudem lässt sich aufgrund der Freiwilligkeit der Teilnahme vermuten, dass der technische Kontext des Themas aufgrund von weiterhin prägenden Rollenbildern männliche Teilnehmer eher angesprochen hat.

¹³⁸ Mögliche dritte Geschlechter werden bei der Auswertung des Statistischen Bundesamts unter männlich gezählt, somit nicht gesondert aufgeführt. Destatis (2021a).

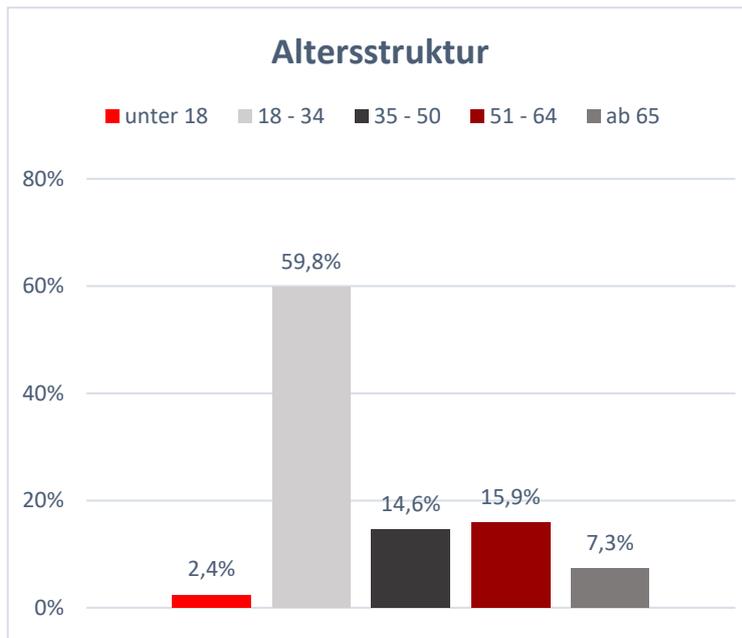


Abbildung 5: Altersstruktur der Stichprobe

Ebenso erklärt sich die Altersverteilung vor dem Hintergrund, dass das Projekt an einer Bildungseinrichtung angesiedelt war. Insgesamt sind in Deutschland 78 Prozent der Betroffenen 55 Jahre und älter. Lediglich 5 Prozent sind zwischen 18 und 35 Jahren und damit in der Altersgruppe, der die meisten Teilnehmenden der Befragung zugehören (18 - 34: 59,8 Prozent, vgl. ebd.)¹³⁹ Weitere 14,6 Prozent der Stichprobe waren zwischen 35 und 50 Jahren alt, 23,1 Prozent 51

Jahre und älter (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Bezüglich ihres Wohnortes gaben die meisten Personen die Postleitzahl aus Soest oder dem Umland an. Nur wenige der Teilnehmenden kam aus weiter entfernten Orten.

Hinsichtlich der Schulbildung bewegt sich die Verteilung der Stichprobe näher an den allgemeinen Zahlen des Statistischen Bundesamts (

¹³⁹ Dem entspricht für die allgemeinen Zahlen, dass laut Statistischem Bundesamt 90 Prozent der Behinderungen auf Krankheit und Unfälle zurückzuführen, also im Laufe des Lebens erworben sind. Lediglich drei Prozent der vom Statistischen Bundesamt gezählten Fälle sind angeboren. Diese Werte wurden für die Stichprobe nicht erhoben. Destatis (2021a).

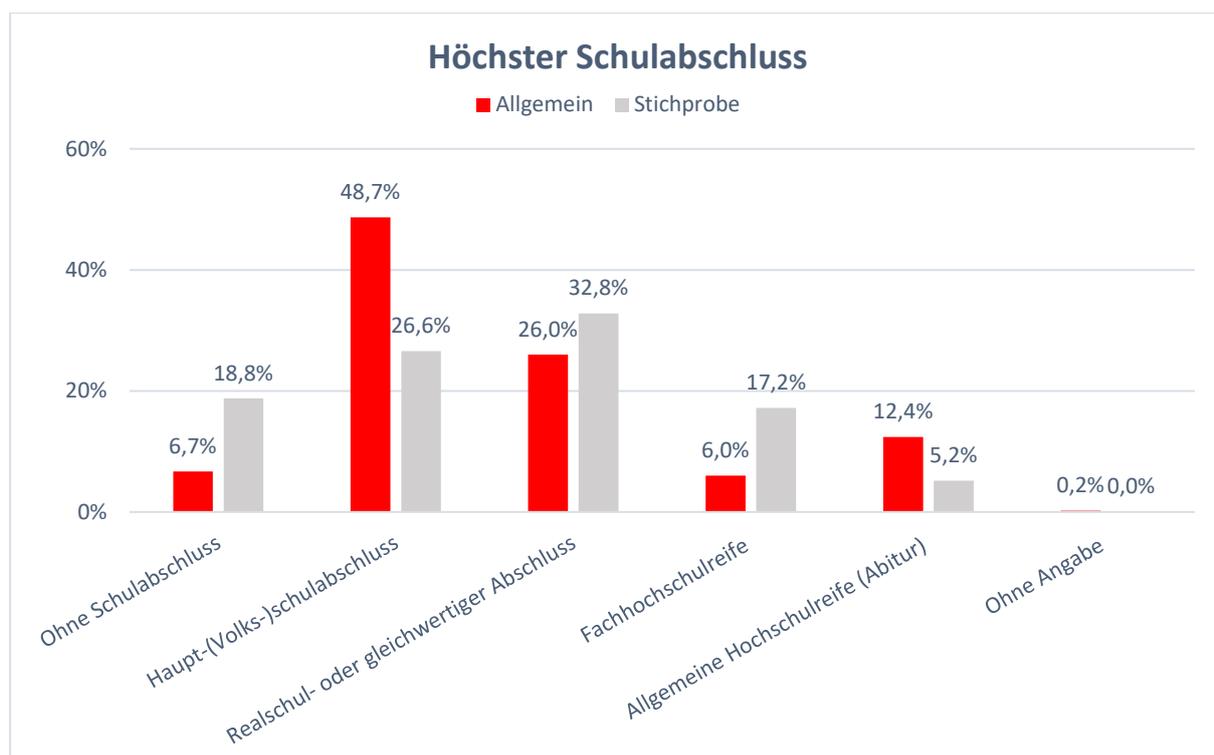


Abbildung 6).¹⁴⁰ Ins Auge fällt hier, dass in der Stichprobe mehr Beteiligte keinen Schulabschluss haben. Da ein bedeutender Teil selbst Schülerin oder Schüler am LWL-BBW ist, war diese Abweichung zu erwarten. Zugleich liegt der Anteil der Personen mit Hauptschulabschluss mit 26,6 Prozent deutlich unter dem Bundesschnitt von 48,7 Prozent. Hier wäre angesichts der im Vergleich jungen Altersstruktur der Stichprobe zum einen die Hypothese zu stellen, dass es eine über die Zeit verbesserte Beschulung im Behindertenbereich gibt. Ein weiterer Effekt könnte sein, dass in dem Umfeld eines Bildungsträgers vermehrt schulisch höherqualifizierte Personen akquiriert werden.

¹⁴⁰ Hierbei muss einschränkend deutlich gemacht werden, dass die Repräsentativität in diesem Falle komplex und multidimensional ist: Um die Stichprobe bezüglich der Schulbildung mit den Gesamtzahlen zu vergleichen, müssten bei der Vergleichsgruppe eine gleiche Zusammensetzung hinsichtlich Formen der Behinderung, darin wiederum der Geschlechtsverteilung der Altersstruktur zugrunde gelegt werden. Die Zahlen des Statistischen Bundesamts erlauben keine solche Aufschlüsselung. Die hier angeführten Zahlen können insofern lediglich annäherungsweise einer Einordnung dienen.

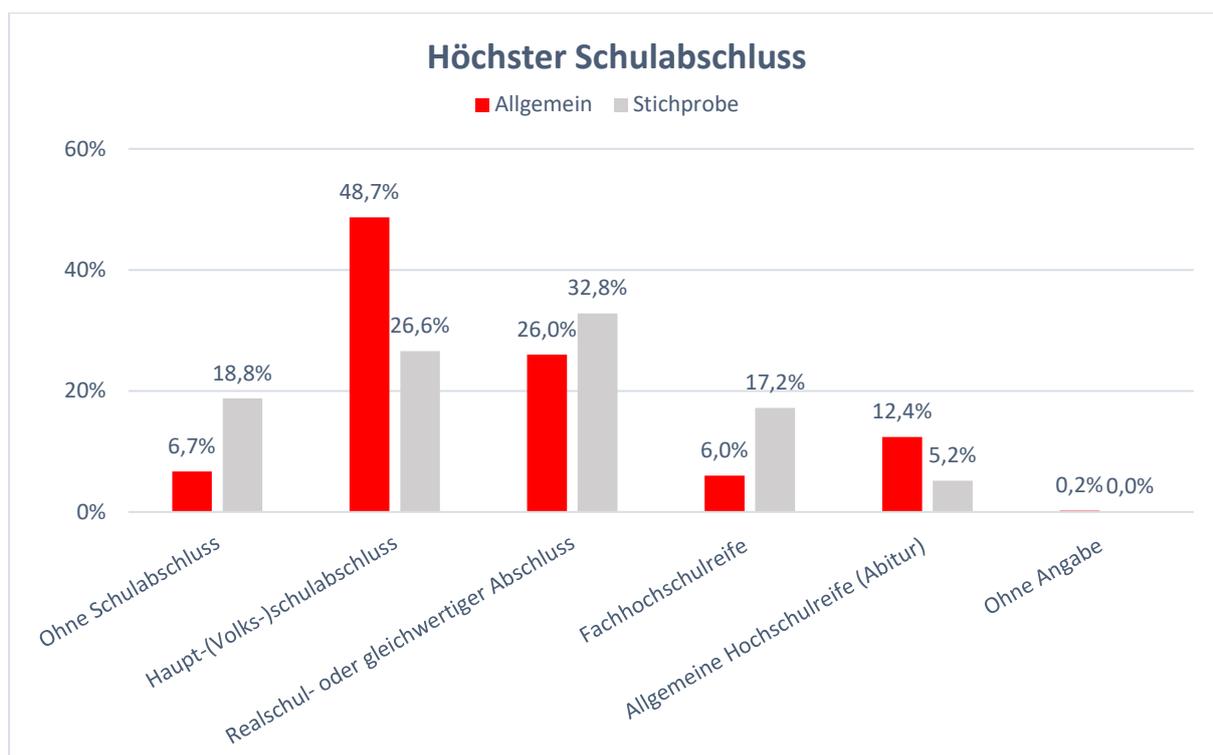


Abbildung 6: Anteile der jeweils höchsten Bildungsabschlüsse unter den Teilnehmenden im Vergleich mit bundesweiter Verteilung, Quellen: Destatis (2021b), eigene Erhebung

Nach der Erhebung des Statistischen Bundesamtes sind lediglich 4,42 Prozent der Menschen mit Behinderung blind oder sehbehindert.¹⁴¹ Demgegenüber gaben in der Stichprobe 53,9

¹⁴¹ Destatis (2021a).

Prozent der Teilnehmenden diese Form der als primäre Behinderung an (

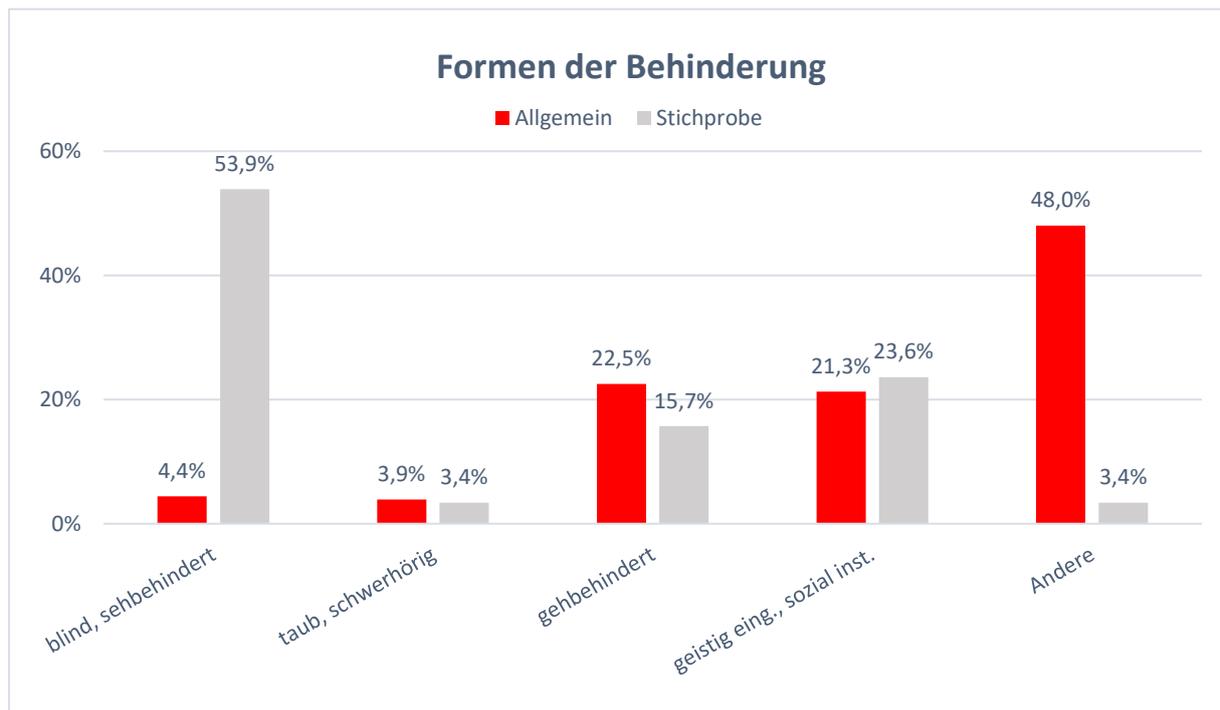


Abbildung 7).¹⁴² Mit 16,9 Prozent der zweitgrößte Anteil in der Stichprobe gab eine kognitive Einschränkung an, emotionale Stabilität und soziale Fähigkeiten liegen bei 6,7 Prozent der Teilnehmenden betroffen vor.¹⁴³ Emotionale, geistige und soziale Fähigkeiten zusammengefasst machten in der Untersuchung 23,6 Prozent aus im Vergleich zu 21,3 Prozent bundesweit. Weitere 15,7 Prozent der Stichprobe sind gehbehindert, wobei mit sieben der 14 Personen die Hälfte auf einen Rollstuhl angewiesen ist. Allgemein sind hingegen rund 22,5 Prozent der behinderten Menschen körperlich in ihrer Mobilität eingeschränkt. Taube und schwerhörige Menschen machten in der Stichprobe 3,4 Prozent, in den Zahlen des Statistischen Bundesamts 3,9 Prozent der Betroffenen aus (ebd.).¹⁴⁴

¹⁴² Vor dem Hintergrund von Mehrfachbehinderungen wurde hier von den Personen erfragt, hinsichtlich welcher der Fähigkeiten sie am meisten eingeschränkt sind. Die beiden Verteilungen in den Antworten sind aber weitgehend identisch, so dass dies in der Auswertung nicht ins Gewicht fällt.

¹⁴³ Hier sind lediglich die Formen der Behinderung aufgeführt, die auch in der vorliegenden Studie untersucht wurden. Unter den weiteren Behinderungen sind Beeinträchtigungen der Funktion von inneren Organen bzw. Organsystemen (25,35 Prozent) und nicht einzuordnende oder ungenügend bezeichnete Behinderungen (19,33 Prozent) die größten Gruppierungen.

¹⁴⁴ Der größte Anteil (rund 25 Prozent) der Behinderungen allgemein betrifft Beeinträchtigungen der Funktion von inneren Organen, bzw. Organsystemen, weitere 19,3 Prozent fallen unter „ungenügend bezeichnete Behinderungen“. Da diese in der Stichprobe nicht vorkamen und für die vorliegende Studie keine hohe Bedeutung haben sollten, wurden diese hier unter „Andere“ zusammengefasst. Destatis (2021a).

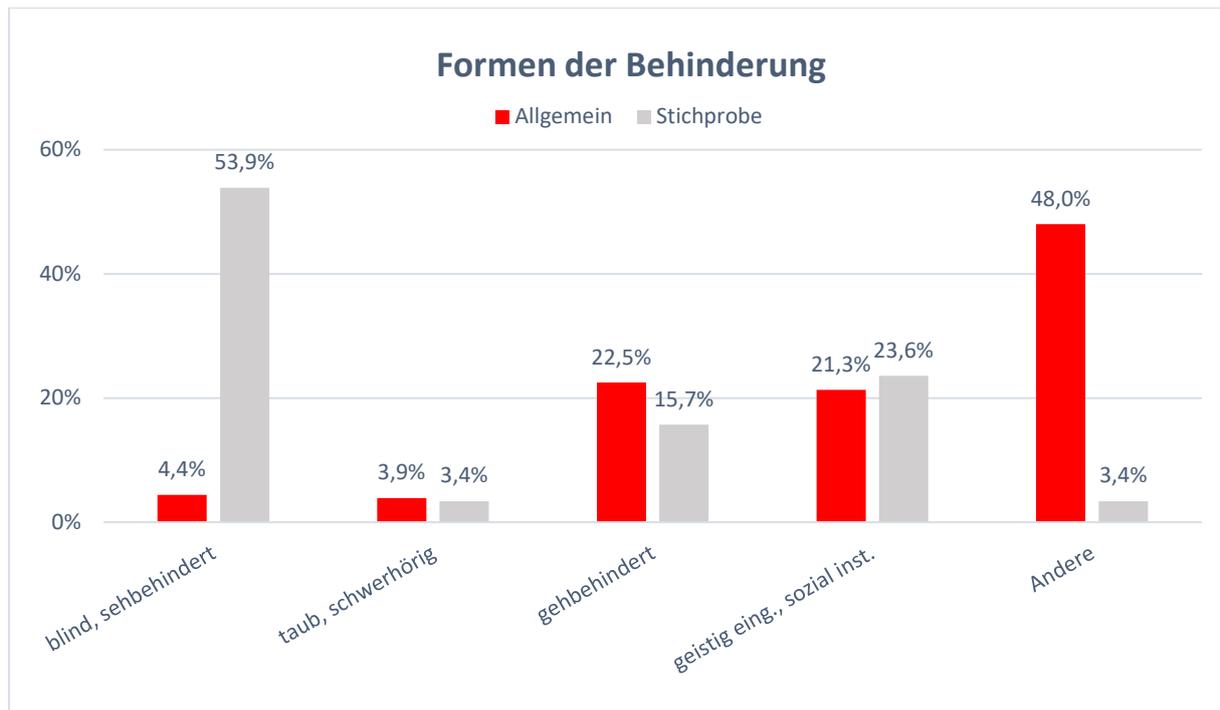


Abbildung 7: Anteil der verschiedenen Behinderungen in der Stichprobe im Vergleich mit bundesweiter Verteilung, Quelle: Destatis (2021a), eigene Erhebung

Der Fokus auf bestimmte Behinderungen in der Stichprobe im Rahmen der vorliegenden Studie ergibt sich aus der Fragestellung. Im Vordergrund der Untersuchung standen Behinderungen, die eine besondere Herausforderung in der Mobilität bedeuten und damit spezifische Nutzergruppen definieren. Außer den gehbehinderten Menschen betrifft dies vor allem Personen mit eingeschränkter Sehfähigkeit. Für sie zeigen sich in der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel besondere Hürden, für die im Rahmen der Studie Handlungsempfehlungen zu entwickeln waren.

Zusätzlich erfragt wurde, welche Beziehung die Teilnehmenden zu Technik haben. 74,0 Prozent bezeichneten sich als technisch interessiert. Ebenso ist der Umgang mit digitalen Endgeräten routiniert. Lediglich eine Person gab an, nicht regelmäßig Computer oder Smartphones zu nutzen.

Eine zweite, separate Teilnehmergruppe setzte sich aus 16 Fachexperten und -expertinnen für die Mobilitätsbedarfe behinderter Menschen mit unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern zusammen (Zusammensetzung siehe Tabelle 9).

	Geschlecht	Tätigkeit/Funktion
1	weiblich	Ausbilderin für Blindenführhunde
2	weiblich	Heilerziehungspflegerin in einer stationären Wohneinrichtung
3	weiblich	Fachkraft der Blinden- und Sehbehinderte, Schwerpunkt Orientierung & Mobilität und Lebenspraktische Fähigkeiten
4	männlich	Rehalehrer für Blinde- und Sehbehinderte

5	weiblich	Rehalehrerin für Blinde- und Sehbehinderte
6	weiblich	Rehalehrerin für Blinde- und Sehbehinderte
7	weiblich	Rehalehrerin für Blinde- und Sehbehinderte
8	männlich	Rehalehrer für Blinde- und Sehbehinderte
9	männlich	Rehalehrer für Blinde- und Sehbehinderte
10	weiblich	Rehalehrerin für Blinde- und Sehbehinderte
11	männlich	Mobilitätstrainer/Mobilitätsberater Fachstelle Mobilität-Sport-Gesundheit
12	weiblich	keine Angabe
13	weiblich	Mobilitätstrainerin
14	weiblich	Sozialdienst in einer Werkstatt mit behinderten Menschen
15	weiblich	Sozialdienst
16	weiblich	Ehefrau eines tauben Ehemannes und aktiv einer der Selbsthilfegruppe für Menschen mit Chochlea-Implantat

Tabelle 9: Zusammenstellung der Teilnehmergruppe mit Fachexperten und -expertinnen

Zwölf der 16 Teilnehmenden sind weiblich, fünf Personen sind in der Altersgruppe 35 - 50, weitere sechs sind zwischen 51 und 64 Jahre alt. Erwägungen über die Repräsentativität erübrigen sich hier, da diese Personen nicht selbst von einer Behinderung betroffen sind.

3.3 Fahrzeugsystem

Automatisierter Shuttle-Bus „EZ10 Gen2“

Als erstes Projekt in Deutschland wurde im Projekt „Ride4All“ im öffentlichen Raum untersucht, welche konkreten Anforderungen und Bedürfnisse Menschen mit Behinderung an die Nutzung eines automatisierten Shuttle-Bus-Systems haben. Die im Rahmen der Begleitforschung stattfindenden Testfahrten wurden mit einem automatisiert fahrenden Shuttle Typ „EZ10 Gen2“¹⁴⁵ des Unternehmens EasyMile durchgeführt, welches durch ein Vergabeverfahren für das Projekt „Ride4All“ beschafft und mit dem Namen „SOfia“ getauft wurde.

¹⁴⁵ Gen2: 2. Fahrzeug-Generation des Herstellers.



Abbildung 8: SOfia-Shuttle an der Haltestelle LWL-Berufsbildungswerk, Quelle: Interlink GmbH

EasyMile gehört zu den marktführenden Herstellern von automatisierten Shuttle-Bussen. Weltweit sind über 150 EasyMile-Fahrzeuge verschiedener Generationen im Einsatz und bisher wurden mehr als 600.000 Kilometer mit den automatisierten Fahrzeugen zurückgelegt.¹⁴⁶ Die Fahrzeuge sind mit technischen Systemen ausgestattet, die die Beförderung von Personen weitgehend ohne menschliche Interventionen ermöglichen (siehe auch Kapitel 2.2). Im öffentlichen Straßenraum bedarf es zum Betrieb einer fahrzeug- und streckenseitigen Einzelzulassung.

Das Fahrzeug weist folgende Rahmendaten auf:

- Abmaße des Fahrzeugs (Breite x Höhe x Länge in Metern): 1,9 x 2,8 x 4,0,
- Stehhöhe im Innenraum: 1,9 Meter,
- Einstiegshöhe: 300 Millimeter bei automatischer Absenkung an Haltestellen,
- Sitz- und Stehplatzverteilung: 5 Fahrgastsitzplätze, davon 2 entgegen der Fahrtrichtung, (keine Stehplätze zulässig, ein Platz für Operator vorbehalten),
- Max. Fahrgeschwindigkeit: 15 km/h,
- Antrieb: Elektrischer Antrieb mit Batteriekapazität von ca. 12 Stunden Betrieb (ohne Nutzung der Klimaanlage),
- Ausstattungsmerkmale für Fahrgäste (Auszug):
 - Zielschild an der Fahrzeugfront (siehe Abbildung 9),
 - Elektrische Rampe (siehe Abbildung 10),

¹⁴⁶ EasyMile SAS (2022).

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

- Rollstuhl-Rückhaltesystem mit Kraftknoten (Befestigung mit Gurten über vier Verankerungspunkten im Boden) (siehe Abbildung 11),
- Sicherheitsgurte und acht USB-Stecker im Sitzplatzbereich,
- Je ein Taster zum Öffnen und Schließen der Tür (in Grün) und zum Aus- und Einfahren der Rampe (in Blau) mit Braille-Schrift rechts neben der Tür im und in der Mitte der Tür außen Innenraum (siehe Abbildung 12),
- Ein „SOS“-Taster in Rot rechts neben der Tür im Innenraum (siehe Abbildung 12) zur Verbindung mit einer Leitstelle (ohne Braille-Schrift und aktuell deaktiviert, da über Fahrpersonal abgedeckt) und
- Eine Fahrgastanzeige mit Anzeige des Fahrtverlaufs im Fahrzeuginnenraum (siehe Abbildung 13).



Abbildung 9: Zielschild an der Fahrzeugfront, Quelle: Kreis Soest

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz



Abbildung 10: Elektrische Rampe, Quelle: Interlink GmbH



Abbildung 11: Verankerungspunkte für die Rollstuhlsicherung, Quelle: Interlink GmbH

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz



Abbildung 12: Anordnung der Taster mit Ansicht des äußeren Türbereichs (links) und der rechten Seite des Innenraums (rechts), Quellen: Interlink GmbH, Kreis Soest



Abbildung 13: Position der Fahrgastanzeige im Fahrzeuginnenraum, Quellen: Interlink GmbH, Kreis Soest



Abbildung 14: Manuelle Steuerungseinheit des EZ 10, Quelle: Kreis Soest

Das Fahrzeug verfügt über einen manuellen und einen automatisierten Fahrmodus. Im manuellen fährt eine Fahrzeugbegleiterin oder ein Fahrzeugbegleiter den Shuttle-Bus mit einer Steuerungseinheit, um bei Bedarf Fahraufgaben wahrnehmen zu können. Dieser Modus wird insbesondere außerhalb der vordefinierten Strecke oder zur Umfahrung größerer Hindernisse genutzt. Das Fahrpersonal wirkt aus rechtlichen Gründen als fahrzeugführende Person und hat die Aufgabe, die Fahrt auch im automatisierten Modus stets zu überwachen.

Um die automatisierten Fahrfunktionen durchführen zu können, sind verschiedene Sensoren verbaut, z. B. GPS-Empfänger, Radumlaufzähler und Laserscanner (Lidar, Abkürzung für Englisch Light detection and ranging). Die Umgebung wird mit der Sensorik kontinuierlich erfasst, wodurch die Orientierung, Lokalisierung und Reaktion im Straßenverkehr möglich sind. Bordcomputer verarbeiten diese Daten und wandeln sie in Befehle um, die das Fahrzeug weitgehend ohne menschlichen Eingriff fahren und halten lassen. Das System erkennt den Abstand von Hindernissen und kann entsprechend der Situation leicht oder hart Bremsungen selbständig ausführen.

Über die Integration des Shuttle-Busses hinaus, wurden bei „Ride4All“ am Fahrzeug technische Erweiterungen zur Verbesserung der Barrierefreiheit vorgenommen. Die Partner Geo-Mobile GmbH und Fraunhofer FOKUS haben im Hinblick auf die zukünftige uneingeschränkte barrierefreie Nutzung ohne Fahrpersonal an Mensch-Maschine-Schnittstellen zwischen Fahrzeugnutzenden und dem EasyMile-Fahrzeugsystem gearbeitet. Die Weiterentwicklungen werden nachfolgend näher erläutert.

Smartphone-Anwendung „mobil info“

Durch die Nachrüstung des „EZ10“-Fahrzeugs mit dem „ivantoConnect“-Modul des Partners GeoMobile wurde es möglich, den Bus per Bluetooth in Smartphone-Anwendungen für Fahrgäste zu integrieren. Im Verlauf des Projekts wurde sich auf die Zuverlässigkeit der App und Fehlerbehebungen konzentriert. Es konnte erreicht werden, SOfia in der „BusRadar“-Funktion anzuzeigen und die Funktionalität des Tür-Finde-Signals herzustellen. Eine Umsetzung der Fernsteuerung von Funktionen des Fahrzeugs (Auslösen des Haltewunsches oder der Servicetaste via App) war aus technischen Gründen nicht möglich, da das verwendete Fahrzeug, anders als in gängigen Linienfahrzeugen, keine entsprechenden Schnittstellen bereithält. Ebenfalls wurde der Live-Standort von SOfia in die Kartenfunktion integriert.

Automatisches Ein- und Ausfahren der Fahrzeugrampe

Der Partner Fraunhofer FOKUS bearbeitete das Thema automatisches Ein- und Ausfahren der Fahrzeugrampe beim Ein- oder Ausstieg von Rollstuhlfahrenden und/oder Personen mit Kinderwagen ohne den manuellen Zugriff einer dritten Person.

Das System nutzt dazu moderne KI-basierte Bilderkennungsverfahren, die auf sogenannten tiefen neuronalen Netzwerken beruhen und im Vorfeld mit einer Vielzahl an Beispielbildern trainiert wurden. Ursprünglich war im Projekt die Montage einer speziellen Kamera im Türbereich geplant. Durch das im Rahmen des Fahrzeugvergabeverfahrens bereitgestellte Leasingfahrzeug von EasyMile konnten jedoch keine Veränderungen am Fahrzeug vorgenommen werden, die nicht vollständig rückführbar waren. Um mit diesen Anforderungen eine Umsetzung realisieren zu können, wurde ein modernes Smartphone im Fahrzeuginnenraum an der Seitenscheibe neben der Tür montiert (siehe

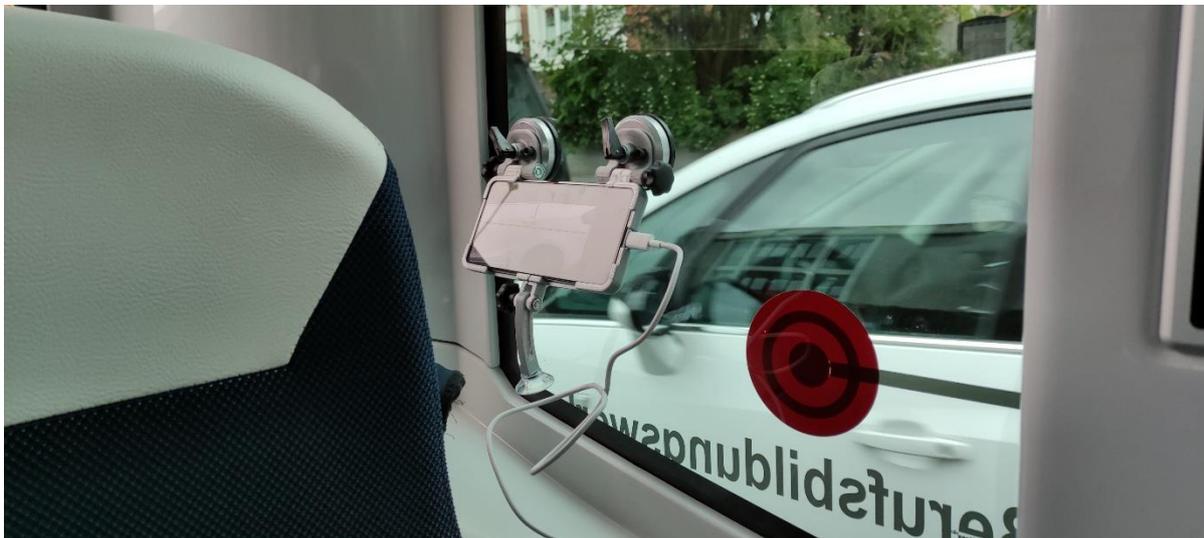


Abbildung 15). Durch einen sehr effizienten Aufbau der Algorithmen ist es gelungen, unter anderem das Bilderkennungsverfahren auf dem Smartphone mit den eingeschränkten Ressourcen und der geringen Performance zu implementieren.

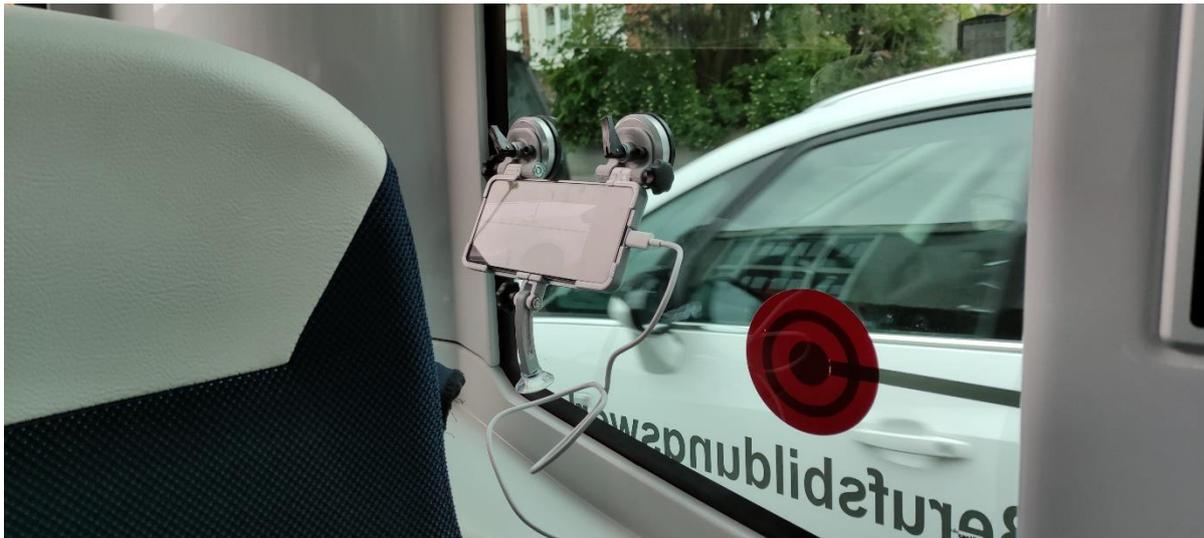


Abbildung 15: Montage des Smartphones an der Seitenscheibe neben der Tür des Shuttle-Busses, Quelle: Fraunhofer FOKUS



Abbildung 16: Beispiel für die Erkennung eines Rollstuhlfahrers und Kinderwagens an der Haltestelle des LWL, Quelle: Fraunhofer FOKUS

Das System wurde dahingehend optimiert, trainierte Objekttypen (Kinderwagen, Rollstuhlfahrende) zu erkennen und zu klassifizieren. Sobald eines der gesuchten Objekte im Sichtbereich identifiziert wird, wird dieses mit einem rechteckigen Rahmen farblich gekennzeichnet (siehe Abbildung 16). Falls der Algorithmus mehrere Objekte gleichzeitig auf einem Bild klassifiziert, werden diese auch unabhängig voneinander markiert. Außerdem wird ein Zähler gesetzt, der z. B. zum Ausfahren der Rampe an das Fahrzeug übertragen werden kann. Um dies auch im „Ride4All“-Projekt zu demonstrieren, wurde in Abstimmung mit dem Projektpartner GeoMobile eine Schnittstelle implementiert, über die im Erkennungsfall ein akustisches Signal oder

Ansage im Bus gesendet wird. Nachdem das Fahrzeug die Haltestelle verlassen hat, wird der Zähler zurückgesetzt und die Erkennung pausiert bis zur Einfahrt in den nächsten Haltestellenbereich. Die erzielten Ergebnisse sind trotz des eingeschränkten Sichtfeldes, bedingt durch die Innenraummontage neben der Tür und Streureflexionen durch die Seitenscheibe, zuverlässig und für die Weiterverarbeitung nutzbar.

Hochgenaue Blinden- und Sehbehindertennavigation

Fraunhofer FOKUS arbeitet zudem an einer hochgenauen Blinden- und Sehbehindertennavigation mittels Smartphone-App, die die Nutzenden im Umfeld der Haltestelle zum aktuellen Haltepunkt des Shuttle-Busses leitet. Da die App die aktuelle Position des Busses laufend über die EasyMile-Schnittstelle überwacht, wird der Fahrgast stets zur Eingangstür der richtigen Linie navigiert, selbst wenn mehrere Fahrzeuge an der Haltestelle stehen sollten. Optional kann die App auch den Fahrgast daran erinnern rechtzeitig vom Haltestellenunterstand zu starten, da auch die verbleibende Fahrzeit des Busses bis zur Haltestelle ständig über die EasyMile-Schnittstelle kontrolliert wird. Dies ist insbesondere bei möglichen Verspätungen des Busses oder schlechtem Wetter interessant.



Abbildung 17: Optische Marker garantieren eine hohe Navigationsgenauigkeit (links). Blinder Nutzer lässt sich durch die Navigations-App zum Shuttle-Bus an der Haltestelle „LWL“ führen (rechts), Quelle: Fraunhofer FOKUS

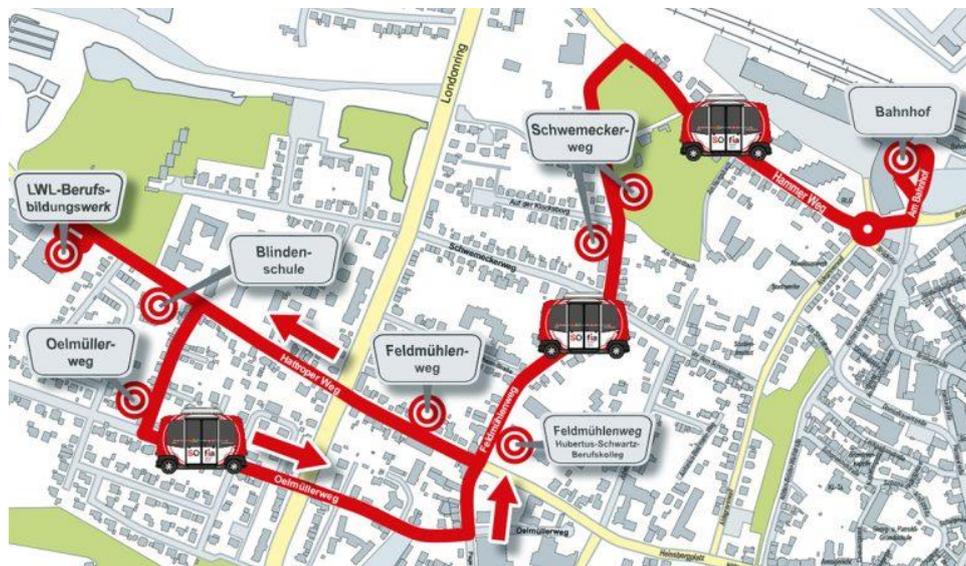
Aufgrund der systembedingten Ungenauigkeit von GPS in Bereichen hoher urbaner Bebauung, wurde eine GPS basierte Navigation von Anfang an verworfen. Da bei der Entwicklung dieser App auch der Anspruch bestand, blinde und sehbeeinträchtigte Nutzende ohne vorherige Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten sicher zum Bus zu navigieren, wurde hierfür ein selbstentwickeltes Marker-basiertes Verfahren genutzt. Dazu wurden optische Marker an den Haltestellen installiert (siehe Abbildung 17 links). Dadurch lassen sich im Mittel Genauigkeiten der halben Blindenstocklänge erreichen.

Die genutzte optische Positionsbestimmung mittels Marker weist einen weiteren Vorteil gegenüber satellitengestützter Positionierung auf. Hierbei ist die Erfassung der Drehrichtung und die daraus resultierende Richtungsanweisung für die nutzende Person bereits im Stand möglich und muss nicht über Bewegungspunkte während der Navigation ermittelt werden.

Die Navigation konnte entsprechend den obigen Vorgaben umgesetzt und an den Haltestellen „Bahnhof Soest“, „Blindenschule“ und „LWL-Berufsbildungswerk“ erfolgreich getestet werden (siehe Abbildung 17 rechts). Zudem konnten Testfahrten mit blinden und sehbehinderten Nutzern durchgeführt werden, deren Rückmeldungen (siehe Kapitel 3.5) in die Entwicklung eingegangen sind.

3.4 Teststrecke

Der Shuttle-Bus „Sofia“ wurde zwischen Juli und Dezember 2021 in Soest auf einer Strecke zwischen Bahnhof und dem LWL-Berufsbildungswerk durch die Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH mit ausgebildetem Fahrpersonal betrieben. Die 4,2 Kilometer lange Linie A1 umfasst sechs Haltestellen. Der Streckenverlauf ist in Abbildung 15 dargestellt. Die



Bestandshaltestellen Bahnhof, Feldmühlenweg und Blindenschule werden ergänzt durch Schwemeckerweg, LWL-Berufsbildungswerk und Oelmüllerweg.

Abbildung 18: Streckenverlauf der automatisierten Shuttle-Bus Linie A1 in Soest, Quelle: Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH

Das Fahrtenangebot bestand von Montag bis Freitag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr, nur mittwochs erst ab 14:00 Uhr. Nach ca. zwei Monaten Betrieb wurde am 30.08.2021 als Reaktion auf die Analyse des Fahrgastaufkommens der Fahrplan umgestellt. Die erste Fahrt wurde um eine Stunde nach hinten und die letzte in Richtung Bahnhof von 16:40 Uhr auf 16:55 Uhr verschoben (siehe Abbildung 19). Die Beförderungsbedingungen wichen insofern von den regulären ab, dass keine Fahrräder und E-Scooter mitgenommen werden konnten.

SOfia – Ihr Fahrplan: Montag – Freitag

Hinweise	1	1	1	1			
Bahnhof E - ♿	9:10	10:10	11:10	12:10	14:10	15:10	16:10
Schwemeckerweg	9:16	10:16	11:16	12:16	14:16	15:16	16:16
Feldmühlenweg - ♿	9:19	10:19	11:19	12:19	14:19	15:19	16:19
LWL-Berufsbildungswerk	9:24	10:24	11:24	12:24	14:24	15:24	16:24
LWL-Berufsbildungswerk	9:40	10:40	11:40	12:40	14:40	15:40	16:55
Blindenschule - ♿	9:41	10:41	11:41	12:41	14:41	15:41	16:56
Oelmüllerweg	9:43	10:43	11:43	12:43	14:43	15:43	16:58
Feldmühlenweg - ♿	9:47	10:47	11:47	12:47	14:47	15:47	17:02
Schwemeckerweg	9:50	10:50	11:50	12:50	14:50	15:50	17:05
Bahnhof E - ♿	9:56	10:56	11:56	12:56	14:56	15:56	17:11

1 nicht Mittwoch

Abbildung 19: Fahrplan der Linie A1 mit Gültigkeit vom 30.08. – 17.12.2021, Quelle: Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH

Um die Strecke für das automatisierte Fahrzeug befahrbar zu machen, wurden zwei temporäre Geschwindigkeitsbeschränkungen von 50 km/h auf 30 km/h im Hammer Weg und im Hattroper Weg zwischen 8:00 und 18:00 Uhr eingerichtet. Dies war erforderlich, um die Differenzgeschwindigkeit des auf maximal 15 km/h zugelassenen Shuttles zu anderen Verkehrsteilnehmenden zu verringern. Weiterhin wurden in der Betriebszeit Parkplätze auf dem Hattroper Weg gesperrt, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Im Oelmüllerweg wurde eine Lichtsignalanlage für Fußgängerampel mit einer Funk-Steuerung ausgerüstet, um sie per

Fernbedienung aus dem Shuttle-Bus ansteuern zu können. Ansonsten wurden keine weiteren infrastrukturellen Veränderungen vorgenommen.

Für die Testfahrten im Rahmen der Workshops wurde das Zeitfenster am Mittwochvormittag genutzt. Dabei wurde für die Workshops eine verkürzte Runde, die bereits auf dem Hattroper Weg wieder links einbiegt, gefahren. Für die Einzelinterviews wurde die gesamte Strecke zwischen Bahnhof und LWL-BBW gefahren.

3.5 Ergebnisse

Befragung

Bezüglich des Mobilitätsverhaltens sollte im Rahmen der Befragung der Teilnehmenden herausgefunden werden, welche Verkehrsmittel sie im Alltag nutzen, welchen Herausforderungen und Hindernissen sie dabei begegnen und welche Unterstützung und digitalen Hilfsmittel sie in Anspruch nehmen, um diese zu überwinden. Insgesamt werden die öffentlichen Verkehrsmittel von den Befragten im Verhältnis zu den anderen Optionen häufig genutzt und besitzen daher hohe Relevanz (siehe Abbildung 20). Zwar liegen das Mitfahren im privaten Auto und der Bus mit 56 Nennungen gleichauf, auch das Taxi ist mit 41 Nennungen im oberen Bereich. In der Summe liegen mit Schienenfahrzeugen, Bus und Bürgerbus die Verkehrsmittel, die dem öffentlichen Verkehr zuzuordnen sind, mit insgesamt 114 Nennungen noch vor den Optionen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowie bedarfsspezifischer Fahrdienste (insgesamt 109 Nennungen).

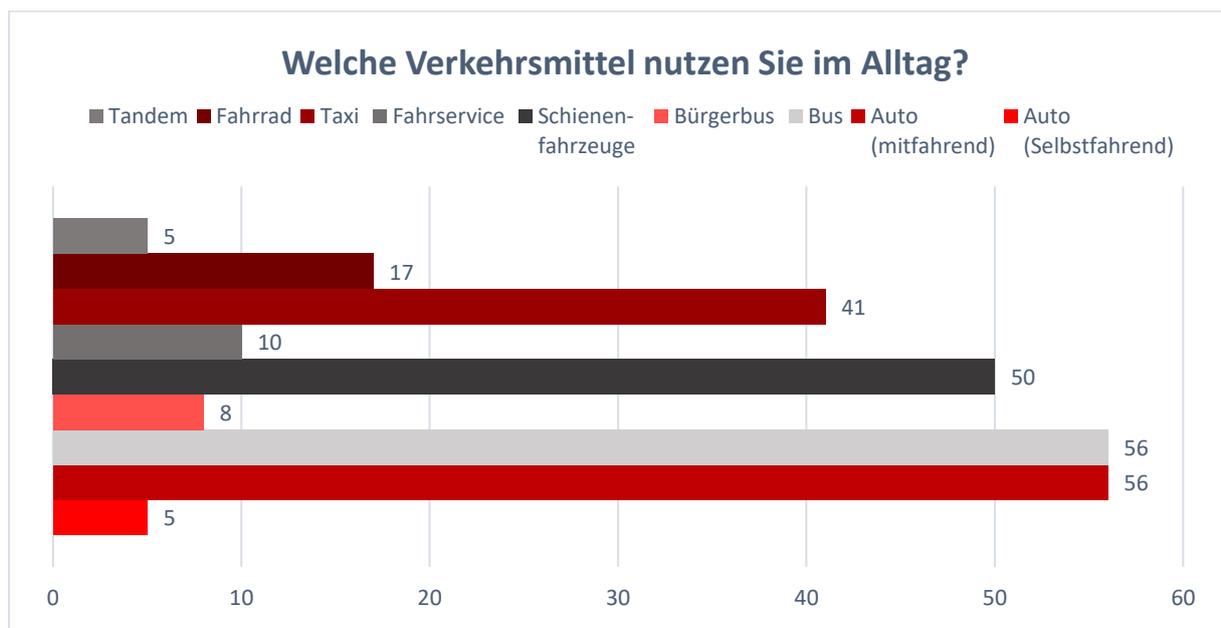


Abbildung 20: Nutzung verschiedener Verkehrsmittel durch Teilnehmende

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Dieses Bild wird bestätigt, wenn man die Häufigkeit der Nutzung erfragt (siehe Abbildung 21). Es ergeben sich hier 67 Nennungen akkumuliert für den Bereich des ÖV, bei denen die Befragten angaben, das Verkehrsmittel mehr als einmal wöchentlich oder täglich zu nutzen. Dabei nimmt der Bürgerbus hier nur eine sehr kleine Rolle ein. Demgegenüber stehen 59 Nennungen für MIV und Fahrservices, wobei hier weiterhin die Mitfahrt im Auto die höchste Frequenz hat, während das Taxi obgleich von relativ vielen Befragten genutzt, eher selten gewählt wird.

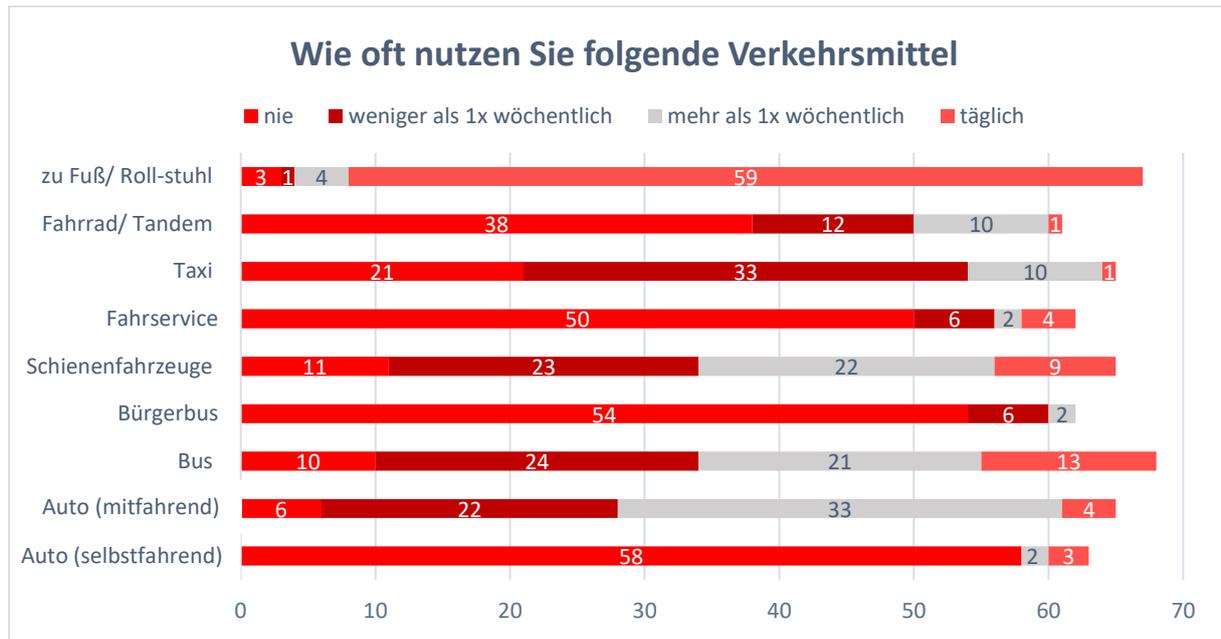


Abbildung 21: Häufigkeit der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel

Gefragt nach den Gründen für die Wahl des Verkehrsmittels, nannten die meisten Zuverlässigkeit, gefolgt von Flexibilität und Barrierefreiheit (siehe

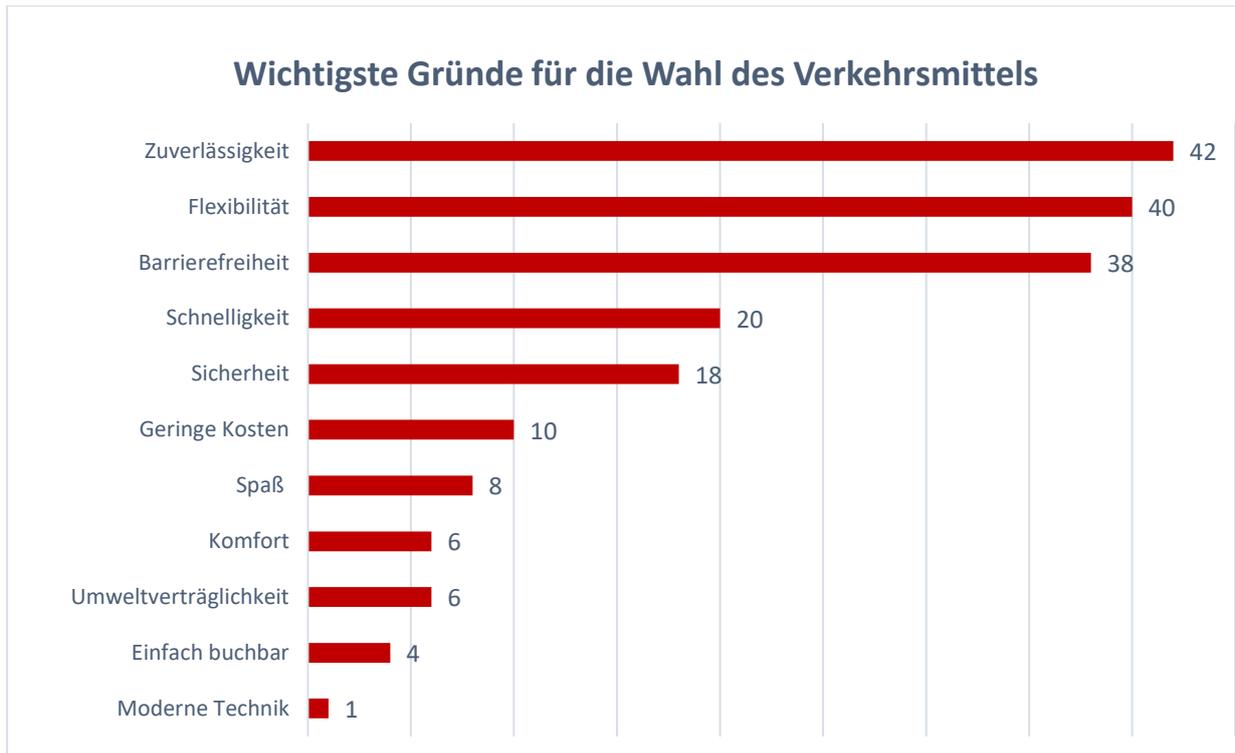


Abbildung 22). Somit findet sich mit der letzteren unter den meistgenannten Faktoren nur einer, der sich auf Fahrzeug und Infrastruktur bezieht, während sich die beiden anderen auf das Angebot beziehen. Mittlere Relevanz hatten die Faktoren Schnelligkeit und Sicherheit. Eine vergleichbar geringe Rolle spielen Komfort und Umweltverträglichkeit. Interessant für die Betrachtung automatisiert fahrender Shuttle-Busse ist, dass eine moderne Technik für die Befragten nahezu keine Rolle bei der Wahl des Verkehrsmittels spielt. Diese können also nicht mit ihrer Neuartigkeit punkten, sondern müssen sich in den üblichen Qualitätskriterien gegen die anderen Verkehrsmittel behaupten.



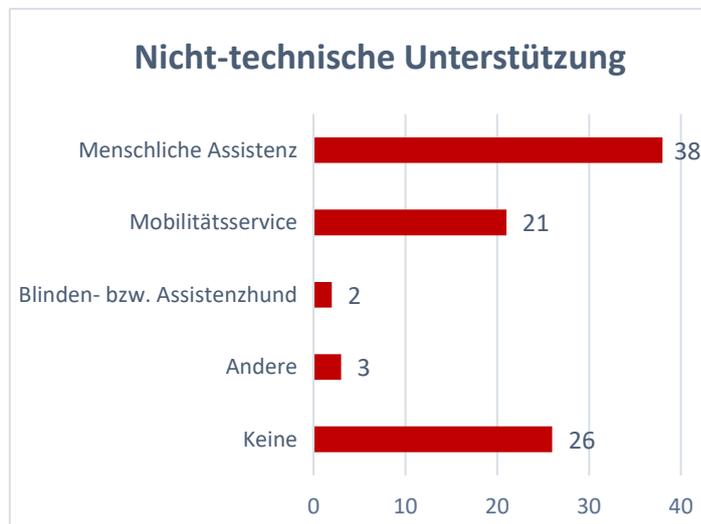
Abbildung 22: Angabe der Gründe zur Wahl der Verkehrsmittel durch die Teilnehmenden

Zur Unterstützung ihrer Fahrten in den verschiedenen Verkehrsmitteln nutzen die Befragten verschiedene Smartphone-Anwendungen. Am häufigsten verwendet wird der DB Navigator, dabei jedoch beinahe ausschließlich zur Auskunft (die Option Ticketing wurde nicht abgefragt, jedoch auch nicht im optionalen Freitextfeld angegeben). Für die Navigation wird Google Maps mit deutlichem Abstand vor anderen Karten, wie zum Beispiel dem vergleichbaren Dienst von Apple, genutzt. Insgesamt zehnte der Befragten nutzen die regionale Nahverkehrs-App „mobil info“, die vielfältige Funktionen zur Unterstützung von blinden und sehbehinderten Menschen in der ÖV-Nutzung anbietet. Acht Personen verwenden darin die ÖPNV-Auskunft, die Fußgängernavigation wird von drei der befragten Personen genutzt. Der meistgenannte Grund, die App nicht zu nutzen, war mit 49 Nennungen, dass sie nicht bekannt ist. Dabei ist aber zu beachten, dass nicht alle Befragten im Kreis Soest leben.

	Gesamt	Navigation	ÖPNV-Auskunft
DB Navigator	43	-	41
Google Maps	34	29	6
Andere Karten	12	11	2
mobil Info	10	3	8
Bahnhof live	10	6	-
BlindSquare	6	4	-
Routago® Assist	2	2	-
ViaOpta Nav	2	2	-
Sonstige	12	z. B.: Ampel Pilot, Taxi App, regionale ÖPNV-Apps, ...	

Tabelle 10: Nutzung digitaler Unterstützungstools

Die Dienste zur reinen Fußgängernavigation, BlindSquare, Routago® Assist und ViaOpta Nav, werden im Verhältnis nur von wenigen der Befragten genutzt. Hier fällt auf, dass in der Befragung der Expertinnen und Experten diese Anwendungen deutlich wichtiger genommen werden. Routago® Assist schätzten vier, ViaOpta Nav sechs, BlindSquare sogar acht von 16 Befragten als hilfreich ein. Die tatsächliche Nutzung bleibt dahinter offenbar zurück.



In Bezug auf nicht-technische Unterstützung in Verkehrsmitteln jeglicher Art gaben 18,2 Prozent an, diese gar nicht in Anspruch zu nehmen, so dass umgekehrt eine große Mehrheit von über 80 Prozent auf diese zurückgreift (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Von den anderen Befragten wurde mit 38 Nennungen die menschliche Assistenz am meisten erwähnt. Zudem nahmen 21 Personen unter den Befragten den

Abbildung 23: Bedarf nicht-technischer Unterstützung

Mobilitätsservice in Anspruch, mit dem in Bahnhöfen mobilitätseingeschränkten Menschen Hilfe beim Ein-, Um- und Aussteigen geleistet wird. Zwei Personen nehmen die Hilfe eines Blinden-/Assistenzhundes in Anspruch. Die Abfrage der Häufigkeit in Bezug auf bestimmte Verkehrsmittel wies aus, dass wiederum für die öffentlichen Verkehrsmittel hier ein regelmäßiger Bedarf besteht, während dieser sich in anderen Verkehrsmitteln seltener ergibt (siehe

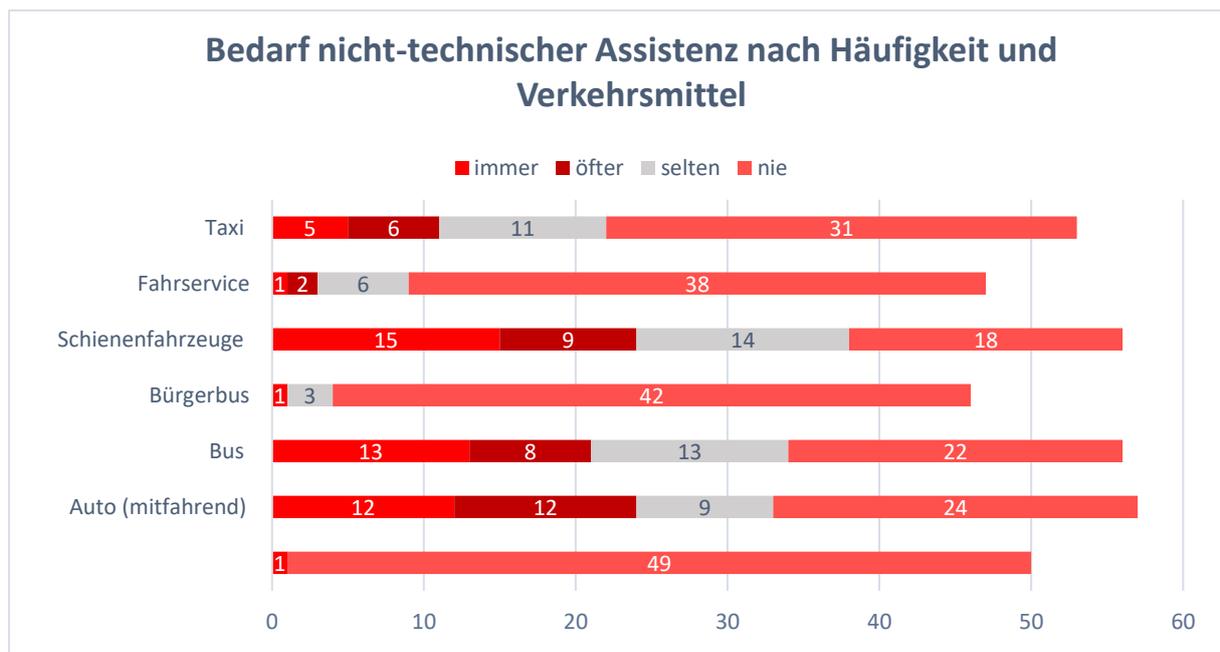


Abbildung 24). Dieses Resultat wird bestätigt durch die Antworten der Expertengruppe, die mit rund 91,2 Prozent der Nennungen den Unterstützungsbedarf primär im ÖV und hier auch am

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

häufigsten sieht. Nachvollziehbar ist vor dem Hintergrund, dass 50,8 Prozent der befragten Menschen mit Behinderung angaben, nur bekannte Strecken zu fahren, von denen wiederum rund 73 Prozent dafür Gründe der Sicherheit und Vertrautheit nannten. Weitere Gründe waren schlicht Gewohnheit oder kein Bedarf an anderen Strecken.

Für automatisierte Shuttles ergibt sich daraus eine besondere Herausforderung, da hier perspektivisch keine Begleitperson mehr an Bord ist. Um dennoch inklusiv und barrierefrei nutzbar zu sein, müssen hier Hindernisse abgebaut oder der Bedarf an Unterstützung anderweitig organisiert werden.

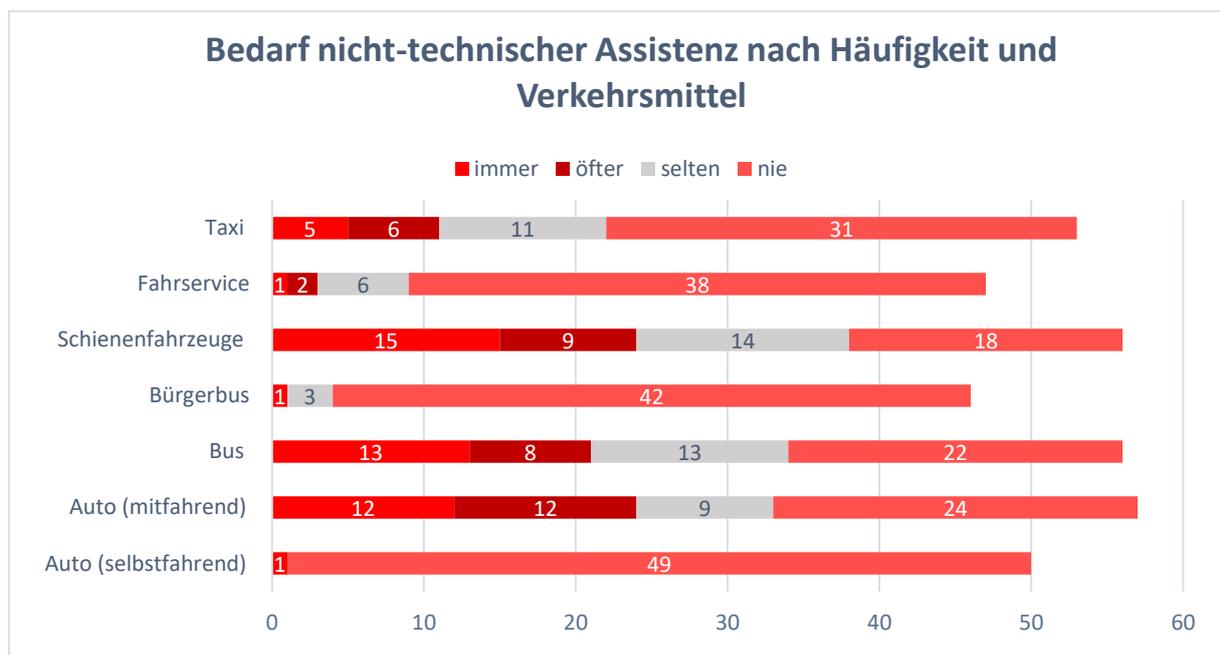


Abbildung 24: Bedarf nicht-technischer Assistenz nach Häufigkeit und Verkehrsmittel

Über ein Freitextfeld wurde abschließend abgefragt, auf welche verschiedenen Arten von Hindernissen und Herausforderungen die Personen stoßen. Diese lassen sich grob vier Kategorien zuordnen:

Anzeigen und Signale

Besonders sehbehinderte Menschen unter den Befragten nannten hier häufig Anzeigen. Diese sind an Haltestellen, an oder in Fahrzeugen mitunter schwer lesbar, wenn die Schrift zu undeutlich oder der Kontrast zu gering ist.¹⁴⁷ Für blinde Menschen fehlen hier akustische Signale

¹⁴⁷ Ebenfalls genannt wurde die Qualität von Anzeigen von Menschen mit Analphabetismus. Rund zwei Mio. Menschen in Deutschland haben eine geringe Literalität auf dem Level Alpha 2 oder darunter. Auf dieser Ebene ist das Lesen und Schreiben einzelner Wörter möglich, die Personen müssen diese jedoch oft Buchstabe für Buchstabe zusammensetzen (Grotlüschen et al. (2020)).

oder Ansagen bzw. eine Information nach dem Zwei-Sinne-Prinzip. An nicht barrierefreien Haltestellen sind sie sonst gänzlich auf die Unterstützung durch andere Personen angewiesen. Als problematisch nannten sie ebenfalls, dass die Fahrzeuge selbst sowie die Eingänge nicht gut wahrnehmbar sind. Auch hier vermissten einige der Befragten akustische Signale, über die sich der Einstieg lokalisieren ließe.

Orientierung/Navigation

Gerade in größeren Bahnhöfen und an Mehrfachhaltestellen (mit mehreren Buslinien) fällt sehbehinderten und blinden Menschen die Orientierung schwer. Das richtige Gleis, bzw. die richtige Buslinie zu finden, stellt für mehrere Befragte eine besondere Herausforderung dar. Mobilitätseingeschränkte Menschen planen häufig ihre Fahrten im Voraus, da für sie die Orientierung vor Ort eine besondere Schwierigkeit bedeutet und das Vorhandensein von Fahrstühlen und weiterer Aspekte der Barrierefreiheit essenziell ist. Daher merkten mehrere Befragte an, dass unvorhergesehene Ereignisse wie Gleiswechsel, eine Änderung in der Wagenreihung, baustellenbedingte Verlegung von Haltestellen, Zugausfall oder Ersatzverkehr äußerst schwierig zu bewältigen seien. Da in diesen Fällen die geleistete Vorbereitung häufig ist, stünden die Betroffenen hier oftmals vor enormen Schwierigkeiten, sich in der Situation zurechtzufinden.

Aus der Experten- und Expertinnengruppe wurden wiederholt die Schwierigkeiten Betroffener benannt, in dem Fahrzeug den Signalknopf für den Haltewunsch oder beim Einstieg einen freien Sitzplatz zu finden. Hier sind behinderte Menschen oftmals auf fremde Unterstützung angewiesen.

Ausstattung, Infrastruktur und situative Hindernisse

Unter den Befragten nannten blinde, aber auch gehbehinderte Personen physische Hindernisse als besonderes Problem. Dabei kann es sich um Gepäck oder Fahrräder im Türbereich handeln, oder auch um Baustellen auf Bahnsteigen oder im Gebiet oder der Zuwegung einer Haltestelle. Defekte Aufzüge oder nicht funktionierende Rampen zum Einstieg in die Fahrzeuge wurden als weitere Hindernisse im Alltag der ÖV-Nutzung genannt. Personen mit Assistenz-/Führhunden merkten zudem an, dass oftmals die Sitzreihen in den Fahrzeugen zu eng aneinander seien, so dass für den Hund kein Platz sei.

Sensibilität

Eine weitere Kategorie der von den Befragten genannten Herausforderungen stellte der persönliche Umgang dar. Hier fehle es mitunter an Sensibilität. Sprach- und geistig Behinderte Personen führten an, dass sie gerade in Stresssituationen Probleme mit einer deutlichen Aussprache haben. Darauf reagiere das Personal manchmal ungeduldig oder gar verärgert. Ebenso wurde angemerkt, dass nicht immer Rücksicht darauf genommen werde, ob die

Person schon auf ihrem Platz sitze, bevor der Bus anfährt. Sowohl für gehbehinderte sowie auch für blinde Menschen ist dies besonders gefährlich. Daraus stellt sich jedoch für automatisiert fahrende Shuttles die Frage, wie ohne eine Begleitperson gesichert werden kann, dass alle Personen an Bord entweder einen Sitzplatz oder einen festen Halt haben. Umgekehrt sind jedoch auch gut gemeinte Hilfestellungen nicht immer gewünscht. So wurde aus dem Expertenkreis angemerkt, dass Menschen im Rollstuhl mitunter ungefragt an andere Plätze geschoben werden, was von den Betroffenen als Eingriff in die Selbstbestimmung erlebt werde. Im automatisierten Shuttleverkehr gibt es in geringerem Maße die Rückfalloption der Unterstützung durch Personal. Die Darstellung der Hindernisse und Herausforderungen stellt somit noch einmal die besondere Vulnerabilität von Menschen mit Behinderung im automatisierten ÖV heraus (siehe Abschnitt „Neuerungen durch automatisierte Fahrzeuge“ im Kapitel 2.4).

Gruppendiskussionen und Beobachtungen

Während der Testfahrten wurden Äußerungen der Teilnehmenden und Beobachtungen ihres Nutzungsverhaltens festgehalten. Im Anschluss wurden mittels leitfadengestützter Fokusgruppen-Methodik Diskussionsrunden über die Eindrücke und den identifizierten Optimierungsbedarf der Teilnehmenden durchgeführt. Die Ergebnisse aus diesem praktischen Teil der Studie lassen sich in folgende Themenbereiche clustern: 1) Erwartungen und Gefühle, 2) Nutzungsevaluation der Testfahrt bezüglich Haltestellenbereich, technischer Hilfsmittel und Fahrzeugsystem, 3) Optimierungsbedarf. Die Ergebnisse der ersten beiden Themenbereiche werden nachfolgend erläutert. Der letzte Themenbereich wird im Kapitel 4 als Handlungsempfehlungen an die an der Entwicklung des Gesamtsystems beteiligten Akteure/Branchen dargelegt.

Erwartungen und Gefühle

Ihre Erwartungen an eine Fahrt mit dem automatisierten Shuttle-Bus SOfia beschrieb die Mehrheit der Studienteilnehmenden mit Neugier und Aufgeschlossenheit gegenüber der neuen Technik. Im Gegensatz dazu formulierten auch mehrere Teilnehmende, dass sie vor der Fahrt ein mulmiges oder skeptisches Gefühl hatten, welches sich bei der Fahrt jedoch aufgelöst habe. Der Gesamteindruck aller Studienteilnehmenden von der Testfahrt war überwiegend positiv. Das Fahrgefühl wurde von den meisten als angenehm, spannend und spaßig beschrieben, was für viele eine Überraschung darstellte, weil ihre Erwartungen an Reaktionsfähigkeit und Sicherheitsgefühl übertroffen wurden. Eine Person, die ihren Blindenhund im Fahrgastraum mitführte, hatte vorab Sorgen bezüglich der Bremssituation, bewertete die Fahrt für Mensch und Tier im Nachhinein jedoch als überraschend angenehm. Nur wenige Personen fühlten sich während der Testfahrt unsicher oder ängstlich. Sie beschrieben ihre Eindrücke als komisch, hatten ein mulmiges Gefühl oder fanden es unheimlich ohne Fahrzeugführer an Bord. Folgende spezifische negative Faktoren wurden von den Testfahrenden genannt: keine Kontrolle wegen fehlender Haltestellenansagen, zu enges Platzangebot, Misstrauen in

rechtzeitige Reaktionen des Fahrzeugsystems und ungewohntes Fahrverhalten des Shuttle-Busses. Einige Teilnehmende äußerten ihre Enttäuschung, was den Stand der Technik des SOfia-Busses betrifft. Sie waren der Ansicht, dass die technischen Möglichkeiten schon einen höheren Automatisierungsgrad sowie schnelleres Fahren erlauben würden. Vereinzelt wurde die Wahrscheinlichkeit, dass autonome Fahrzeuge zukünftig in den Mischverkehr implementiert werden können, auch als sehr gering eingeschätzt.

Das von vielen Testfahrenden geäußerte positive Sicherheitsgefühl war mitunter daran geknüpft, dass ein Operator anwesend war oder eine Anschnallpflicht bestand. Zukünftig ohne Fahrpersonal in einem automatisierten Shuttle-Bus fahren zu müssen, ist für viele Studienteilnehmende dadurch, dass eine Rückfallebene und Informationsquelle wegfallen, mit einem Angstgefühl verbunden. Vereinzelt würden die Teilnehmenden der Technik auch bei deutlich höheren Geschwindigkeiten vertrauen. Für die Mehrheit jedoch waren Fahrgeschwindigkeiten über 30 km/h ohne Operator im Fahrzeug nicht mit einem Sicherheitsempfinden vereinbar. Ein Teilnehmer äußerte beispielsweise Bedenken, ob der SOfia-Bus in Zukunft bei 50 km/h alle Anforderungen im Straßenverkehr erfüllen könne.

Bedenken äußerten Studienteilnehmende darüber hinaus hinsichtlich der Fragen, was passiert, wenn das Fahrzeug gehackt wird, wer bei einem Unfall haftet und ob die Rampe auch für Rollstühle ohne Elektroantrieb geeignet sei. Auch der denkbare Nebeneffekt zukünftig wegfallender Arbeitsplätze wurde genannt. Als Vorteile nannten Studienteilnehmende die ökologische Nachhaltigkeit eines automatisierten und elektrischen Mobilitätsangebotes sowie die Möglichkeit, den ländlichen Raum besser an den ÖPNV anbinden zu können.

Insgesamt zeichnete sich eine deutliche Nutzungsbereitschaft ab. Eine Fokusgruppe mit Schülerinnen und Schülern des LWL-Berufsbildungswerk Soest prüfte direkt am Workshop-Tag die Passfähigkeit des Fahrplanes zu ihren Arbeitszeiten. Die Technologie wurde vielfach als zukunftsweisend beschrieben und mehrere Personen können sich die Nutzung im Alltag für private und berufliche Zwecke sowie auch mit größeren Linienbussen vorstellen.

Nutzungsevaluation der Testfahrt

Die Studienteilnehmenden wurden im Weiteren während der Gruppendiskussionen detaillierter zu den positiven und negativen Aspekten der Testfahrt befragt. Am häufigsten genannt wurden Mängel an Fahrzeugausstattung und -funktionen, die bei der Nutzung des „Ride4All“-Gesamtsystems aufgefallen sind. Die einstimmig und regelmäßig genannten Mängel werden nachfolgend erläutert:

- a) Fehlende Haltestellenansagen/fehlendes Zwei-Sinne-Prinzip bei wichtigen Informationen

Die Übermittlung von wichtigen Informationen für die Nutzerinnen und Nutzer entspricht nicht vollständig dem Zwei-Sinne-Prinzip. Während der Fahrt mit dem SOfia-Bus gibt es keine Haltestellenansagen. Demnach hatten die Testfahrenden ohne (ausreichende) visuelle Wahrnehmung keine Möglichkeit, die aktuelle Position des Fahrzeuges auf der Linie zu kontrollieren. Fahrgäste, die über ein Smartphone verfügen, können diese Informationen über die Funktion Fahrtverlauf der „mobil info“-App bekommen. Eine Ansage im Fahrzeug ist jedoch eine sinnvolle Hilfestellung für Menschen ohne technischen Zugang. Teilweise wird auch gewünscht, dass die Fahrtrichtung im Bus angesagt wird. Auch ein akustischer Hinweis auf die Anschnallpflicht fehlt (aktuell übernimmt der Operator diese Aufgabe). Außerhalb des Fahrzeuges, beim Anfahren an der Haltestelle, war für viele Studienteilnehmende auffällig, dass eine akustische Information zu Liniennummer und Richtung fehlt, insbesondere da die Möglichkeit, das Fahrpersonal danach zu fragen, zukünftig nicht mehr bestehen wird (alternativ Mitfahrende zu fragen ist auch nicht immer möglich). Als weiterer Aspekt wurde wiederholt die fehlende Information zur Sitzplatzauslastung im realen Betrieb genannt.

b) Zu leise Anfahrt des E-Fahrzeuges an die Haltestelle

Die Mehrzahl der seheingeschränkten und blinden Teilnehmenden empfanden die Anfahrtgeräusche des SOfia-Busses als zu leise. Eine Person mit Blindenführhund bemerkte, dass das Tier durch die ausbleibenden Geräusche irritiert war. Die Fahrgeräusche des Elektrofahrzeuges kurz vor und während der Anfahrt an die Haltestelle werden als akustisch nicht ausreichend wahrnehmbar bewertet. Die Notwendigkeit eines – mittlerweile gesetzlich vorgeschriebenen – AVAS mit ausreichender Lautstärke wurde betont.

c) Zu kleine und nicht ausreichend kontrastreiche Anzeige des Fahrtverlaufes

Innerhalb des Fahrzeuges befindet sich die Fahrgastanzeige an der linken, oberen Fahrzeuginnenseite. Die Mehrheit der seheingeschränkten Teilnehmenden hat den Kontrast und die Schriftgröße dieser Anzeige als zu gering beschrieben, so dass sie die Informationen nicht lesen konnten. Von der Sitzposition einer rollstuhlfahrenden Person ist der Bildschirm außerdem nicht gut einsehbar.

d) Position, Sensibilität und fehlerhafte Beschriftung der Taster

Das Fahrzeug verfügt über Taster zum Öffnen und Schließen der Tür, zur Bedienung der Rampe, zum Auslösen eines Notstopps und für Notfälle zur Verbindung mit der Leitstelle (siehe Kapitel 3.3).

Häufig wurden die Taster von den Teilnehmenden als mangelhaft beschrieben. Die Gründe dafür unterscheiden sich je nach Anforderung der Nutzerinnen und Nutzer: Für seheingeschränkte oder blinde Menschen sind sie nicht geeignet, weil sie zu sensibel reagieren und teilweise taktil nicht zu erfassen sind. Beim Ertasten wurden sie vielfach ungewollt ausgelöst,

weil sie durch leichte Berührung aktiviert werden (siehe Abbildung 25). Auch die Bedienoberfläche für den Operator wurde ungewollt berührt und dabei gesperrt (aus Sicherheitsgründen positiv zu bewertender Aspekt).



Abbildung 25: Risiko für ungewolltes Auslösen der Taster im Haltestangen-Bereich, Quelle: LWL-Berufsbildungswerk Soest

Zudem fehlte teilweise die Beschriftung mit Braille-Schrift (Taster für Notfälle/Verbindung zur Leitstelle und für Rampe innen). Die Braille-Beschriftung ist in einigen Fällen in englischer Sprache und auf dem Kopf stehend angebracht. Bezüglich des Tasters zur Bedienung der Tür kommentierte eine Person, dass die Bedeutung nicht klar formuliert sei (nur zum Schließen oder auch Öffnen). Darüber hinaus fehlte ein Taster zum Auslösen des Haltewunsches. In einem Workshop wurde die farbliche Unterscheidbarkeit der Taster positiv hervorgehoben. Von Rollstuhlfahrerinnen und -fahrern wurde hingegen bemängelt, dass die Taster vom Sitzplatz aus nicht erreichbar sind. Generell sind die Taster nicht von allen Sitzplätzen aus bedienbar. Der an der Fahrzeugaußenseite befindliche Taster zur Bedienung der Rampe wurde in einem Workshop als zu weit in der Mitte befindlich bewertet. Daraus ergibt sich ein Unfallrisiko für seh- oder geheingeschränkte Personen, da sie sich leicht direkt vor der Tür befinden, wenn die Rampe ausfährt.

e) Mangelhafte Nutzbarkeit der Rampe

Bei der Nutzung der Rampe bemängelten Studienteilnehmende weitere Punkte. An der Haltestelle wird Platz zum Rangieren benötigt, da es zu gefährlich ist, rückwärts hochzufahren. Im

Fahrzeug wird die Rangiermöglichkeit als zu gering bewertet. Die Rampe selbst wurde zudem als zu schmal beschrieben, woraus sich eine Unfallgefahr ergibt. Einige Teilnehmende vermissten daher ein Geländer. Die Rampe war am Einstiegsort für mehrere Testpersonen zu steil (insbesondere ohne Elektroantrieb), reagiert außerdem sehr sensibel auf Unebenheiten. Das Oberflächenmaterial wurde als nicht griffig genug beschrieben (Rutschgefahr). Außerdem war die visuelle Wahrnehmbarkeit der Rampe für mehrere Personen nicht gegeben. Es fehlen Markierungen bzw. entstand Unsicherheit bezüglich der Positionierung des Rollstuhles (Taster nah an der Tür, dann freimachen für Ausfahren der Rampe nötig). Bedenken wurden dahingehend geäußert, dass blinde Menschen vom Ausfahren der Rampe überrascht werden könnten, da das Warnsignal beim Ausfahren nicht von allen Personen eindeutig zugeordnet werden konnte.

f) Unklare Bedeutung akustischer Signale des Fahrzeuges

Viele Studienteilnehmende haben auf die nicht verständliche Bedeutung akustischer Signale des Fahrzeuges hingewiesen. Das Fahrzeugsystem gibt verschiedene Töne ab, doch die Bedeutung bleibt teilweise unklar.

g) Mangelhafte Nutzbarkeit des Rollstuhl-Rückhaltesystems

Das verfügbare Rollstuhl-Rückhaltesystem mit Kraftknotensystem zur Befestigung des Rollstuhles mit Gurten über vier Verankerungspunkten im Boden ist nur mithilfe Dritter nutzbar. Somit ist ohne Fahrpersonal an Bord keine selbständige Nutzung möglich.

Weitere Nutzungsaspekte bei der Testfahrt wurden lediglich vereinzelt von Studienteilnehmenden in den Workshops genannt oder gegensätzlich bewertet. Sie betrafen den Stand der Technik, den Außenbereich des Fahrzeuges, die Sitzplätze, die sonstige Ausstattung sowie die „mobil info“-App. Diese werden nachfolgend aufgeführt:

Die Fahrgeschwindigkeit des Busses wurde von einigen als zu langsam bewertet. Aus Sicherheitsgründen wurde von einigen die geringe Geschwindigkeit im Gegensatz dazu gutgeheißen. Das Fahrverhalten behindert die Orientierungsfähigkeit, denn wegen des Schlenkerns kann der Fahrgast nicht erkennen, ob der Bus abbiegt oder nicht. Das Bremsverhalten wurde teilweise als zu abrupt beschrieben. Einige Testpersonen hatten Probleme beim selbständigen Anlegen des Gurtes.

Das Zielschild mit der Liniennummer an der Stirnseite war für die meisten gut lesbar, für einige jedoch nicht gut genug zu erkennen, weil Schrift und/oder Kontrast nicht groß genug sind bzw. die einzelnen Leuchtpunkte zu einem verschwommenen Bild verlaufen. Die Tür ließ sich zu meist gut auffinden, da der Bus zuverlässig am Aufmerksamkeitsfeld hält, dennoch bemängelten einige, es fehle eine akustische Information, wo sich die Tür befindet. Die Breite des Eingangsbereiches wurde als ausreichend beschrieben. Die Tür hat einen

Sicherheitsmechanismus, der auch reagiert, wenn ein Langstock hineingerät. Die Reaktion erfolge jedoch weniger zuverlässig, je dünner der Langstock ist.

Die Meinungen zur Sitzplatzgröße waren ebenfalls geteilt. Einige beschrieben das Platzangebot als bequem und ausreichend, einige die Sitze als zu schmal und den Abstand zu Sitznachbarninnen und -nachbarn als zu nah. Es wurde bemängelt, dass zu wenige Haltestangen zum Aus-/Einsteigen vorhanden sind. Außerdem sei der Platz für das Abstellen von Gepäck nicht ausreichend. Es fehlt eine Sicherungsmöglichkeit für einen Rollator, sowie auf dem Feuerlöscher eine Bedienungsanleitung in leichter Sprache. Vereinzelt wurde Musik im Fahrzeug gewünscht.

Wenige Personen nutzten in den Workshops die Smartphone-App „mobil info“ während der Testfahrt. Die Rückmeldungen dazu waren, dass die App nicht zuverlässig genug funktionierte. Insbesondere bei baustellenbedingten Änderungen oder Verlegungen von Haltestellen kommt es dazu, dass blinde Fahrgäste an Orten aussteigen müssen, an denen sie sich nicht ausreichend orientieren können. Ein weiterer Teilnehmer merkte an, dass bei Auswahl einer größeren Schrift die Inhalte verschwinden und sich nicht dem Bildschirm anpassen.

Die Vorschläge der Studienteilnehmenden für Verbesserungen und zusätzliche Funktionen sind im Kapitel 4 aufgeführt.

Einzelinterviews

Erwartungen und Gefühle

Die Teilnehmenden an den Einzelinterviews wurden vorab zu ihren Erwartungen an die Testfahrt befragt. Die durchweg technisch interessierten Testpersonen äußerten mehrheitlich, dass sie ohne spezielle Erwartungen teilnehmen, sich aber eine reibungslose Fahrt und gute Funktionalität des Fahrzeugsystems erhoffen. Nach der Testfahrt wurden sie gefragt, ob sich diese Erwartungen erfüllt hätten oder es Abweichungen gab. Die Testfahrt war insgesamt weniger reibungslos und das Autonomielevel des SOfia-Fahrzeugs geringer als erwartet. Durch das unruhige Fahrverhalten ist bei einer Person ein leichtes Gefühl von Unsicherheit aufgetreten. Dennoch äußerte die Mehrheit der Teilnehmenden, dass die Erfahrung insgesamt positiv war.

Der Schwerpunkt der Einzelinterviews lag allerdings auf dem Test der „mobil info“-App im Zusammenhang mit dem SOfia-Bus. Die Teilnehmenden wurden zu ihrer Nutzung und Einschätzung der Nützlichkeit der Funktionen befragt. Fast die Hälfte (vier von neun Personen) nutzt die App bereits im Alltag (ÖPNV-Auskunft, Fahrtbegleitung und weitere Funktionen), vor allem in der Stadt Soest. Die andere Hälfte kannte die App entweder vorher noch nicht (drei Personen), kann sie nicht nutzen, weil sie an ihrem Arbeits-/Wohnort nicht verfügbar ist (eine Person)

oder bevorzugt andere Apps (eine Person). Die Mehrheit empfindet die App als schnell und die Funktionen „BusRadar“, Fahrtbegleitung sowie Verbindungsauskunft als sehr nützlich. Die Testpersonen werden die App und den „BusRadar“ definitiv erneut nutzen. Die Fußgängernavigation wurde mehrheitlich als eher nützlich empfunden und wird von allen wahrscheinlich erneut genutzt werden, jedoch insbesondere bei neuen, unbekanntem Strecken. Bezüglich der Funktionen Fahrtbegleitung (bei neuen Strecken) und Verbindungsauskunft äußerte die Mehrheit, dass sie diese definitiv erneut nutzen werden.

Nutzungsevaluation der Testfahrt und der „mobil info“-App

Die sehingeschränkten oder blinden Studienteilnehmenden wurden im Rahmen von Einzelinterviews zu den positiven und negativen Aspekten der Testfahrt befragt. Genannt wurden Mängel an Fahrzeugausstattung und -funktionen, die aufgefallen sind:

- h) fehlende Haltestellenansagen,
- i) fehlende Wahrnehmbarkeit der richtigen Buslinie (Außenansagen gewünscht),
- j) fehlende oder fehlerhafte Braille-Beschriftung von Tastern und
- k) zu kleine und nicht ausreichend kontrastreiche Anzeige des Fahrtverlaufes.

Damit kamen im Vergleich zu den durchgeführten Workshops keine neuen Aspekte hinzu.

Bezüglich der „mobil info“-App nannten die Teilnehmenden folgendes Optimierungspotenzial, (Erfahrungen sowohl aus der Testfahrt als auch der sonstigen Nutzung): Die Anwendung funktionierte noch nicht bei allen Funktionen vollkommen zuverlässig. Echtzeitinformationen zu Verspätungen, Baustellen, Umleitungen und Ausfällen werden nicht zuverlässig in der Verbindungsauskunft vermerkt. Kleine Fehler müssen behoben werden, z. B. mehrere Klicks zwischen App-Ansichten, bevor die Haltestellenansage funktionierte oder fehlerhafte Textanzeigen bei Skalierung der Schriftgröße. Abhaken und Ansagen der Haltestellen erfolgten nicht zuverlässig genug. Darüber hinaus fehlen den Teilnehmenden einige gewünschte Funktionsbausteine: Beim „BusRadar“ gibt es keine Filterfunktion. Die Ansage der Haltestellen funktionierte nicht, wenn der Smartphone-Bildschirm nicht aktiviert war.

Die Bedienbarkeit ist in Teilen nicht intuitiv und die visuelle Darstellung nicht genug auf die Nutzergruppe angepasst. Die Elemente zur Aktivierung der Sprachausgabe sowie zum Start der Fahrtbegleitung waren schlecht zu finden und zu erkennen. Bei der Verbindungsauskunft werden zu viele Informationen auf einer Ansicht angezeigt, so dass es teilweise zu Verwirrung führte. Es fehlt eine Darstellungsoption im dunklen Modus (englisch Dark Mode). Tabs sind nicht kontrastreich genug.

Die Vorschläge der Studienteilnehmenden für Verbesserungen und zusätzliche Funktionen der „mobil info“-App sind im Kapitel 4.3 aufgeführt.

Nutzungsevaluation der hochgenauen Blinden- und Sehbehindertennavigation

Fraunhofer FOKUS arbeitete an einer hochgenauen Blinden- und Sehbehindertennavigation, die die Nutzenden im Umfeld der Haltestelle leitet. Im Vorfeld der App-Entwicklung wurde eine Befragung mit einem blinden und einem sehbehinderten Nutzer zu den präferierten Haltpositionen des Smartphones während der Navigation durchgeführt. Dabei wurde neben der bekannten waagerechten Positionierung parallel zur Navigationsrichtung auch die senkrechte Haltposition vor dem Oberkörper favorisiert. Dies hätte zudem den Vorteil, dass das Smartphone auch an einer Halterung um den Hals getragen werden kann und damit die Hände frei sind. Die Navigation konnte entsprechend den obigen Vorgaben umgesetzt und an den Haltestellen „Bahnhof Soest“, „Blindenschule“ und „LWL-Berufsbildungswerk“ erfolgreich getestet werden. Zudem konnte die Smartphone-App am Berufsbildungswerk auch mit zwei blinden und einem sehbehinderten Nutzer mehrfach getestet werden. Einem Nutzer war das Klick-Geräusch, das als Signalisierung der richtigen Richtung verwendet wurde, zu aufdringlich. Es werden entsprechende Alternativen in Betracht gezogen. Alle drei Nutzer waren nach einer kurzen Einweisung in der Lage, mit der App genau zum Haltepunkt von SOfia zu finden. Es gilt die Einschränkung, dass alle das Gelände genau kennen und auch ohne Hilfe der App den Weg gefunden hätten. Weitere Tests auf unbekanntem Gelände wären daher wünschenswert.

Fazit zur sozialen Akzeptanz

Im Rahmen des Projektes „Ride4All“ sollte untersucht werden, ob unter potenziellen Nutzerinnen und Nutzern mit Behinderung gegenüber automatisierten Shuttles soziale Ängste und Bedenken bestehen. In der Gegenüberstellung des zuvor aufgezeigten Standes der Akzeptanzforschung (siehe Kapitel 2.3) wurde zum einen eine allgemein vorherrschende Skepsis aufgezeigt und daraus der Schluss gezogen, dass Aufklärungsbedarf besteht und entsprechende Maßnahmen die Nutzungsbereitschaft erhöhen würden. Zum anderen wurde auch deutlich, dass erste Erfolge zur gesteigerten Nutzungsbereitschaft im Rahmen von Pilotprojekten mit automatisierten Shuttles erzielt werden konnten. Dies ist per se nicht als Widerspruch zu deuten, kann jedoch ein Hinweis darauf sein, dass die persönliche Erfahrung mit der Technologie einen großen Mehrwert hinsichtlich der Schaffung von Akzeptanz ausmacht.

In Bezug auf die soziale Akzeptanz automatisierter Shuttles von Menschen mit Behinderungen hat die Auswertung der bisher geringen Anzahl an Veröffentlichungen folgendes aufgezeigt: Grundsätzlich wird zwar ein großes Potenzial gesehen, die Akzeptanz von Menschen mit unterschiedlichen Behinderungen ist jedoch sehr heterogen ausgeprägt. Vor allem Menschen mit Sehbehinderung und körperlicher Behinderung haben große Skepsis. Es zeigt sich in der Gesamtsicht kein eindeutiges Bild: Die Bedürfnisse, Erwartungen und Einstellungen von Menschen mit und ohne Behinderungen sind vielfältig und die Anforderungen an die Gestaltung des Systems unterschiedlich.

Die Ergebnisse der Erhebungen bei „Ride4All“ bestätigen den bisherigen Stand bezüglich der sozialen Akzeptanz automatisierter Shuttles von Menschen mit Behinderung größtenteils, verstärken bestimmte Punkte jedoch auch. Wie bei ähnlich gelagerten Projekten, beschrieb die Mehrheit der Studienteilnehmenden ihren Gesamteindruck von der Testfahrt als positiv.¹⁴⁸ Viele Teilnehmende, die vor der Fahrt eher skeptisch waren, teilten mit, dass die Skepsis nach der Mitfahrt abgenommen hat. Hervorzuheben ist, dass das Sicherheitsgefühl im Shuttle oft mit dem an Bord befindlichen Operator, den geringen Geschwindigkeiten und der Anschnallpflicht assoziiert wurde. Die Studienteilnehmer wiesen auf fehlende oder verbesserungsbedürftige Ausstattungsmerkmale hin, die zu einer Attraktivitätssteigerung des Mobilitätsangebotes für mobilitätseingeschränkte Menschen führen würden. Für diese Nutzergruppe sind besonders folgende Gründe bei der Verkehrsmittelwahl entscheidend: Zuverlässigkeit, Flexibilität und Barrierefreiheit (siehe Abbildung 18). Es wurde bestätigt, dass Medienberichte eine höhere Erwartungshaltung schüren als die Technik momentan erfüllen kann.

So lassen sich die eigens generierten Ergebnisse insgesamt bestätigend und verstärkend in den aktuellen Stand der Wissenschaft einordnen. Es zeigt sich jedoch auch, dass zu wenige Studien zum Thema der Akzeptanz von Menschen mit Behinderungen gegenüber automatisierten Shuttles vorliegen und es noch großen Forschungsbedarf gibt, vor allem in Bezug auf spezielle Anforderungen, die sich aus der jeweiligen Einschränkung der körperlichen Funktion, geistigen Fähigkeit oder seelischen Konstitution ergeben.

4. Handlungsempfehlungen

Aus der Analyse des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik sowie aus den Ergebnissen der Begleitforschung im Projekt „Ride4All“ werden Handlungsempfehlungen für die qualifizierte Weiterentwicklung und Verbesserung von automatisierten ÖPNV-Fahrzeugen, des ÖPNV-Betriebs, von Smartphone-Anwendungen, der Haltestelleninfrastruktur und zum Abbau von sozialen Bedenken abgeleitet.

4.1 Fahrzeugsysteme

Um die Barrierefreiheit von Mobilitätsangeboten mit automatisierten Fahrzeugen im ÖPNV zu verbessern, sollten bei der Herstellung und Entwicklung von Shuttle-Bussen und der dazugehörigen Steuerungssoftware folgende Handlungsempfehlungen berücksichtigt werden:

¹⁴⁸ An dieser Stelle ist erneut darauf hinzuweisen, dass die Personen, die an der Studie teilgenommen haben, womöglich bereits eine positive Grundeinstellung gegenüber Technik und dem automatisierten Fahren hatten, da sie sich freiwillig zur Teilnahme an den Workshops und Interviews gemeldet haben.

- ◆ Als Grundsatz ist das **Zwei-Sinne-Prinzip** bei allen Funktionen und Informationen zu beachten, die ein Fahrgast benötigt. Im SOfia-Bus ist der Linienverlauf und die nächste Haltestelle visuell über die Fahrgastanzeige wahrnehmbar. Erforderlich sind darüber hinaus akustische **Ansagen** der jeweils nächsten Haltestelle. Beim Einstieg sollten zudem stets die Fahrtrichtung und Buslinie akustisch angesagt werden (Abrufbarkeit über eine Smartphone-App nicht ausreichend). Piktogramme dienen im Außen- und Innenbereich von Fahrzeugen als visuelle Informationsträger. Solche Informationen müssen in Abhängigkeit von ihrer Art entweder auch taktil wahrnehmbar sein (Beispiel: Markierungen von Behindertenplätzen, die ertastet werden können), akustisch angesagt werden (Beispiel Anschnallpflicht) und/oder abgerufen werden können (Beispiel: Sprachausgabe per Knopf nach Bedarf). Auch bei dem Ausfahren der Rampe ist eine akustische Ansage erforderlich, um sicherzustellen, dass blinde oder seheingeschränkte Fahrgäste über den Vorgang informiert werden und einen Sicherheitsabstand wahren können.
- ◆ Die barrierefreie Nutzung von automatisierten Shuttle-Bussen darf nicht daran gekoppelt sein, über ein Smartphone zu verfügen. Diese können Empfangsausfälle haben, sind an die limitierte Akkuladung geknüpft und werden nicht von allen Fahrgästen genutzt. Obwohl Smartphone-Anwendungen eine hilfreiche Unterstützung im Mobilitätsalltag darstellen können, müssen immer auch **Alternativen für Menschen ohne eigenen technischen Zugang** angeboten werden. Dies betrifft insbesondere auch Menschen mit geistigen Einschränkungen. Sie dürfen nicht ausgeschlossen werden, indem Funktionen nur über komplizierte Apps zur Verfügung stehen.
- ◆ Das Fahrzeugsystem muss **Schnittstellen** bieten, damit Anwendungen externer Anbieter integriert werden können. Beispiele sind das Auslösen des Haltewunsches und des Tür-Finde-Signals per Smartphone-App sowie die Darstellung von Echtzeit-Informationen auf Online-Plattformen/dynamischen Fahrgastinformationen.
- ◆ Das **Bremsverhalten** der Fahrzeuge sollte weniger abrupt sein, insbesondere wenn höhere Fahrgeschwindigkeiten möglich werden. Damit verbunden ist die Sicherheit von stehenden Fahrgästen und die Sicherung von mitgeführtem Gepäck und Rollatoren.
- ◆ Da Fahrzeuge mit Elektroantrieb schwerer zu hören sind als solche mit Verbrennermotoren, ist zur besseren Wahrnehmbarkeit ein **akustisches Fahrzeug-Warnsystem** (AVAS) erforderlich, insbesondere bei der Anfahrt an die Haltestelle. Die Fahrgeräusche des SOfia-Busses, welcher über ein solches System verfügt, müssen lauter sein. Auch an Fußgängerüberwegen ist diese Anforderung für seheingeschränkte und blinde Menschen relevant, die vor der Straßenüberquerung prüfen wollen, ob das herannahende Fahrzeug angehalten hat.

- ◆ Die **Kennzeichnung/Beschilderung** der Fahrzeuge mit einem Zielschild mit Angabe der Liniennummer und Zielort/-haltestelle (Zielschild) ist auch an der rechten Längsseite vorzunehmen, nicht nur an der Stirnseite. Auf diese Weise kann an der Haltestelle vor dem Zustieg das richtige Fahrzeug gefunden und überprüft werden (insbesondere an Haltestellen relevant, die mehrere Linien bedient). Der Paragraph 33 BOKraft ist dahingehend zu erweitern, dass dies unabhängig von der Fahrgastanzahl zur Vorschrift wird. Die Kennzeichnungen müssen eine große Schriftgröße und deutlichen Kontrast aufweisen sowie bei Dunkelheit erkennbar sein (detaillierte Vorgaben siehe DIN 32975 „Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung“).
- ◆ Zusätzlich zur Kennzeichnung und Innenansagen sind **Außenansagen** mit Angabe von Liniennummer und Fahrtrichtung erforderlich (ggfs. wegen der Störung des Umfeldes nur bei Bedarf über einen Taster am Fahrzeug), sobald ein automatisierter Bus an einer Haltestelle hält. Rechtlich sind derartige Schallzeichen von Fahrzeugen bislang nicht vorgesehen bzw. Rettungsfahrzeugen vorbehalten.¹⁴⁹ Auf diese Weise könnte das gewünschte Fahrzeug jedoch von seheingeschränkten oder blinden Menschen aufgefunden bzw. verifiziert werden (Fahrpersonal entfällt als Informationsquelle). Es sollte zudem eine leicht auffindbare und taktil erkennbare Wiederholungstaste vorhanden sein, um sich die Linie bei Bedarf erneut ansagen lassen zu können, falls die Ansage durch laute Umgebungsgeräusche, zurückzulegende Distanzen oder eigenes Versäumnis verpasst wurde. Für Nutzerinnen und Nutzer von Smartphones besteht durch die „mobil info“-App zusätzlich zur beschriebenen Lösung die Möglichkeit, die Tür-Finde-Funktion zu nutzen, die über ein akustisches Signal den Eingangsbereich der vorher gewählten Buslinie übermittelt.
- ◆ An der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sind Barrieren für Personen mit Geheinschränkungen bzw. Rollstuhl- oder Rollator-Nutzende zu vermeiden. Fahrzeugseitig wird empfohlen, die **Neigeposition** an jeder Haltestelle individuell so einzustellen, dass Höhen und Spalten eigenständig überwunden werden können. Das Fahrzeugsystem sollte bei bedarfsgesteuerten Fahrten zukünftig die Bordsteinhöhe an Haltepunkten kennen, um Nutzerinnen und Nutzern von Rollstühlen und Gehhilfen barrierefreie Zu- und Ausstiegspunkte bieten zu können.
- ◆ Verbleibende Resthöhen und Spalten müssen mit der **Rampe** überbrückt werden können. Empfohlen wird ein Neigungswinkel von maximal 6 Prozent im Zusammenspiel mit der Haltestellen-Infrastruktur. Im Gegensatz zu heutigen Linienverkehren kann kein Fahrpersonal bei Bedarf unterstützen. Die Rampe muss eine äußerst hohe Robustheit

¹⁴⁹ § 55 StVZO – Einrichtungen für Schallzeichen, § 16 StVO – Warnzeichen.

im Betrieb aufweisen. Zudem muss sie über eine rutschfeste Oberfläche sowie einen Schutzmechanismus verfügen, der das Risiko von Personenschäden beim Ausfahren minimiert. Zusätzlich werden Lichtsignale an der Kante der Rampe empfohlen, um die Sichtbarkeit beim Ausfahren zu verbessern.

- ◆ Um die Zustiegs-Situation für sehingeschränkte Personen zu verbessern, wird außerdem empfohlen die farbliche Gestaltung des **Fahrzeugbodens** mit einem deutlichen Kontrast zum Boden der Haltestelle zu versehen.
- ◆ **Innenraumbelichtung:** Zur Erhöhung des Sicherheitsempfindens und der Wahrnehmbarkeit von visuellen Informationen sollte das Fahrzeug innen voll beleuchtet sein.
- ◆ Die **Tür** sollte an Haltestellen selbständig öffnen und schließen. An solchen, die die Benutzung einer Rampe erfordern, sollte das Fahrzeugsystem automatisch den Bedarf erkennen und die Rampe aktiviert werden.¹⁵⁰ Im Türbereich müssen Haltegriffe angebracht sein. Es werden Innenschwenktüren empfohlen, weil diese dank horizontaler Streben an der Innenseite als Hilfe zum Ein- und Aussteigen genutzt werden können. Die farbliche Gestaltung sollte kontrastreich erfolgen.
- ◆ Die **Fahrgastanzeige/n** im Innenraum des Fahrzeuges muss/müssen über einen hohen Kontrast und eine große Schriftgröße verfügen (detaillierte Vorgaben siehe DIN 32975 „Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung“). Die erforderlichen Informationen sind Linie, Haltestellenverlauf und Fahrtrichtung. Das Anmelden eines Haltewunsches soll visuell und akustisch bestätigt werden. Die Anzeigen sollten in Blickrichtung der Fahrgäste angebracht sein bzw. auch vom Rollstuhlplatz aus einsehbar sein.
- ◆ Für **Rollstuhlfahrende** muss bis auf Weiteres ein Personen- und Rollstuhlrückhaltesystem verbaut werden, das eigenständig nutzbar ist (z. B. ein Docking-System mit passendem Gegenstück am Rollstuhl). Die Position muss so gewählt werden, dass der Platz zum Rangieren im Fahrzeug ausreicht. Die Platzgröße muss für alle Rollstuhlmodelle ausreichend sein. Denkbar ist zukünftig auch eine Lösung wie in großen Linienbussen mit einer Rückprallplatte, Feststellen der Bremsen am Rollstuhl und Festhalten an Haltegriffen. Die Sicherheit für die rollstuhlnutzenden Fahrgäste ist im Zusammenspiel mit dem abrupten Bremsverhalten zu prüfen. Von dem vorgesehenen Rollstuhlplatz aus müssen außerdem alle erforderlichen Taster erreichbar (Haltewunsch und Leitstellenverbindung) und eine Fahrgastanzeige einsehbar sein.

¹⁵⁰ Siehe Entwicklung des Fraunhofer FOKUS im Kapitel 3.3.

- ◆ Die **Sitzplätze** für die Fahrgäste sollten breiter sein bzw. über mehr Abstand zueinander verfügen. Sie sollten farblich unterschiedlich gestaltet sein, um die visuelle Wahrnehmbarkeit zu verbessern. Am Türbereich sollten Plätze mit Vorrang für Behinderte vorgesehen werden.
- ◆ Aufgrund der limitierten Beförderungskapazität der Shuttle-Busse muss die Information zur **Sitzplatzauslastung** vor dem Zustieg an den Fahrgast übermittelt werden. Dies gilt insbesondere im Linienverkehr, wo keine Reservierungen möglich sind. Je nach Betriebskonzept werden die Fahrzeuge nach Bedarf gebucht (per Telefon oder online) oder fahren im Linienverkehr ohne vorherige Sitzplatzreservierung. Dabei muss das Zwei-Sinne-Prinzip beachtet werden. Die Sitzplatzauslastung sollte visuell und akustisch am Fahrzeug oder an der Haltestelle über digitale Anzeigen übermittelt werden. Für Menschen mit eigenem technischem Zugang ist die Information in Echtzeit per Smartphone-App/Buchungsplattform zugänglich zu machen.
- ◆ Die **Taster** außen am Fahrzeug sowie im Fahrgastraum müssen sämtlich mit Brailleschrift in deutscher Sprache versehen und eindeutig beschriftet sein. Sie dürfen nicht berührungssensibel reagieren, sondern müssen über einen Druckpunkt verfügen. Sie müssen von allen Sitzplätzen aus erreichbar sein (auch Rollstuhlplatz). Taster für das Auslösen des Haltewunsches sind vorzusehen (auch mit Funktion verlängerter Türöffnungszeiten für Fahrgäste mit Rollstuhl, Kinderwagen und Gehhilfen). Taster zur Bedienung der Rampe müssen außerhalb der Ausfahrzone angebracht werden (beispielsweise seitlich der Tür).
- ◆ **Touchscreens** sind aufgrund der Gefahr von Fehlbedienungen im Betrieb grundsätzlich keine Option im ÖV. Sie stellen darüber hinaus eine Barriere für blinde und sehbehinderte Fahrgäste dar. Technische Weiterentwicklungen wie Force-Sense- und Force-Feedback-Displays können ggf. in der Zukunft eine Option sein, sofern das zwei-Sinne-Prinzip realisiert werden kann.
- ◆ Es wird empfohlen, für die Fahrgäste eine **Verbindung zur Leitstelle** bereitzustellen (im SOfia-Bus über den „SOS“-Taster möglich, aber noch deaktiviert). Dafür sind technische Lösungen in den Fahrzeugsystemen vorzuhalten, die durch die Betreiber genutzt werden können. SOS-Tasten sollten grundsätzlich mit einer Gegensprech-Funktion ausgestattet und ihre Position im Fahrzeug normiert sein (z. B. immer rechts von der Tür und/oder immer in der Fahrzeugwand neben einem Sitzplatz für Menschen mit Schwerbehinderung). Perspektivisch sollte an den Einbau einer Kamera und eines Bildschirms am SOS-Knopf gedacht werden, um auch ertaubten Personen die Möglichkeit zu geben, Nachrichten mit der Leitstelle (möglicherweise unter Einschaltung eines netzbasierten Dolmetscherdienstes) austauschen zu können.

- ◆ Bezüglich der **weiteren Ausstattung** wird empfohlen, Platz und eine Sicherungsmöglichkeit für Rollatoren/Gehhilfen und Gepäck anzubieten (z. B. mithilfe von Klappsitzen). Die Smartphones nutzenden Fahrgäste müssen auf eine WLAN-Verbindung und USB-Anschlüsse zugreifen können, um die Hilfestellungen durch Smartphone-Apps zuverlässig nutzen zu können. Die Notentriegelung der Tür sowie die Sicherheitshammer müssen ebenfalls mit Braille-Schrift beschriftet sein.
- ◆ Insgesamt ist eine **Standardisierung** der verschiedenen Bedienelemente bezüglich Positionierung, Gestaltung und Funktion über unterschiedliche Fahrzeugtypen und Hersteller hinweg anzustreben, um eine intuitive Bedienbarkeit zu fördern und Barrieren zu reduzieren.
- ◆ Vorgaben für die Barrierefreiheit von **Bussen mit weniger als acht Fahrgastplätzen** müssen erarbeitet werden (Ausstattung mit Rampe, Rangiermöglichkeiten, Einstiegs-höhe etc.).

4.2 ÖPNV-Betrieb

Um die Barrierefreiheit von Mobilitätsangeboten mit automatisierten Fahrzeugen im ÖPNV zu verbessern, sollten Verkehrsunternehmen und andere Mobilitätsanbieter folgende Handlungsempfehlungen berücksichtigen:

- ◆ Die deutschlandweite Realisierung der **vollständigen Barrierefreiheit im ÖPNV** gem. § 8 Abs. 3 PBefG ist erforderlich und auch automatisierten Shuttle-Verkehren zuträglich.¹⁵¹
- ◆ Die in Kapitel 4.1 genannten Grundsätze gelten auch für die Akteure des ÖPNV-Betriebes: Einhaltung des **Zwei-Sinne-Prinzips** bei sämtlichen Fahrgastinformationen und Nutzungshinweisen sowie Angebot von **alternativen Nutzungsmöglichkeiten** für Menschen ohne eigenen technischen Zugang.
- ◆ Es wird empfohlen, für die Fahrgäste im Fahrzeug eine **Verbindung zur Leitstelle** bereitzustellen. Die Leitstelle sollte den Fahrgästen bei Bedarf mit Informationen weiterhelfen, bei Notfällen unterstützen (per Kamera-Zuschaltung) und notfalls Personal an den Standort des Fahrzeuges senden.

¹⁵¹ Einen Überblick gibt ein Positionspapier mit Nachbesserungsforderungen an die Akteure des öffentlichen Verkehrs aus der Perspektive hör-, seh-, geh- und sonstig mobilitätseingeschränkter Personen, welches im September 2021 im Rahmen des Gipfels „Barrierefreier ÖPNV und Fernverkehr“ veröffentlicht wurde ((Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021b)).

- ◆ In **Notfallsituationen** sollten Durchsagen erfolgen, die in einfacher Sprache das empfohlene Verhalten erläutern (zusätzlich schriftliche Informationen auf dem Bildschirm oder per Aushang/Aufkleber).
- ◆ Weiterhin sollte **Fahr- und Servicepersonal** im Umgang mit Menschen mit Behinderungen geschult werden (Sensibilität steigern und Handlungsmöglichkeiten aufzeigen).
- ◆ Für das zukünftige **Ticketing-System** ist die unentgeltliche Beförderung von schwerbehinderten Menschen im öffentlichen Personenverkehr zu beachten. Es sind Lösungen für Menschen mit und ohne Smartphone-Nutzung zu integrieren.
- ◆ Die bestehende Nachfrage nach **barrierefreien Bedarfsverkehren** ist bei der Angebotsplanung zu berücksichtigen (Einsatz von Shuttle-Bus-Fahrzeugen mit selbstständig sicherbarem Rollstuhlplatz).
- ◆ Die Informationen zur **Nutzbarkeit von Haltestellen** mit Rollstuhl und Gehhilfen sind für die Fahrgäste online und per telefonischem Kundenservice bereitzustellen. Bei der Buchung von **bedarfsgesteuerten Fahrten** muss die Option für geheingeschränkte Fahrgäste wählbar sein, Haltpunkte so anzufahren, dass sie unter Benutzung der Rampe ein-/aussteigen können. Fahrgäste sollten die Möglichkeit bekommen, oft genutzte Haltepunkte zu melden und barrierefrei ausstatten zu lassen.
- ◆ **Externe Akteure** wie der Winterdienst oder Bauhof müssen in die Erstellung von Nahverkehrsplänen einbezogen werden, da ein barrierefreier Ein-/Ausstieg nicht möglich ist, wenn diese nicht von Schnee und Eis befreit werden oder beschädigt sind. Bei der Beschaffung neuer Fahrzeuge wird empfohlen, Organisationen und Interessensvertretungen von mobilitätseingeschränkten Menschen aktiv zu konsultieren (z. B. Behindertenbeirat).¹⁵²

4.3 Smartphone-Anwendungen

Um die Barrierefreiheit von Smartphone-Anwendungen im Zusammenhang mit automatisierten Shuttle-Diensten zu gewährleisten, sollten bei der Entwicklung folgende Handlungsempfehlungen beachtet werden:

- ◆ Die „**mobil info**“-App sollte als nützliches Hilfsmittel weiter etabliert und entwickelt werden, auch über die Grenzen des Kreises Soest und des Hochsauerlandkreises hinaus. Die Funktionen sollten zuverlässiger laufen (Echtzeitinformationen bei Verspätungen/Umleitungen/Ausfällen, Abhaken und Ansagen der Haltestellen), die Bedienbarkeit verbessert (Vereinfachung der Verbindungsauskunft, dunkler Modus, andere

¹⁵² Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021b).

Darstellung für „Start der Fahrtbegleitung“ und Sprachausgabe) und kleine Fehler behoben werden (mehrere Klicks zwischen App-Ansichten, bevor die Haltestellenansage funktionierte; fehlerhafte Textanzeigen bei Skalierung der Schriftgröße). Weitere Funktionsbausteine sollten hinzugenommen werden: Filterfunktion und Widget für „BusRadar“, Ansage der Haltestellen bei deaktiviertem Bildschirm/Standby, Push-Benachrichtigungen für ausgewählte Busse, Auswahlmöglichkeit bei Ansagen (Endhaltestelle und nächster Halt oder nur Endhaltestelle), Modus für Sehbeeinträchtigung mit hoher Lautstärke für Ansagen und hohem Kontrast.

- ◆ Die Fahrgäste sollten auf folgende **Funktionen** im Zusammenhang mit automatisierten Shuttle-Diensten zugreifen können: Anzeigen der Reihenfolge der Busse an der Haltestelle, Tür-Finde-Signal, Prüfen der richtigen Buslinie und Fahrtrichtung an der Haltestelle/beim Zustieg, Abruf des Fahrtverlaufes, Fahrzeugstandortes und der Sitzplatzauslastung in Echtzeit, Buchung von Tickets, Buchung von Sitzplätzen und Fahrtwünschen bei Bedarfsverkehren, Anzeige von (nicht) barrierefreien Haltestellen/-punkten, Auslösen des Haltewunsches und Verbindung zur Leitstelle/Kundenbetreuung.
- ◆ Die in der App vorhandene **Fußgängernavigation** sollte für komplexe Haltestellensituationen eine präzisere Wegweisung sowie eine verlässliche Navigation auch für Innenräume wie Bahnhofsgebäude anbieten.
- ◆ App-Inhalte sollten im Allgemeinen über eine **einfache und klare Struktur** verfügen. Das erleichtert die Navigation durch die App. Auf der Startseite sind nur die Hauptfunktionen darzustellen. Menüpunkte sind selbsterklärend zu bezeichnen und auf wenige Unterpunkte zu beschränken. Auf eine konsistente Platzierung von zentralen Bedienelementen sollte geachtet werden (bspw. nach Updates).
- ◆ Ein guter **Kontrast** und **Lesbarkeit** der Inhalte spielen eine wesentliche Rolle bei der Nutzung von Smartphone-Anwendungen. Hierbei ist darauf zu achten, dass Schrift, Zahlen und Schaltflächen ausreichend groß sind und sich vom Hintergrund unterscheiden bzw. abheben.
- ◆ Die Einstellung von **leichter Sprache** sollte als Option angeboten werden, um Menschen mit geistigen Einschränkungen oder Leseschwäche die Nutzung zu ermöglichen.
- ◆ Sofern möglich, sollte eine **Spracheingabe-Funktion** integriert werden. Davon profitieren nicht nur Menschen mit Sehbehinderungen, sondern auch Menschen mit motorischen Einschränkungen und Krankheiten.
- ◆ Für die Sprachausgabe müssen alle Navigationselemente, Bilder, Schaltflächen **eindeutig textlich hinterlegt** sein. Dadurch stehen alle Inhalte auch seheingeschränkten und blinden Nutzern und Nutzerinnen zur Verfügung.

- ◆ Es ist erforderlich, eine **bundesweit verfügbare App** für Menschen mit (und ohne) Behinderungen bereitzustellen, die für alle Betriebssysteme geeignet ist. Alle Informationen sollten aus einer Hand kommen, unabhängig davon, an welchem Ort sich die Person gerade aufhält. Dazu zählen: Haltestelle- und Fahrzeuginformationen, Informationen in Echtzeit, während der Fahrt, während Ein-/Ausstieg sowie vor dem Ausstieg. Empfohlen wird auch, die Status-Abfrage von Lichtsignalanlagen zu implementieren.

4.4 Haltestellen

Folgende Handlungsempfehlungen in Bezug auf barrierefreie Haltestellen im Zusammenhang mit automatisierten Shuttle-Diensten sollten von der öffentlichen Verwaltung, Verkehrsunternehmen und anderen Mobilitätsanbietern berücksichtigt werden:

- ◆ Die deutschlandweite Realisierung der **vollständigen Barrierefreiheit im ÖPNV** gem. § 8 Abs. 3 PBefG ist erforderlich und auch Haltestellen für automatisierte Shuttle-Verkehre zuträglich.
- ◆ Das Zwei-Sinne-Prinzip muss bei der **Übermittlung von Fahrgastinformationen** konsequent eingehalten werden. Haltestellen sollten mit dynamischen Fahrgastanzeigen ausgestattet sein, um den Fahrgästen ohne Smartphone Echtzeitdaten zur Verfügung stellen zu können (unter Beachtung der Vorgaben zu Kontrast und Schriftgröße). Benötigt wird auch die Möglichkeit einer Sprachausgabe oder Verbindung zur Kundenzentrale für seheingeschränkte und blinde Personen. Darüber hinaus ist auf eine einheitliche/konsistente Gestaltung von Informationsträgern zu achten, um die Nutzbarkeit für Fahrgäste mit geistigen Einschränkungen zu erhöhen.
- ◆ An der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sind Barrieren für Personen mit Geheinschränkungen bzw. Rollstuhl- oder Rollator-Nutzende zu vermeiden. Haltestellenseitig wird empfohlen, im Linienverkehr die vorhandenen Vorgaben zur Barrierefreiheit zur **Zuwegung und Rangiermöglichkeiten** einzuhalten. Es wird empfohlen, generell einen **Bord** mit 18 cm Höhe zu verwenden. Verbleibende Resthöhen und Spalten sollten die Ausnahme darstellen.
- ◆ An Haltestellen, die von **mehreren Linien** bedient werden, muss für Fahrgäste klar erkenntlich sein, wo welche Linie hält (wenn mehrere Linien zur selben Zeit abfahren).
- ◆ Je nach Betriebskonzept müssen Fahrgäste an der Haltestelle einen **Haltewunsch** auslösen können.
- ◆ Für **virtuelle Haltepunkte** außerhalb von fest eingerichteten Haltestellen müssen infrastrukturelle Mindestanforderungen im Sinne der barrierefreien Nutzung geschaffen werden. Zur Erhöhung der Barrierefreiheit im Bedarfsverkehr (mit virtuellen Haltepunkten) sollten Bürgerinnen und Bürger die Möglichkeit bekommen, oft genutzte

Haltepunkte zu melden und barrierefrei ausstatten zu lassen. Ein möglichst enges **Netz an barrierefreien Haltestellen** muss dabei stets weiterhin angeboten werden.

4.5 Abbau sozialer Bedenken

Um die Barrierefreiheit von Mobilitätsangeboten mit automatisierten Fahrzeugen im ÖPNV zu verbessern, sollten bei der Planung, Herstellung und Entwicklung folgende Handlungsempfehlungen berücksichtigt werden:

- ◆ Die Organisationen und **Interenssvertretungen** von mobilitätseingeschränkten Menschen sind umfassend einzubeziehen.¹⁵³
- ◆ Es sollte ein **Gesamtsystem** entwickelt und nicht nur einzelne Bestandteile einer Reisekette betrachtet werden.
- ◆ Es sollten diverse **Aufklärungsmöglichkeiten und -kampagnen** auf verschiedenen Ebenen erfolgen und dabei eine klare Terminologie genutzt sowie Grundverständnis für die Technik geschaffen werden. Empfohlene Formate sind Mobilitätstrainings für betroffene Menschen, mehr Testangebote zum Ausprobieren der neuen Technologie und Übergangszeiten, in denen von Personal im Fahrzeug Präsenz besteht und Hilfestellungen angeboten werden.
- ◆ Eine barrierefreie **Informationsbereitstellung** entlang der gesamten Reisekette sollte mindestens im Zwei-Sinne-Prinzip erfolgen.
- ◆ Es sollte ebenfalls im Zwei-Sinne-Prinzip eine barrierefreie Erreichbarkeit von **Hilfspersonal**, beispielsweise über eine Leitstelle, sichergestellt werden.
- ◆ Die **Erhöhung der Fahrtgeschwindigkeiten** und folglich auch eine Verbesserung der Reisezeit sowie des Komforts sollten mittelfristig und schrittweise stattfinden.
- ◆ Die **Zuverlässigkeit und Planbarkeit** der neuen Dienste müssen erhöht werden.
- ◆ Der aktuelle Stand der Akzeptanzforschung muss durch **Anschlussforschung** ergänzt werden (bspw. durch mehr partizipative Studien, die Betrachtung gesamter Reiseketten sowie einen Fokus auf die Anforderungen von Menschen mit unterschiedlichen Behinderungen). Dies zeigt sich auch aus der Recherche zum aktuellen Forschungsstand in Kapitel 2.3 (zahlreiche offene Fragestellungen wurden identifiziert). Wichtig ist dabei, Vergleichbarkeit und Anschlussfähigkeit durch transparente Methoden sicherzustellen, um Trends und die Wirksamkeit von Maßnahmen untersuchen zu können.

¹⁵³ Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021b).

Literaturverzeichnis

Abendroth, B. (2021). Mensch-Maschine-Interaktion & Mobilität. Abgerufen von: https://www.iad.tu-darmstadt.de/forschung_iad/forschungsgruppen_iad/mmim_iad/index.de.jsp (letzter Zugriff: 12.11.2021).

Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Bundesarbeitsgemeinschaft ÖPNV der kommunalen Spitzenverbände (2014). Vollständige Barrierefreiheit im ÖPNV. Hinweise für die ÖPNV-Aufgabenträger zum Umgang mit der Zielbestimmung des novellierten PBefG. Abgerufen von: <https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Weitere-Publikationen/Archiv/barrierefreiheit-oePNV-handreichung-2014.pdf> (letzter Zugriff: 15.11.2021).

Allen-King, J., Attini, M., Marini, F., Prelato, S., Brasna, F., Urbanek, J., Courtney, Z., Jammes, T., Sbianchi, F., Ollé, A., & Ossberger, D. (2021). Avoiding Barriers for Bus Passengers with Visual Impairment – Current and Future perspectives. Denninghaus, E. (Ed.), European Blind Union – EBU.

Arnold, C., & Klee, C. (2016). Akzeptanz von Produktinnovation. Eine Einführung. Wiesbaden: Springer.

Azad, M., Hoseinzadeh, N., Brakewood, C., Cherry, C. R., & Han, L. D. (2019). Fully Autonomous Buses: A Literature Review and Future Research Directions. Journal of Advanced Transportation, Vol. 2019(3), pp. 1-16.

Bayless, S.H., & Davidson, S. (2019). Driverless cars and accessibility: Designing the future of transportation for people with disabilities. Abrufbar von: https://static1.squarespace.com/static/596fb16003596e0fa70a232f/t/5c9bab319b747a61663ac9bc/1553705778370/ITSA-america_Driverless+Cars+Accessibility+Mobility_April2019.pdf (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Bellet, T., Paris, J.-C., & Marin-Lamellet, C. (2018). Difficulties experienced by older drivers during their regular driving and their expectations towards Advanced Driving Aid Systems and vehicle automation. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 52, pp. 138-163.

Bennett, R., Vijaygopal, R., & Kottasz, R. (2019). Willingness of people with mental health disabilities to travel in driverless vehicles. Journal of Transport & Health, Volume 12, pp. 1-12.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Bennett, R., Vijaygopal, R., & Kottasz, R. (2020). Willingness of people who are blind to accept autonomous vehicles: An empirical investigation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 69, pp. 13-27.

Bernhard, C., Oberfeld-Twistel, D., Weismüller, D., Hoffmann, C., & Hecht, H. (2019). Nutzungsakzeptanz eines autonomen Kleinbusses in Mainz. *Mainzer Experimental Psychology Reports* (Ausgabe 2019 Nr. 5). Abgerufen von: <https://experimental.psychologie.uni-mainz.de/forschungsberichte/> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Bitkom Research GmbH (2018). *Mobility Studie 2018*. Verband der TÜV e. V. (VdTÜV).

Blais, D., & El-Geneidy, A.M. (2014). *Better Living Through Mobility: The relationship between access to transportation, well-being and disability*. Transportation Research Board, Washington DC.

BlindSquare (ohne Datum). Was ist BlindSquare? Abgerufen von <https://www.blindsquare.com/de/about/> (letzter Zugriff: 06.10.2021).

Boenke, D., Grossmann, H., Nass, J., & Schäfer, M. (2017). *Handbuch Barrierefreiheit im Fernbuslinienverkehr*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Mai 2017.

Brinkley, J., Gilbert, J.E., & Daily, S.B. (2018). A Survey of Visually Impaired Consumers About Self-Driving Vehicles. *The Journal on Technology and Persons with Disabilities*, pp. 274-283.

Brinkley, J., Huff, E.W., Posadas, B. Woodward, J., Daily, S. B., & Gilbert, J. E. (2020). Exploring the Needs, Preferences, and Concerns of Persons with Visual Impairments Regarding Autonomous Vehicles, *ACM Transactions on Accessible Computing*, Volume 13(1), pp. 1-34.

Brumbaugh, S. (2018). *Travel Patterns of American Adults with Disabilities*. United States Department of Transportation, Office of the Secretary of Transportation, pp. 1-10.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015). *Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten*. Abgerufen von: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Butera, L. (2021). *MyWay Pro - Eine Plattform für inklusive Navigation*. Schweizerischer Blinden- und Sehbehindertenverband SFB. Abgerufen von:

<https://www.euroblind.org/newsletter/2021/february/de/myway-pro-eine-plattform-fur-inklusive-navigation> (letzter Zugriff: 24.01.2022).

Centrum für Automatisierte Mobilität (2021). Automatisierte Shuttlebusse: Leitfaden für Kommunen und kommunale Betriebe zur Einführung automatisierter Shuttlebusse. Abgerufen von <https://www.camo.nrw/wp-content/uploads/2021/09/Automatisierte-Shuttlebusse-Leitfaden-fuer-Kommunen-und-kommunale-Betriebe-zur-Einfuehrung-automatisierter-Shuttlebusse.pdf> (letzter Zugriff: 05.10.2021).

Ciaffoni, G. (2019). Ariadne GPS. Abgerufen von <https://apps.apple.com/de/app/ariadne-gps/id441063072> (letzter Zugriff: 06.10.2021).

Claypool, H., Bin-Nun, A., & Gerlach, J. (2017). Self-Driving Cars: The Impact on People with Disabilities. Securing America's Future Energy & Ruderman Family Foundation. Abgerufen von: https://rudermanfoundation.org/wp-content/uploads/2017/08/Self-Driving-Cars-The-Impact-on-People-with-Disabilities_FINAL.pdf (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Continental (2018). Where are we heading? Paths to mobility of tomorrow. The 2018 Continental Mobility Study. Abgerufen von: <https://www.continental.com/de/presse/initiativen-umfragen/continental-mobilitaetsstudien/mobilitaetsstudie-2018/mobilitaetsstudie-2018/> (letzter Zugriff: 18.01.2022).

Continental (2013). Continental Mobilitätsstudie 2013. Abgerufen von: <https://www.continental.com/de/presse/initiativen-umfragen/continental-mobilitaetsstudien/mobilitaetsstudie-2013/> (letzter Zugriff: 18.01.2022).

Deloitte (2019). Datenland Deutschland - Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035. Welche Veränderungen durch Robotaxis auf Automobilhersteller, Städte und Politik zurollen. Abgerufen von: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/Datenland%20Deutschland%20-%20Autonomes%20Fahren_Safe.pdf (letzter Zugriff: 09.11.2021).

Des Cognet, J., & Rafert, G. (2019). Assessing the Unmet Transportation Needs of Americans with Disabilities. Analysis Group.

Destatis (2021a). Schwerbehinderte Menschen. Fachserie 13, Reihe 5.1. Abgerufen von: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Behinderte->

[Menschen/Publikationen/Downloads-Behinderte-Menschen/schwerbehinderte-2130510199005.xlsx;jsessionid=26E27BD06BAB5DBD32DF66F9966EE816.live721?_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Behinderte-Menschen/Publikationen/Downloads-Behinderte-Menschen/schwerbehinderte-2130510199005.xlsx;jsessionid=26E27BD06BAB5DBD32DF66F9966EE816.live721?_blob=publicationFile) (letzter Zugriff: 25.01.2022).

Destatis (2021b). Lebenslagen der behinderten Menschen. Ergebnis des Mikrozensus. Abgerufen von: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Behinderte-Menschen/Publikationen/Downloads-Behinderte-Menschen/lebenslagen-behinderter-menschen-5122123199004.html> (letzter Zugriff: 26.11.2021).

Destatis (2020). 7,9 Millionen schwerbehinderte Menschen leben in Deutschland. Pressemitteilung Nr. 230 vom 24.06.2020. Abgerufen von: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/06/PD20_230_227.html;jsessionid=5C1268DA8DEC630EF7D3735D10F40FFE.live711 (letzter Zugriff: 26.10.2021).

Deutsche Bahn AG (ohne Datum). DB Bahnhof live. Abgerufen von https://www.bahnhof.de/bahnhof-de/ueberuns/db_bahnhof_live-519228 (letzter Zugriff: 06.10.2021).

Deutscher Bahnkunden-Verband e. V. (ohne Datum). Auswertung zur Barrierefreiheit im ÖPNV. Abgerufen von <https://www.bahnkunden.de/positionen-params/944-barrierefreiheit-im-oepnv> (letzter Zugriff: 30.11.2021).

Deutscher Behindertenrat, & Bundesverband Deutscher Omnibusunternehmer (2017). Gemeinsame Forderungen des Deutschen Behindertenrates (DBR) und des Bundesverbandes Deutscher Omnibusunternehmer anlässlich der Koalitionsverhandlungen 2017. Abgerufen von: <https://www.deutscher-behindertenrat.de/ID209645> (letzter Zugriff: 26.11.2021).

Dicianno, B. E., Sivakanthan, S., Sundaram, S. A., Satpute, S., Kulich, H., Powers, E., Deepak, N., Russell, R., Cooper, R., & Cooper, R. A. (2021). Systematic review: Automated vehicles and services for people with disabilities. *Neuroscience Letters*, Volume 761, 136103.

DIN e. V. (2021a). E DIN 13278:2021-09. Entwurf Smarte Mobilität für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen – Funktionale Ansätze. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN e. V. (2021b). DIN 75078-2:2021-03. Kraftfahrzeuge zur Beförderung mobilitätsbehinderter Personen (KMP) –Begriffe, Anforderungen, Prüfung –Teil 2: Rückhaltesysteme. Beuth-Verlag, Berlin.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

DIN e. V. (2020). DIN 32984:2020-12. Bodenindikatoren im öffentlichen Raum. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN e. V. (2014). DIN 18040-3:2014-12. Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN e. V. (2010). DIN 18040-1:2010-10. Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude. Beuth-Verlag, Berlin.

EasyMile SAS (2022). EZ10 passenger shuttle. Abgerufen von: <https://easymile.com/vehicle-solutions/ez10-passenger-shuttle> (letzter Zugriff: 03.02.2022).

Flying Code Ltd. (2015). AroundMe. Because You're Going Places. Abgerufen von: <http://www.aroundmeapp.com/> (letzter Zugriff: 24.01.2022).

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (2013). Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs – EAÖ. FGSV-Nr.: 289, FGSV Verlag, Köln.

Fraedrich, E., & Lenz, B. (2015). Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In: Maurer, M., Gerdes, J., Lenz, B. & Winner, H. (Hrsg.), Autonomes Fahren, S. 639-660, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021a). Barrierefreiheit ist kein Nischenthema. Teilnehmende des Gipfels in Berlin fordern deutliche Verbesserungen im ÖPNV und Fernverkehr. Pressemitteilung zum 1. Gipfel „Barrierefreier ÖPNV und Fernverkehr“ am 06.09.2021. Abgerufen von: https://www.fgg.de/wp-content/uploads/2021/07/Pressemitteilung-2021_09.pdf (letzter Zugriff: 29.10.2021).

Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten in Deutschland e. V. (2021b). Positionspapier Gipfel. Gipfel „Barrierefreier ÖPNV und Fernverkehr“. Abgerufen von: https://www.fgg.de/wp-content/uploads/2021/07/Gipfel-O%CC%88PNV_Positionspapier.pdf (letzter Zugriff: 29.10.2021).

GeoMobile GmbH (2020). ivantoConnect Kommunikationsmodul. Neue Mobilitätsdienste zur Verbesserung der Information, Interaktion und Barrierefreiheit im ÖPNV. Unternehmensbrochure zur Produktvorstellung, Version 1.4.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Gerike, R. (2021). Barrierefreie Mobilität. Abgerufen von: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/30223/> (letzter Zugriff: 12.11.2021).

Grotenhoff, M., Jordan, T., Kinting, M., Krüger, S., & Nitschke, J. (2018). Mobil mit Barrieren – Apps auf dem Prüfstand. Studie mit Sehbehinderten ermittelt die größten Stolpersteine bei der Nutzung von Apps. Abgerufen von: <https://www.adesso-mobile.de/wp-content/uploads/2020/02/Studie-Mobile-Barrierfreiheit-Apps-auf-dem-Pruefstand.pdf> (letzter Zugriff: 29.11.2021).

Grotlüschen, A., Buddeberg, K., Dutz, G., Heilmann, L., & Stammer, C. (2020). Hauptergebnisse und Einordnung zur LEO-Studie 2018 – Leben mit geringer Literalität. In: Grotlüschen, A., Buddeberg, K. (Hrsg.), LEO 2018 – Leben mit geringer Literalität, wbv, Bielefeld.

Grunwald, A. (2005). Zur Rolle von Akzeptanz und Akzeptabilität von Technik bei der Bewältigung von Technikkonflikten. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis. Vol. 14 (3), S. 54-60 (2005)

Häder, M. (2019). Empirische Sozialforschung. Eine Einführung. Springer VS, Wiesbaden.

Herzberger, N. D., Schwalm, M., Reske, M., Woopen, T., & Eckstein, L. (2019). Mobilitätskonzepte der Zukunft. Ergebnisse einer Befragung von 619 Personen in Deutschland im Rahmen des Projekts unicar agil. Abgerufen von: <https://www.unicaragil.de/images/downloads/2019-01-01-18NHE022-Mobilitaetskonzepte-der-Zukunft.pdf> (letzter Zugriff: 09.11.2021).

Hug, T., & Poscheschnik, G. (2020). Empirisch forschen. Die Planung und Umsetzung von Projekten im Studium. UVK, München.

Hwang, J., Li, W., Stough, L., Lee, C., & Turnbull, K. (2020). A focus group study on the potential of autonomous vehicles as a viable transportation option: Perspectives from people with disabilities and public transit agencies, Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour, Vol. 70, pp. 260-274.

I-AT Partner (2020). Highlights. Interreg I-AT. International Automated Transport. Abgerufen von: https://www.i-at.eu/bestanden/I-AT/Documenten/DOC_Highlights_Interreg.pdf (letzter Zugriff: 19.01.2022).

Infralab Berlin e. V. (2021). So digital ist die Infrastruktur in Berlin (Teil 2). Teil 2: Berliner Verkehrsbetriebe. Abgerufen von: <https://infralab.berlin/so-digital-sind-die-infralab-unternehmen-schon-heute-teil-2-bvg/> (letzter Zugriff: 25.11.2021).

Jonuschat, H., Heine, S., van Tongern, S., Dorsten, R., Monte, N., Twele, H., Onnen-Weber, U., Sauerländer-Biebl, A., Klinge, A., & Eickelmann, E. (2021). Leitfaden für den Betrieb von On-Demand-Bussen im suburbanen und ländlichen Raum. Abgerufen von: <https://www.hubchain.de/media/hubchain-leitfaden2021.pdf> (letzter Zugriff: 23.11.2021).

Kacperski, C., Kutzner, F., & Vogel, T. (2021). Consequences of autonomous vehicles: Ambivalent expectations and their impact on acceptance. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, Vol. 81, pp. 282-294.

Kempapidis, T., Castle, C. L., Fairchild, R. G., Hussain, S. F., Cash, A. T. G., & Gomes, R. S. M. (2020). A scientific evaluation of autonomous vehicle user experience on sighted and visually impaired passengers based on FACS (Facial Analysis Coding System) and a user experience questionnaire. *Journal of Transport & Health*, Vol. 19.

Kirchbeck, B. (2019). Mensch-Maschine-Schnittstelle für autonome Shuttles. Abgerufen von: <https://www.next-mobility.de/mensch-maschine-schnittstelle-fuer-autonome-shuttles-a-891848/> (letzter Zugriff: 12.11.2021).

Kluy, L., & Zoellick, J. (2018). Fahrt selbst und ständig: Empirische Nutzeranalysen eines automatisierten Mobilitätsangebotes an einem Großklinikum und im ÖPNV. Conference: 3. Tagung des Nachwuchsnetzwerks "INSIST" - Von Menschen und Maschinen: Interdisziplinäre Perspektiven auf das Verhältnis von Gesellschaft und Technik in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Karlsruhe.

Kolb, J. C., Wech, L., Schwabe, M., Ruzok, C., & Trost C. (2020). Technische Aspekte des automatisierten Fahrens am Projekt des autonomen Shuttlebusses in Bad Birnbach. In: Riener A., Appel A., Dorner W., Huber T., Kolb J., Wagner H. (Hrsg.). *Autonome Shuttlebusse im ÖPNV*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Kollmann, T. (1998). Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und -systeme: Konsequenzen für die Einführung von Telekommunikations- und Multimediasystemen. Gabler, Wiesbaden.

Kreis Soest (2021). Smart4You - Dein Butler. Abgerufen von: <https://www.mobiliikon.de/praxis-beispiel/smart4you-dein-butler> (letzter Zugriff: 10.11.2021).

Kroworsch, S. (2021). Rechte von Menschen mit Behinderungen: Mobilität. Deutsches Institut für Menschenrechte. Abgerufen von: <https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/themen/rechte-von-menschen-mit-behinderungen/mobilitaet> (letzter Zugriff: 12.11.2021).

Kugoth, J. (2021). Mehrheit der Deutschen sieht Robotaxis kritisch. Abgerufen von: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/exklusiv-umfrage-zu-autonomem-fahren-mehrheit-der-deutschen-sieht-robotaxis-kritisch/26900758.html> (letzter Zugriff: 09.11.2021).

Kühl, J. (2019). Fahrgastbefragung in Keitum, Sylt. NAF-Bus – nachfragegesteuerter autonom fahrender Bus.

Kühl, F. L., Papí, J. F., & Sbianchi, F. (2021). Pilot 5 Final Event (Conclusions): Vulnerable travellers in connected transport environments. Abgerufen von: https://www.pascal-project.eu/sites/default/files/2021-11/PAsCAL_WP9_Pilot5%20Event_Presentation.pdf (letzter Zugriff: 19.11.2021).

Lazarillo LLC (2021). Autonomy for People with Visual Disability Everywhere. Abgerufen von: <https://lazarillo.app/> (letzter Zugriff: 24.01.2022).

Li, S., Blythe, P., Guo, W., & Namdeo, A. (2019). Investigation of older drivers' requirements of the human-machine interaction in highly automated vehicles, Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour, Vol. 62, pp. 546-563.

Liu, P., Zhang, Y., & He, Z. (2019). The effect of population age on the acceptable safety of self-driving vehicles. Reliability Engineering & System Safety, Vol. 185, pp. 341-347.

Luchmann, I., Reuter, C., Karthaus, D., Strauß, P., Knoch, E.-M., Kostorz, N., Hilgert, T., Kagerbauer, M., & Frey, M. (2019). Voraussetzungen & Einsatzmöglichkeiten von automatisiert und elektrisch fahrenden (Klein-) Bussen im ÖPNV. Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben LEA (Klein-) Bus.

Maetzel, J., Heimer, A., Braukmann, J., Frankenbach, P., Ludwig, L., & Schmutz, S. (2021). Dritter Teilhabebericht der Bundesregierung über die Lebenslagen von Menschen mit Beeinträchtigungen. Teilhabe – Beeinträchtigung – Behinderung, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, S. 325.

Mantel, R., & Diebold, T. (2020). Akzeptanz von automatisierten Kleinbussen im ÖPNV in Lauenburg (Elbe) bei Einwohnern und Fahrpersonal. *Verkehr und Technik*, 73. Jahrgang, S. 379-384.

Mantel, R. (2021). Akzeptanz eines automatisierten Shuttles in einer Kleinstadt. Analyse anhand einer Trendstudie und Fahrgastbefragung. Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft e. V., *Journal für Mobilität und Verkehr*, Ausgabe 8, S. 23-35.

Meng GmbH (2021). Meng erhält Zusage für Forschungsprojekt OpenData2Guide ScaleUp. Abgerufen von: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/mFUND/od2guide-pressemitteilung.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 11.11.2021).

Nordhoff, S. (2020). User Acceptance of Automated Vehicles in Public Transport. TRAIL Research School.

Novartis (2015). Novartis Pharmaceuticals launches the first app for visually impaired people for use with the Apple Watch and other smart watches. Pressemitteilung vom 30. Juni 2015. Abgerufen von: <https://www.novartis.com/news/media-releases/novartis-pharmaceuticals-launches-first-app-visually-impaired-people-use-apple-watch-and-other-smart-watches> (letzter Zugriff: 24.01.2022).

Nuts One GmbH (2020). SAM – Südwestfalen Autonom & Mobil. Südwestfalen als ländlicher Experimentierraum für autonome Mobilitätsdienste – Pilotbetrieb mit einem automatisierten Shuttle. Informationen zum Projekt. Abgerufen von: <https://www.sam-unterwegs.de/Erfahrungen-aus-Drolshagen/> (letzter Zugriff: 24.11.2021).

Partners for Automated Vehicle Education & United States Department of Transportation (2020). AVs for All: Inspiring Solutions for Accessible Design. Online-Videomaterial, abgerufen von: <https://www.youtube.com/watch?v=8E77maHcLJs&feature=youtu.be> (letzter Zugriff: 01.12.2021).

Rauh J., Appel A., & Graßl M. (2020). Empirische Beobachtungen zur Akzeptanz des Pilotprojektes „Autonom fahrender Kleinbus“ unter den Bürger*innen von Bad Birnbach. In: Rienecker A., Appel A., Dorner W., Huber T., Kolb J., Wagner H. (Eds.), *Autonome Shuttlebusse im ÖPNV*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Rahman, M., Deb, S., Strawderman, L.J., Burch, R. F., & Smith, B. K. (2019). How the older population perceives self-driving vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 65, pp. 242-257.

Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (2021). mobil info. Abgerufen von: <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.geomobile.busguide&hl=de&gl=US> (letzter Zugriff: 29.11.2021).

Rettig, R., Schöne, C., Wenzel, T., Diebold, T., & Maaß, J. (2021). Automatisierte, experimentelle Untersuchung der Voraussetzungen für den robusten Betrieb eines autonomen Kleinbusses im ÖPNV am Beispiel des Projektes TaBuLa in Lauenburg (Elbe). *V+T Verkehr und Technik*, Ausgabe 4/2021.

Robertson, R.D., Woods-Fry, H., Vanlaar, W. G. M., & Hing, M. M. (2019). Automated vehicles and older drivers in Canada. *Journal of Safety Research*, Vol. 70, pp. 193-199.

Rothfischer, K. (2020). Barrierefrei! Apps für Menschen im Rollstuhl. Digital Ratgeber.de. Abgerufen von: <https://www.digital-ratgeber.de/my-e-health/barrierefrei-apps-fuer-menschen-im-rollstuhl-561611.html> (letzter Zugriff: 06.10.2021).

Routago GmbH (o. D.). Routago Assist – Sichere Navigation für blinde und sehbehinderte Menschen. Abgerufen von: <https://www.routago.de/presse/> (letzter Zugriff: 24.01.2022).

Rovira, E., McLaughlin, A. C., Pak, R., & High, L. (2019). Looking for Age Differences in Self-Driving Vehicles: Examining the Effects of Automation Reliability, Driving Risk, and Physical Impairment on Trust. *Frontiers in Psychology*, Vol. 10.

SAE International (2021). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Standard J3016_202104. Abgerufen von: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ (letzter Zugriff 19.01.2022).

Schäfer, P., & Altinsoy, P. (2021). Autonom am Mainkai. Nutzerakzeptanz und betriebliche Herausforderungen autonomer Shuttles in Frankfurt am Main. Abschlussbericht. Frankfurt University of Applied Sciences. Research Lab for Urban Transport.

Schrank, A. G. (2021). Nutzerzentriertes Design und Expertenevaluierung der Gebrauchstauglichkeit einer neuen Mensch-Maschine-Schnittstelle für die Teleoperation hochautomatisierter

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Fahrzeuge (SAE 4) im öffentlichen Personenverkehr. Abgerufen von: <https://elib.dlr.de/143189/> (letzter Zugriff: 12.11.2021).

SORG Rollstuhltechnik GmbH + Co. KG (2019). Gebrauchsanweisung für den Rollstuhltransport im Kraftfahrzeug. Abgerufen von: https://sorgrollstuhltechnik.de/wp-content/uploads/2017/07/Gebrauchsanweisung_Rollstuhltransport_im_KFZ_20190522.pdf (letzter Zugriff: 26.11.2021).

Stegmüller, S., Werner, M., Kern, M., Birzle-Harder, B., Goetz, K., & Stein, M. (2019). Akzeptanzstudie ROBOCAB. Autonome Mobilitätskonzepte aus Sicht der Nutzer. Abgerufen von: https://www.researchgate.net/publication/335319986_Akzeptanzstudie_Robocab_Autonome_Mobilitatskonzepte_aus_Sicht_der_Nutzer (letzter Zugriff: 23.11.2021).

Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (2019). Barrierefreier ÖPNV in Deutschland. Rechtlicher Rahmen, technische Standards und Empfehlungen. Gesamtveröffentlichung. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, VDV-Förderkreis e. V. Abgerufen von: https://www.mobi-wissen.de/files/barrierefreier_oePNV_in_deutschland.pdf (letzter Zugriff: 19.01.2022).

Sultan, M., & Thomas, R. H. (2020). Self-driving cars: a qualitative study into the opportunities, challenges and perceived acceptability for people with epilepsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, Vol. 91 (7), pp. 781-782.

Tabattanon, K., Sandhu, N., & D'Souza, C. (2019). Accessible design of low-speed automated shuttles: A brief review of lessons learned from public transit. SAGE Publications Sage CA, Los Angeles.

Tillmann, V. (2013). Teilhabe am Verkehrssystem. Einfluss selbstständiger Mobilität auf die Freizeitgestaltung junger Menschen mit geistiger Behinderung. Springer/E, Wacker, Dortmund.

Tölke, E., Heinke, S., Groenewold, H., & Woltersdorf, P. (2019). Anforderungskatalog von blinden und sehbehinderten Nutzern an das Autonome Fahren. Gemeinsamer Fachausschuss für Umwelt und Verkehr (GFUV) des Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverbandes e. V. (DBSV). 2. Fassung, Berlin, 02.12.2019.

Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (2021). Autonome Shuttle-Bus-Projekte in Deutschland. Abgerufen von: <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx> (letzter Zugriff: 09.11.2021).

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2020). Eckpunkte zum Rechtsrahmen für einen vollautomatisierten und fahrerlosen Level 4 Betrieb im öffentlichen Verkehr. Positionspapier, September 2020. Abgerufen von: <https://www.vdv.de/eckpunkte-zum-rechtsrahmen-fuer-das-autonome-fahren-im-oev.aspx> (letzter Zugriff: 09.02.2022).

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (2015). Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge. Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Positionspapier, November 2015. Abgerufen von: <https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdf> (letzter Zugriff: 30.11.2021).

Vereinte Nationen (2008). Die UN-Behindertenrechtskonvention: Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Die amtliche, gemeinsame Übersetzung von Deutschland, Österreich, Schweiz und Lichtenstein. Abgerufen von: <https://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/a729-un-konvention.html> (letzter Zugriff: 05.01.2022).

Wilde, M., & Rebhan, J. (2021). Fahrerlose Shuttles im öffentlichen Personennahverkehr: Akzeptanz und Einstellung in der Bevölkerung. Abgerufen von: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00548-021-00746-2> (letzter Zugriff: 25.11.2021).