

# Schlussbericht des Verbundes

Ride4All - Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse;

**FKZ 01MM19009**

AVF – automatisiertes und vernetztes Fahren (BMVI)

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
Kreis Soest	01MM19009A
eagle eye technologies GmbH	01MM19009B
Fraunhofer FOKUS	01MM19009C
GeoMobile GmbH	01MM19009D
LWL-Berufsbildungswerk Soest	01MM19009E
Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH	01MM19009F
Stadt Soest	01MM19009G
Kontakt Konsortialführer:	Tel.: 02921 30 2364
Jörn Peters	Email: joern.peters@kreis-soest.de
Laufzeit des Vorhabens:	
von: 01.01.2020	bis: 31.12.2021
Datum Bericht:	
28.02.2022	

# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	4
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	6
<b>1. Kurzdarstellung</b> .....	7
<b>1.1 Aufgabenstellung</b> .....	8
<b>1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde</b> .....	9
<b>1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens</b> .....	9
<b>1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde</b> .....	13
<b>1.4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden</b> .....	16
<b>1.4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste</b> .....	16
<b>1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen</b> .....	16
<b>2. Eingehende Darstellung</b> .....	19
<b>2.1 Projektmanagement und Beschaffung Fahrzeug</b> .....	19
<b>2.2 Infrastruktur und Strecke</b> .....	20
<b>2.3 Betrieb</b> .....	26
<b>2.4 Öffentlichkeitsarbeit</b> .....	31
<b>2.5 Konzept zur Barrierefreiheit und Sozialen Akzeptanz</b> .....	36
<b>2.5.1 Soziale Akzeptanz</b> .....	36
<b>2.5.2 Barrierefreiheit</b> .....	37
<b>2.5.3 Planung und Durchführung der Probefahrten</b> .....	39
<b>2.5.3.1 Testfahrten mobil info</b> .....	45
<b>2.6 Schwerpunkt Entwicklung KI-Technologien</b> .....	45
<b>2.6.1 AP 2.5: Ermittlung, Beschaffung und Installation der notwendigen Infrastruktur für die Rollstuhlfahrer/Kinderwagenerkennung sowie die barrierefreie Zielführung</b> .....	46
<b>2.6.1.1 Ermittlung der Infrastruktur</b> .....	46
<b>2.6.1.2 Beschaffung der Infrastruktur</b> .....	47
<b>2.6.1.3 Installation der Infrastruktur</b> .....	47
<b>2.6.2 Entwicklung und Umsetzung einer hochgenauen Fahrzeug-Lokalisierung</b> .....	47
<b>2.6.3 Untersuchung moderner KI Verfahren zur Identifikation von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen</b> .....	48
<b>2.6.4 Prototypische App zur barrierefreien Zielführung der Nutzenden zum Bus</b> .....	51
<b>2.6.4.1 App-Grundlagen und Erfahrungswerte</b> .....	51
<b>2.4.2.2 Aufsetzen einer Simulationsumgebung</b> .....	52

2.6.4.2	Absolute Verortung mit optischen Markern.....	52
2.6.4.3	Relative Verortung zwischen Markern im Außenbereich .....	53
2.6.4.4	Routing und Zielführung.....	54
2.6.5	Nutzerbefragung im Vorfeld und am Ende des Projekts und Schlussfolgerungen .....	55
2.7	Mensch-Maschine-Interaktion.....	56
2.8	Hochgenaue Geodaten .....	61
2.9	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....	64
2.10	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	75
2.11	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	79
2.12	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	81
2.13	Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	86
2.14	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses .....	87
	Literaturverzeichnis .....	90
	Anhang .....	92
	Anhang 1: Fragebogen .....	92
	Anhang 2: Beobachtungsbogen.....	96
	Anhang 3: Präsentation „Einstieg autonomes Fahren“ .....	101
	Anhang 4: Ablauf Workshops .....	105
	Anhang 5: Leitfaden Gruppendiskussion .....	111
	Anhang 6: Protokoll Gruppendiskussion .....	113
	Anhang 7: Datenschutzhinweise .....	114
	Anhang 8: Flyer Sofia .....	115

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Automatisierte Kleinbus „Sofia“ (Kreis Soest).....	7
Abbildung 2: Arbeits- und Zeitplan September 2019 (Kreis Soest).....	11
Abbildung 3: Ursprünglich gemäß Antragsstellung geplante Strecke (Büro autoBus) .....	20
Abbildung 4: Verkürzter Streckenverlauf (Büro autoBus).....	21
Abbildung 5: Optimierter Streckenverlauf über Schwemeckerweg (Büro autoBus) .....	22
Abbildung 6: Streckenverlauf über Schwemeckerweg (Büro autoBus) .....	22
Abbildung 7: Streckenverlauf Option 4 (Büro autoBus).....	23
Abbildung 8: Finaler Streckenverlauf (Büro autoBus).....	24
Abbildung 9: Auszug Beschilderungsplan für den Bereich Bahnhof Soest (Stadt Soest) .....	25
Abbildung 10: Hinweisschilder entlang der Strecke (RLG/Kreis Soest).....	25
Abbildung 11: Streckenführung mit Haltestellen Linie "A1" .....	27
Abbildung 12: Ausfälle Fahrten im Regelbetrieb nach Gründen (Kreis Soest).....	28
Abbildung 13: Fahrgäste je Kalenderwoche (Kreis Soest).....	29
Abbildung 14: Verteilung Fahrgäste nach Uhrzeiten (Kreis Soest) .....	30
Abbildung 15: Verteilung Fahrgäste nach Wochentagen (Kreis Soest).....	30
Abbildung 16: Zeitplan Öffentlichkeitsarbeit (Kreis Soest) .....	32
Abbildung 17: Fahrzeugdesign SOfia (RLG, Kreis Soest).....	33
Abbildung 18: Termin Zulassung (RLG, Kreis Soest).....	34
Abbildung 19: Pressetermin am 28.06.2021 (Kreis Soest) .....	34
Abbildung 20: Beispiele Instagram Beiträge Projekt (Kreis Soest, RLG, LWL).....	35
Abbildung 21: Parkinformation (RLG, Kreis Soest).....	35
Abbildung 22: Altersstruktur Fragebogen Aktueller Ist-Stand ÖPNV (LWL Berufsbildungswerk).....	38
Abbildung 23: Verteilung Geschlecht (LWL Berufsbildungswerk).....	38
Abbildung 24: Gesamtverteilung der Beeinträchtigungen (LWL Berufsbildungswerk) .....	39
Abbildung 25: Anzahl Workshops (LWL Berufsbildungswerk) .....	42
Abbildung 26: Aufteilung Workshop-Teilnehmende gesamt (LWL Berufsbildungswerk).....	42
Abbildung 27: Verteilung der Behinderungsarten (LWL Berufsbildungswerk) .....	43
Abbildung 28: Altersverteilung der Teilnehmer (LWL Berufsbildungswerk).....	43
Abbildung 29: Geschlechtsverteilung (LWL Berufsbildungswerk) .....	44
Abbildung 30: Bsp. für die Montage der Marker im Haltestellenunterstand (Links) und Haltestellenmast (Mitte) am Bahnhof Soest sowie am Haltestellenmast der Haltestelle LWL (Rechts) .....	47
Abbildung 31: Erkennung eines Rollstuhls auf dem Smartphone .....	50
Abbildung 32: Erkennung eines Kinderwagens auf dem Smartphone.....	50
Abbildung 33: Montage des Smartphones im Shuttle-Bus .....	51
Abbildung 34: Aufbau der Navigations-App mit Einzelmodulen. Das Framework kann für beliebige barrierefreie Navigations-Apps wiederverwendet werden. ....	52
Abbildung 35: Markerverortung, Laufwege und Hindernisse im Bereich Bahnhof Soest modelliert in JOSM.....	53
Abbildung 36: Erkennung und Tracking von optischen Merkmalen bei horizontaler und vertikaler Handyhaltung bei Nutzertests am LWL in Soest .....	54
Abbildung 37: Prototypische App mit Kartenansicht zum Debugging (links) und Pfeil für sehingeschränkte Nutzer.....	55
Abbildung 38: ivantoConnect Kommunikationsmodul (RLG, Kreis Soest) .....	57
Abbildung 39: Livestandort "Sofia" in der App (Kreis Soest) .....	58

Abbildung 40: "SOfia" im BusRadar der "mobil info" (Kreis Soest).....	60
Abbildung 41: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich der Fahrbahn (eagle eye technologies) ...	61
Abbildung 42: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich einer Kreuzung (eagle eye technologies).	61
Abbildung 43: Auszug aus dem Objektartenkatalog (OBAK) (eagle eye technologies) .....	62
Abbildung 44: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich einer Haltestelle (eagle eye technologies)	62
Abbildung 45: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich des Bahnhofes (eagle eye technologies) .	63

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Meilensteine.....	10
Tabelle 2: Überblick Partner.....	11
Tabelle 3: Meilensteine Ride4All Soll/Ist Vergleich.....	12
Tabelle 4: Fahrplan Linie "A1" (Kreis Soest).....	28
Tabelle 5: Verwendung Teilvorhaben A "Kreis Soest".....	64
Tabelle 6: Verwendung Teilvorhaben B "eagle eye technologies GmbH".....	67
Tabelle 7: Verwendung Teilvorhaben C "Fraunhofer FOKUS".....	68
Tabelle 8: Verwendung Teilvorhaben D "GeoMobile GmbH".....	71
Tabelle 9: Verwendung Teilvorhaben E "LWL-Berufsbildungswerk Soest".....	72
Tabelle 10: Verwendung Teilvorhaben F "Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH".....	73
Tabelle 11: Verwendung Teilvorhaben G "Stadt Soest".....	73
Tabelle 12: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben A „Kreis Soest“.....	75
Tabelle 13: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“.....	75
Tabelle 14: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“.....	76
Tabelle 15: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“.....	77
Tabelle 16: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“.....	77
Tabelle 17: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“.....	78
Tabelle 18: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben G „Stadt Soest“.....	78
Tabelle 19: Verwertung Teilvorhaben A „Kreis Soest“.....	81
Tabelle 20: Verwertung Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“.....	81
Tabelle 21: Verwertung Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“.....	81
Tabelle 24: Verwertung Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“.....	82
Tabelle 23: Verwertung Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“.....	82
Tabelle 24: Verwertung Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“.....	85
Tabelle 25: Verwertung Teilvorhaben G „Stadt Soest“.....	85
Tabelle 26: Veröffentlichungen Teilvorhaben A „Kreis Soest“.....	87
Tabelle 27: Veröffentlichungen Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk“.....	88

## 1. Kurzdarstellung

Im Rahmen des Projektes „Ride4All - Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse“ erforschte das Projektkonsortium, zu dem neben dem Kreis Soest, die Stadt Soest, die Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (RLG), das LWL-Berufsbildungswerk Soest, die GeoMobile GmbH, das Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS) und die eagle eye technologies GmbH gehörten, die inklusiven Rahmenbedingungen für autonom fahrende Busse im ÖPNV. Die Projektlaufzeit erstreckte sich vom 01.01.2020 bis zum 31.12.2021. Der Echtbetrieb des automatisierten Kleinbusses erfolgte vom 07.07. – 17.12.2021.

Mit einer klaren Ausrichtung auf die Erforschung der inklusiven Rahmenbedingungen und der anschließenden Erstellung eines Konzeptes zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonomen Kleinbussen wurde zur Durchführung der Forschungsaufgaben ein automatisierter Kleinbus in das bestehende ÖPNV-Netz der RLG in Soest (vgl.

Abbildung 1) integriert.



Abbildung 1: Automatisierte Kleinbus „Sofia“ (Kreis Soest)

Für die Abwicklung des Forschungsschwerpunktes zum inklusiven Fahren wurden im Projektzeitraum mehrere Workshops durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im „Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen“ zusammengefasst und sind nicht Bestandteil dieses Abschlussberichts.

Die ausführliche inhaltliche Projektbeschreibung ist Kapitel 2 zu entnehmen.

## 1.1 Aufgabenstellung

Autonomes Fahren – ein Thema, welches in den vergangenen Jahren immer mehr in den Fokus gerückt ist und mit Blick in die Zukunft eine Wende in den heutigen Verkehrssystemen sein kann. Aber was braucht das Verkehrssystem der Zukunft, damit es auch allen Menschen zugänglich ist und die Technik niemanden ausschließt? Das ist nur eine der zentralen Fragen, welche in Ride4All verfolgt wurde.

Autonomes Fahren braucht nicht nur hochinnovative und -entwickelte Technik, sondern auch die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen und soziale sowie gesellschaftliche Akzeptanz. Zur Optimierung des Verkehrsangebotes und der Akzeptanz des Gesamtsystems müssen Mobilitätskonzepte entwickelt werden, die die neuen Mobilitätssysteme mit ihren Techniken in vorhandene Strukturen einbinden.

Für das Projektkonsortium ergaben sich zwei zentrale Ziele, welche über die Projektzeitraum verfolgt und umgesetzt wurden:

1. Schaffen einer realen Forschungsumgebung durch Integration eines autonomen Kleinbusses in den Regelbetrieb des vorhandenen ÖPNV-Netzes in Soest
2. Durchführung einer wissenschaftlichen Begleitforschung zur Erforschung der Anforderungen an autonome Fahrzeuge bzw. das gesamte Verkehrssystem unter Real-Bedingungen

Mit den Aspekten der barrierefreien Bedienung und Nutzung sollte insbesondere das “Design for All“ entwickelt, konzeptionell erfasst und evaluiert werden. Zentrales Ziel war es, Handlungsempfehlungen als Leitfaden zu entwickeln, damit die Verkehrssysteme der Zukunft durch alle Menschen genutzt werden können. Die zentralen Leitfragen, welche von der Antragsstellung bis zum Projektabschluss verfolgt wurden sind folgende:

- Wie kann ich einen autonom fahrenden Bus abrufen und bedienen?
- Wo steige ich ein?
- Woher weiß ich, ob der Bus meine Zielhaltestelle anfährt?
- Wie komme ich zu meinem Bus?
- Wo befinde ich mich gerade?
- Wie navigiere ich zu meiner Haltestelle?
- Welche Mobilitäts- und Sinneseinschränkungen werden unterstützt?
- Welche Hilfen habe ich während der Fahrt im Notfall?
- Welche Gefahren gehen von dem Fahrzeug aus?
- Wie kann ich eingreifen?

Der inklusive Ansatz beruht auf der UN-Behindertenrechtskonvention (2009). Sie zielt darauf ab, dass alle Menschen die gleiche individuelle Möglichkeit auf soziale Teilhabe in allen Lebensbereichen haben. Ein neues System muss diesen Anforderungen Rechnung tragen. Es dürfen durch die Technik keine künstlichen Barrieren aufgebaut werden.

Menschen mit Mobilitäts- und Sinneseinschränkungen bilden den höchsten Maßstab der Mensch-Maschine-Interaktion. Wenn ein automatisiertes oder autonom fahrendes Fahrzeug durch diese Gruppen von Menschen bedient und genutzt werden kann, so kann es in der Regel Jedermann.

## 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Ride4All baute in seiner Ausrichtung auf den vergangenen Projekten des Kreises Soest auf. Innerhalb der Dachinitiative „NAV4BLIND - Navigation für blinde und stark sehbehinderte Menschen“ beschäftigt sich der Kreis, in enger Zusammenarbeit mit der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH mit der Entwicklung von barrierefreien, digitalen Lösungen zur Nutzung des gesamten ÖPNV-Netzes in Soest. Bereits in der Vergangenheit wurde das System „ivanto“ der GeoMobile GmbH in das ÖPNV-Infrastrukturnetz integriert. Von Beginn an unterstützt das LWL-Berufsbildungswerk Soest mit seinem rehabilitationspädagogischen Know-how diese Entwicklungen.

Zum Zeitpunkt der Antragstellung für das Projekt Ride4All war nach entsprechender Recherche klar, dass mit der Erforschung des inklusiven Zugangs zu autonomen Fahrzeugen durch Menschen mit Behinderungen in Deutschland Neuland betreten wird. Es ist auch zum Ende des Projektes das einzige Projekt mit diesem Ansatz in Deutschland. Somit sind die Resultate des Projektes nicht vergleichbar und können als erste festgelegte Meilensteine verstanden werden, auf welchen in der Zukunft weitere Projekte aufbauen können. Zugleich ist festzustellen, dass nun zum Ende des Projektes wenige weitere Literaturquellen zu ähnlichen Projekten im europäischen Raum existieren.

Mit der praktischen Erprobung eines autonomen Shuttles im Linienverkehr durch Menschen mit Behinderungen entsprach das Projekt Ride4All zu 100 % der Förderrichtlinie: „Für komplexe Verkehrsszenarien soll die praxisorientierte Nutzung innovativer Technologien für das automatisierte sowie vernetzte Fahren in realen Verkehrsumgebungen untersucht und entsprechende Einführungsstrategien entwickelt werden.“

Für die praktische Umsetzung war es wichtig, eine möglichst repräsentative Anzahl an freiwilligen Personen mit Behinderungen zu akquirieren. Eine gezielte Kontaktaufnahme zu potentiellen Teilnehmenden war durch die Netzwerke des LWL-Berufsbildungswerk Soest leicht möglich, jedoch wurde die konkrete Umsetzung der Erprobungen und der damit verbundenen Datenerhebung durch die Corona-Pandemie deutlich erschwert. Einerseits musste die Planung von Vorträgen und Workshops mehrfach an die sich ändernden Corona-Schutzverordnungen angepasst werden, und andererseits beeinträchtigte die Infektionsangst potentielle Teilnehmer, was zu Zurückhaltung bei der Zusage der Teilnahme und zu Absagen geplanter Untersuchungen geführt hat. So waren die Mitarbeitenden in vielerlei Hinsicht zu flexibler Arbeitsweise und Anpassungen im Projektverlauf gezwungen.

Es bleibt an dieser Stelle festzuhalten, dass das Vorhaben mit seiner Laufzeit vom 01.01.2020 bis zum 31.12.2021 in der Corona Pandemie abgewickelt wurde. Allerdings sind dadurch keine nennenswerten Auswirkungen auf die Abwicklung und die Ergebnisse zu nennen.

## 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde als Projektkonsortium abgewickelt. Die Verbundkoordination oblag dem Kreis Soest. Neben dem Kreis Soest waren die Stadt Soest, die Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH, das LWL Berufsbildungswerk Soest, die GeoMobile GmbH, das Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme und die eagle eye technologies GmbH an dem Vorhaben beteiligt. Zur Unterstützung der Projektabwicklung wurde die Bietergemeinschaft Büro autoBus mit der Projektkoordination beauftragt. Im Rahmen eines Verhandlungsverfahrens mit öffentlichem Teilnahmewettbewerb wurde der Auftrag für die Fahrzeugbereitstellung für das Vorhaben an die EasyMile GmbH erteilt. Mit der Durchführung

der wissenschaftlichen Begleitforschung und der anschließenden Erstellung des Konzeptes zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz wurde die Interlink GmbH beauftragt.

Zur Planung des Gesamtvorhabens und der daraus resultierenden Teilvorhaben wurde bereits während der Antragsstellung ein detaillierter Arbeits- und Zeitplan erstellt. Dieser bestand aus fünf Arbeitspaketen mit jeweils bis zu acht Teilarbeitspaketen, wobei das Arbeitspaket „0“ das koordinierende Projektmanagement beinhaltet hat und daher als übergeordnet anzusehen ist.

Im ersten Arbeitspaket lag der Fokus auf der Konzeption und Planung des Gesamtsystems mit der Erstellung von Anforderungsanalysen, Lastenheften und der Entwicklung der Systemarchitektur. Ergänzend wurden die Arbeiten zum Konzept zur sozialen Akzeptanz und Barrierefreiheit dem Arbeitspaket zugeordnet. Ebenfalls gehörten die Arbeitspakete zur Öffentlichkeitsarbeit und zur Abklärung der rechtlichen Rahmenbedingungen zu diesen Grundlagenarbeitspaketen.

Im zweiten Arbeitspaket wurde die Umgebung zur Durchführung des Vorhabens geschaffen. Neben der Beschaffung des Fahrzeuges gehörten alle Aspekte zur Ertüchtigung des Fahrbetriebs zum Arbeitspaket 2.

Das dritte Arbeitspaket beschäftigte sich mit dem Betrieb und der Forschung im Echtbetrieb. Es wurden Kommunikations- und Navigationsmodelle weiterentwickelt, integriert und erprobt. Diese technischen Entwicklungen wurden innerhalb der Verschneidungen zu den relevanten Arbeitspaketen aus dem ersten Bereich praktisch durch Fahrgäste / Workshop-Teilnehmer mit verschiedenen Mobilitäts- und Sinneseinschränkungen unter fachlicher Begleitung evaluiert, um die technischen Entwicklungen im Sinne eines möglichst hohen Kundennutzens zu optimieren.

Im letzten Arbeitspaket fand die Zusammenfassung der Forschungsergebnisse sowie die Evaluation und der Wissenstransfer statt.

Zur Sicherstellung des Projektfortschritts wurden insgesamt sechs Meilensteine im Zeitplan verankert. Die Meilensteine sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 1: Übersicht Meilensteine

<b>Meilenstein Nr.</b>	<b>Projektmonat</b>	<b>Ziel</b>
1	12	Integration der spezifischen Anforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion für mobilitäts- und sinneseingeschränkte Menschen in das Systemkonzept.
2	12	Entwicklung des Lastenheftes als Grundlage für die Evaluierung des Meilensteins 4.
3	15	Zulassung eines elektrisch betriebenen und autonom fahrenden Busses für die Integration in den Regelbetrieb der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH.
4	14	Zulassung des autonomen Betriebs in den Stufen 1-5 für automatisiertes Fahren auf Teilstrecken in Soest.



Tabelle 3: Meilensteine Ride4All Soll/Ist Vergleich

Meilenstein Nr.	Projektmonat Soll/Ist	Ziel / Benennung	Erläuterung
1	12/11	Integration der spezifischen Anforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion für mobilitäts- und sinnesingeschränkte Menschen in das Systemkonzept	Die fachlichen und technischen Anforderungen der Verbundpartner wurden ermittelt. Die notwendigen Schnittstellen wurden diskutiert und in Anforderungsanalyse, Systemkonzept und Lastenheft zusammengeführt.
2	12/6	Entwicklung des Lastenhefts als Grundlage für die Evaluierung des Meilensteins 4.	Das Lastenheft bildet die Grundlage für die Vergabe der Fahrzeugbeschaffung. Aus diesem Grunde wurde die Fertigstellung vorgezogen.
3	15/16	Zulassung eines elektrisch betriebenen und autonom fahrenden Busses für die Integration in den Regelbetrieb der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH	Die Zulassung erfolgte im April 2021. Die Verzögerung ergab sich durch die verspätete finale Festlegung der Strecke.
4	14/18	Zulassung des autonomen Betriebs in den Stufen 1-5 für automatisiertes Fahren auf Teilstrecken in Soest	Die Gesamtabnahme durch den TÜV Nord erfolgte im Juni 2021. Durch die Rampenproblematik erfolgte eine mehrstufige Abnahme. Die finale Abnahme „mit Rampe“ erfolgte im Juli 2021. Die Gesamtverzögerung ergab sich aus den Verzögerungen bei der Streckenfindung und der Beschaffung der Infrastruktur.
5	15/16	Integration der im Kreis Soest entwickelten Lösungen zur barrierefreien Kommunikation (System ivanto) sowie das barrierearme CheckIn/Be-Out-System „Big Bird Westfalen“ in Ride4All	Die Integration des ivantoConnect-Moduls erfolgte im April 2021. Die einmonatige Verzögerung ergab sich durch die Schwierigkeiten der Terminfindung zwischen EasyMile, GeoMobile und dem Kreis Soest.
6	16/18	Bereitstellung der Mobilitäts-App „mobil info“ als prototypische Bedienplattform in einer Testversion	Die Bereitstellung der Test-App erfolgte wie geplant zu Beginn des Betriebs und nach der erfolgreichen Integration des ivantoConnect-Moduls. Die Darstellung der Liveposition des Fahrzeugs wurde erfolgreich umgesetzt. An der kompletten Integration des Bus-Radars wird aktuell noch geforscht.

## 1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion ist das System „ivanto“ der Firma GeoMobile GmbH fester Bestandteil der ÖPNV-Infrastruktur der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH. Das System wurde in den vergangenen Jahren erfolgreich in andere Kreise und Städte übertragen. Die im Vorfeld getätigten Annahmen zur Kompatibilität des Systems mit dem autonomen Fahrzeug, basierten auf bisherigen Integrationen vorhandener ivanto-Systeme in gängigen Verkehrsmitteln des ÖPNV.

In Bezug auf das Konzept zur Barrierefreiheit und Sozialen Akzeptanz, lagen zu Beginn des Projektes keine Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zur Zugänglichkeit und Nutzbarkeit autonomer Fahrzeuge durch Menschen mit Behinderungen im deutschsprachigen Raum vor. Allerdings konnte auf unterschiedliche Veröffentlichungen im anglo-amerikanischen Sprachraum zurückgegriffen werden sowie auf Erfahrungen und Normen, die sich auf den konventionellen ÖPNV beziehen.

In der Studie „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“ wurden unter anderem die Anforderungen von visuell beeinträchtigten Menschen erforscht. Danach sind sie bei der Bedienung des Fahrzeuges im Innenraum auf angemessene Lichtverhältnisse angewiesen. Witterungsbedingungen beeinflussen die Fahrt im Freien. Insofern müsse bei der Gestaltung auf kontrastreiche, markante Ausstattungselemente geachtet werden (Cash et al. 2020).

Spezielle Berücksichtigung in der Ausstattung mit Brailleschrift und akustischen Ansagen zur Informationsweitergabe im Fahrzeug und genauen Lokalisation sorgten für eine Verbesserung der Zugänglichkeit und Aufklärung des Streckenverlaufes durch diese Nutzergruppe. Andernfalls würde die Bedienung durch sehingeschränkte Benutzer schwierig (Bin-Nun et al. 2017).

Bharathy und D'Souza führten 2018 eine Studie mit mobilitätseingeschränkten Personen durch, in der sie feststellten, welchen Raum Rollstuhlfahrer benötigen. Dieser ist in Amerika mit 1,20 Metern Länge und 0,76 Metern Breite gesetzlich festgelegt. In ihrer praktischen Erprobung mit einem autonomen Fahrzeug stellte sich heraus, dass der vorgegebene Rahmen bei fast allen Probanden nicht ausreichend war. Er wurde grundsätzlich überschritten, vorwiegend durch Menschen mit einem Elektrorollstuhl. Eine Verbesserung der Wende- und Manövrierfähigkeiten wurde durch eine Ausweitung des Längenverhältnisses auf 1,32 Meter geschaffen. Auch diese Studie verdeutlicht den hohen räumlichen Bedarf, um ein eigenständiges Einfahren auf einen Rollstuhlplatz zu gewährleisten. Dieses werde durch zunehmend größere Hilfsmittel erschwert (Bharathy und D'Souza 2018).

Auch Tabattanon und D'Souza bemerkten im Rahmen ihrer Studie, dass fehlende Rollstuhlsicherungssysteme, die Stellfläche, der Niveauwechsel an der Tür zu Problemen für mobilitätseingeschränkte Menschen in autonomen Fahrzeugen führen. Sie verweisen auf den Einbezug von behinderten Menschen bei der Entwicklung des Fahrzeugs, um möglichst effektiv und kosteneffizient zu bauen. Die Basis für eine inklusive und nachhaltige Gestaltung bilde das Konzept des Design-for-All (Tabattanon und D'Souza 2021).

Diesen Ansatz unterstützt auch der Bericht der National Council on Disability von 2015. Er unterstreicht die Möglichkeiten und Vorteile, die behinderte Menschen durch autonome Fahrzeuge haben. Sie sind darauf angewiesen, da sie unter Umständen nicht in der Lage sind, einen Führerschein zu absolvieren. Aus diesem Grund sind die Fahrzeuge von hoher Bedeutung für die Personengruppen. Mit ihnen sind

sie in der Lage selbstständig Mobil zu sein, um gegebenenfalls z.B. den Arbeitsplatz zu erreichen. Autonome Fahrzeuge ermöglichen ihnen neue Freiheitsgrade und Unabhängigkeit. Somit sei es von Vorteil, diese Gruppe frühzeitig in die Entwicklung mit einzubeziehen (National Council on Disability 2015). In einer Kurzinformation des Office of Disability Employment Policy mit dem Titel „Autonomous Vehicles: Driving Employment for People with Disabilities“ unterstreichen verschiedene Vertreter von Behindertengruppen den inklusiven Ansatz. Sie berichten unter anderem, welche Anforderungen einzelne Gruppen von Menschen mit Behinderungen an ein autonomes Fahrzeug haben. Positiv wirkt sich grundsätzlich eine barrierefreie und unterstützende Benutzeroberfläche von Bedienelementen aus, besonders für Menschen mit einer geistigen Beeinträchtigung und einer Autismus-Spektrum Störung (z. B. durch individuelle Nutzerprofile, audiovisuelle Hilfestellungen oder die Verwendung der leichten Sprache) (Office of Disability Employment Policy).

Teilhaberberichte auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene verweisen vorwiegend auf den barrierefreien Ausbau von öffentlichen Gebäuden im Nah- und Fernverkehr u. a. mit Bezug auf DIN- und EU-Normen oder Gesetze, wie dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG), das den barrierefreien Ausbau aller Bahnhöfe und Bushaltestellen bis zum 01.01.2022 vorschreibt. Die gesetzte Frist des Gesetzes kann jedoch bei Bedarf verlängert werden. Auch kann an dieser Stelle auf die im Jahre 2009 in Kraft getretene UN-Behindertenrechtskonvention hingewiesen werden. Sie wurde mittlerweile von allen Staaten der EU ratifiziert und stellt damit geltendes Recht in der gesamten EU dar. Im Absatz 1 des Artikel 9 der Konvention, „Zugänglichkeit“, heißt es:

*„Um Menschen mit Behinderungen eine unabhängige Lebensführung und die volle Teilhabe in allen Lebensbereichen zu ermöglichen, treffen die Vertragsstaaten geeignete Maßnahmen mit dem Ziel, für Menschen mit Behinderungen den gleichberechtigten Zugang zur physischen Umwelt, zu Transportmitteln, Information und Kommunikation, ... zu gewährleisten.“ (UN-Behindertenrechtskonvention 2009)*

Seitdem sind verschiedene Normen und Richtlinien, so z. B. zum Fernbusverkehr (EU-Richtlinie Nr. 181/2011), zum Eisenbahnverkehr (EU-Verordnung 1300/2014) verabschiedet worden, um barrierefreies Reisen in der EU sicherzustellen. Auch auf nationaler Ebene sind in den vergangenen Jahren verschiedene Gesetze und Verordnungen erlassen worden, die den barrierefreien Zugang durch Menschen mit Behinderungen u. a. im Transportwesen sicherstellen sollen, so z. B. das Barrierefreiheits-Stärkungsgesetz vom 22.07.2021. Ebenfalls im Juli hat das Technische Komitee (TC 320) des Europäischen Instituts für Normung (CEN) seinen nationalen Mitgliedern den finalen Entwurf der EU-Norm 17478 zur Abstimmung vorgelegt. Die Norm trägt den Titel: „Transport Services – Customer Communications for Passenger Transport Services – A Universal Design Approach“.

Neben den gesetzlichen Vorschriften im ÖPV fordern auch Behindertenverbände einheitliche Richtlinien und Gestaltungsmerkmale im öffentlichen Personenverkehr auch mit Blick auf zukünftige autonome Fahrzeuge. In einem unveröffentlichten Dokument der European Blind Union (EBU) von Cory und Denninghaus aus dem Jahre 2016 (Cory und Denninghaus 2016) werden Voraussetzungen für die Nutzung autonomer Fahrzeuge durch Menschen mit Behinderungen beschrieben:

1. „Smartphone applications (apps) to order and program public or private means of transport have to be accessible and usable for blind and visually impairment people as well as people with other disabilities.
2. The apps have to provide the possibility to order specially adapted vehicles to transport for example a guide dog, a wheelchair, other mobility equipment for elderly people, prams etc.

3. The app has to be usable according to the two senses principal, giving both visual and acoustic feedback about – for example – when and where exactly the passenger can expect the vehicle to arrive.
4. Alternatively, there still has to be the possibility to request a vehicle by phone.
5. The service also has to be compatible with specific assistive devices like pedestrian navigation apps to make sure that the user with assistive needs can find his way to the vehicle safely.
6. The system should give information in advance if the vehicle is used alone (taxi, bus) or if there is any person that might give assistance. An acoustic signal must indicate the door to enter the vehicle, and the blind or visual impaired user must be led to a free seat, if there are other passengers.
7. The vehicle or the application must give also the opportunity to choose the destination independently and define the street side, where the passenger wants to exit, so that he does not need to cross the road.
8. An emergency break and emergency call must also be accessible and easily usable for passengers with visual impairment and blindness. An international standard is necessary to specify where to place it and how to use it also without sight and in darkness.
9. When using vehicles that are following a fixed route, the stops and passengers' destination have to be announced in time at passengers' request.
10. Both vehicles that are following a fixed route as well as flexible means of transport have to stop in a way that passengers with disabilities, including visually impaired and blind persons can exit safely. If necessary, the system has to display and announce information like: "Please exit on the righthand side in driving direction." or: "Caution! The vehicle has stopped next to a bicycle lane. Please open the door slowly and give warning with the white cane."
11. There have to be technical solutions that ensure that passengers are unable to open a door on the side of the vehicle where other vehicles are passing by and which is unsafe to exit.
12. When leaving the vehicle, pedestrian navigation has to take over immediately, so that persons with assistive needs can reach their destination safely."

Des Weiteren hat der Gemeinsame Fachausschuss Umwelt, Verkehr und Mobilität des Deutschen Blinden- und Sehbehinderten Verbandes e. V. einen „Anforderungskatalog von blinden und sehbehinderten Nutzern an das Autonome Fahren“ erarbeitet (Groenewold et al. 2019). Teile dessen sind in das Lastenheft für das Versuchsfahrzeug eingeflossen.

Für die Entwicklung eines Fragebogens zur Erfassung des aktuellen Mobilitätsverhaltens der Teilnehmenden am Projekt Ride4All (s. **Anhang 1: Fragebogen**) fand eine umfangreiche Literaturrecherche nach bereits existierenden Fragebögen aus anderen Projekten mit autonomen Shuttle-Bussen statt.

Der Protokollbogen für die teilnehmende Beobachtung (s. Anhang 2: Beobachtungsbogen) beruht auf dem Handlungskonzept „Bus fahren“. Dieses findet Anwendung im Unterricht des Orientierungs- und Mobilitätstrainings für blinde und sehbehinderte Menschen wie es im LWL-BBW Soest durchgeführt wird. Von besonderer Bedeutung erschien in diesem Zusammenhang die Erlangung der Grundfertigkeiten, welche nachfolgend dargestellt werden:

- Aufenthalt an der Haltestelle (Piktogramm von Haltestellen kennen, ankommende Fahrzeuge akustisch und oder visuell wahrnehmen, etc.)
- Erkennung der Konturen und Formate der Fahrzeugtypen (Anzahl der Türen, Niederflersystem, etc.)

- Bestandteile erkennen und zuordnen (Scheinwerfer, Displayanzeige für Nummer und Ziel, etc.)
- Finden und Wahrnehmung der Anordnung der Inneneinrichtung (Sitzplätze, Position der Behindertenplätze, Lage der Druckknöpfe, etc.)
- Verstehen der einzelnen Funktionen (Ansage der Haltestellen, Haltesignal bei Bedarf, etc.)
- Kennenlernen der Fahrzeuggeräusche (Türöffnen, Ertönen des Haltesignals, etc.) (Weiß-Gschwendtner 2001:110 ff.)

#### **1.4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Sogenannte autonome Shuttle sind bereits seit Mitte der 2010er-Jahre am Markt verfügbar. Ihre Betriebsfähigkeit haben sie im Vorfeld zu dem Projekt in Soest bewiesen, unter anderem bei Vorhaben in Sitten (CH), Bad Birnbach und Berlin. Sowohl aus technischen als auch aus straßenverkehrsrechtlichen Gründen erfordern diese Fahrzeuge aber noch den Einsatz von Begleitpersonalen („Operatoren“). Ein selbstständiges Ausweichen oder Umfahren von Hindernissen sind noch nicht möglich. Daher muss man eher von einem teilautomatisierten als von einem autonomen Betrieb sprechen. Weitere Einschränkungen waren außerdem insbesondere im Hinblick auf die erreichbare Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge (< 25 km/h) und die maximal mögliche Streckenlänge (< 4 km) bekannt. Diese Rahmenbedingungen waren bei der Konzeptionierung des Betriebs in Soest zu berücksichtigen.

Im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion wurde auf die Hardware ivantoConnect des Projektpartners GeoMobile zurückgegriffen. Die Hardware ist bereits seit Jahren fester Bestandteil der ÖPNV-Infrastruktur im Kreis Soest. Die gesamte ivanto-Systemlösung ist in die Mobilitäts-App „mobil info“, welche der Kreis Soest in Zusammenarbeit mit der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH betreibt, integriert.

#### **1.4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste**

Neben Erkenntnissen aus der gängigen Fachpresse (insbesondere „Der Nahverkehr“) stammten die fachlichen Informationen für dieses Vorhaben vor allem von dem Ingenieurbüro autoBus / Mobile Zeiten aus Oldenburg, das das Projekt begleitet hat.

Zusätzlich wurden für die Literaturrecherche im Bereich „Barrierefreiheit“ und „Soziale Akzeptanz“ die Datenbanken „Pubmed“ und „Google Scholar“ genutzt. Mit den dort gesammelten Daten konnte im Zuge der wissenschaftlichen Begleitforschung ein Überblick über den momentanen wissenschaftlichen Stand der Technik geschaffen werden.

### **1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

#### Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Innerhalb der gesamten Projektlaufzeit fand ein Austausch mit unterschiedlichen Stakeholdern statt. Der Kreis Soest hat als Verbundkoordinator die Workshops des LWL eng begleitet. Die Ausführung sind dem Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“ zu entnehmen.

Im Februar 2020 fand eine praktische Erprobung des Projekts der Stadt Monheim vor Ort statt.

Im Oktober 2020 informierte sich das Konsortium im Rahmen eines Vor-Ort-Termins über das Pilotprojekt SAM „Südwestfalen autonom & Mobil“ in Lennestadt.

Zusätzlich fand ein enger Austausch mit der SBB AG im Rahmen der Fahrzeugbeschaffung und der Streckengestaltung statt.

Im November 2021 informierte sich eine Besuchergruppe des Sozialverband VdK NRW e.V. über das Projekt Ride4All in Soest. Neben einer Projektvorstellung wurde eine Probefahrt durchgeführt.

#### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Nicht zutreffend.

#### Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Nicht zutreffend.

#### Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Nicht zutreffend.

#### Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Dem LWL-BBW Soest oblag im Rahmen des Projektes schwerpunktmäßig die Kontaktaufnahme und -pflege zu Menschen mit Behinderungen und ihren Organisationen. Hierbei wurden aus logistischen Gründen vor allem regionale Netzwerke genutzt. Mit Hilfe der Behinderten-Arbeitsgemeinschaft Kreis Soest (BAKS) und der Kontakt- und Informationsstelle für Selbsthilfegruppen konnten Multiplikatoren von unterschiedlichen Selbsthilfegruppen (Down-Syndrom | Gesprächskreis Soest, PRO Retina Soest e.V., EUTB, CI-Aktiv | Cochlea-Implantat Soest, Schlaganfallgruppe | Selbsthilfegruppe Soest, Verein für Körper- und Mehrfachbehinderte Kreis Soest e.V.) für eine Zusammenarbeit interessiert werden. Ebenso konnten über die Kanäle der PRO RETINA Deutschland e. V. weitere sehingeschränkte Personen aus ganz Deutschland angesprochen werden. Zwar wurden weitere Selbsthilfegruppen aus den umliegenden Kreisen Beckum und Hamm kontaktiert, jedoch konnten aus diesen Kontakten keine Teilnehmenden akquiriert werden. Der Aufbau eines stabilen Netzwerkes stand im Fokus des ersten Projekthalbjahres.

Die Kontaktaufnahme zu verantwortlichen Mitarbeitern anderer Projekte zum autonomen Fahren bildete einen weiteren Schwerpunkt, auch wenn diese den Aspekt der Barrierefreiheit nicht ausdrücklich fokussiert hatten. U. a. wurde Kontakt aufgenommen zu den Projekten „Bad Birnbach Shuttle“ – Bad Birnbach, „See-Meile“ – Berlin sowie „Stimulate“ – Berlin. Die Projekte „TaBuLa“ in Lauenburg und „SAM“ in Lennestadt wurden trotz der Corona-Einschränkungen besucht und ein fachlicher Austausch konnte arrangiert werden.

Über diese Verbindungen konnte zusätzlich ein Austausch mit der Hochschule Coburg hergestellt werden, welche das SMO-Projekt in Hof, Kronau und Rehau wissenschaftlich begleitet. Der fachliche Austausch führte zur Einladung der Mitarbeitenden des LWL-BBW Soest, einen Beitrag zum zweiten Coburger Mobilitätskongress im Oktober 2021 zu leisten. Das Motto des Referates lautete „Umsetzung des "Design for All" bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge“. Erste Ergebnisse des Projektes Ride4All konnten präsentiert werden.

#### Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Die RLG ist Mitglied im Verband Deutscher Verkehrsunternehmen „VDV“. Vor dem Hintergrund des Vorhabens in Soest wurde von Seiten der RLG Kontakt mit dem VDV aufgenommen, und ein Vertreter der RLG wurde in die Arbeitsgruppe Digitale Testfelder entsandt. Ride4All wurde dieser Arbeitsgruppe im November 2020 im Rahmen einer Kurzvorstellung präsentiert. Ein Erfahrungsaustausch zu Ride4All

mit dem VDV fand im Rahmen eines Experteninterviews zu dem Projekt „AMEISE“ (Automatisierter Linienbetrieb in Waiblingen/Ameisenbühl) statt. Dabei ging es vor allem um Beschäftigungs- und Berufsperspektiven im automatisierten/autonomen ÖPNV-Betrieb.

Es fand eine Kontaktaufnahme und ein Austausch mit den Bahnen der Stadt Monheim (Fachbesuch des Linienverkehrs mit autonomen Shuttle-Bussen in Monheim mit dem Fachforum für Verkehrsunternehmen am 14.10.2021, gemeinsamer Termin vor Ort in Soest am 07.12.2021)

Ebenfalls fand ein telefonischer Erfahrungsaustausch mit einem Projektverantwortlichen des Vorhabens TaBuLa in Lauenburg; wechselseitig wurden beide Vorhaben besucht, ein persönliches Treffen ließ sich leider nicht einrichten.

Am 19.11.2021 fand ein gemeinsamer Ortstermin in Soest mit einem Vertreter des HSK statt.

#### Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Nicht zutreffend.

## 2. Eingehende Darstellung

Zur besseren Übersicht wurde die eingehende Darstellung inhaltlich in die zentralen Themen des Projektes aufgeteilt und die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst.

### 2.1 Projektmanagement und Beschaffung Fahrzeug

Der Projektauftritt für Ride4All fand am 29.01.2020 bei der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH in Soest statt. Geprägt von der Corona-Pandemie fanden im Anschluss fast alle Termine bis zum Projektende als Videokonferenz statt. Die Abstimmungen mit dem gesamten Projektkonsortium fanden in der Regel monatlich statt.

In den ersten Projektmonaten lag der Fokus des Projektkonsortiums auf der Ermittlung der notwendigen Anforderungen an das Gesamtsystem. Ebenfalls wurde schwerpunktmäßig mit der Analyse und Festlegung des geplanten Streckenverlaufs begonnen. Die eingehende Betrachtung der Streckenfindung und -festlegung ist Kapitel 2.2 zu entnehmen.

Zur Unterstützung des Projektkonsortiums wurde im Rahmen einer Ausschreibung durch den Kreis Soest im Mai 2020 der Auftrag an das Projektbüro „autoBus“ erteilt.

Zur Vorbereitung der Fahrzeugbeschaffung bzw. der notwendigen Vergabe durch den Kreis Soest wurden zunächst im Projektverbund die Grundlagen der Gesamtkonzeption (AP 1.1) erarbeitet, die fachlichen und technischen Anforderungen der Verbundpartner ermittelt und in der Anforderungsanalyse (AP 1.2) zusammengeführt. Die notwendigen Schnittstellen wurden diskutiert und die zu integrierenden Technologien spezifiziert. Aufbauend auf der Anforderungsanalyse wurde das Systemkonzept (AP 1.3) des Projektes erstellt und die Gesamtarchitektur des zukünftigen Systems ermittelt. Alle Ergebnisse sind in das Lastenheft (AP 1.4) eingeflossen. Neben den technischen Anforderungen standen bei der Erstellung vor allem die besonderen Anforderungen an die Barrierefreiheit des Systems im Mittelpunkt. Für die Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen (AP 1.5) wurden verschiedene Gespräche mit vergleichbaren Projekten geführt.

Auf Basis des erstellten Lastenheftes wurde im Juni 2020 mit der Ausschreibung zur Fahrzeugbeschaffung (AP 2.1) begonnen. Aufgrund der technischen Anforderungen und der Notwendigkeit des Austausches mit den potenziellen Anbietern wurde eine Verhandlungsvergabe mit Teilnahmewettbewerb durchgeführt. Im Zuge des Wettbewerbs gab es drei Bewerbungen der Unternehmen EasyMile, Navya und local motors. Für die Bewertung der Angebote wurden im Oktober 2020 Verhandlungsgespräche mit allen drei Anbietern durchgeführt. Im Anschluss an die Verhandlungsgespräche wurden durch alle drei Anbieter im November 2020 finale Angebote abgegeben. Nach Durchsicht und Bewertung der Angebote, unter Berücksichtigung der im Vorfeld festgelegten Vergabekriterien, ging der Zuschlag im Dezember an die EasyMile GmbH. Aufgrund der Wirtschaftlichkeit wurde vom Kauf eines Fahrzeugs Abstand genommen. Der schnelle technologische Fortschritt hätte ebenfalls keinen Kauf des Fahrzeugs gerechtfertigt.

Das Auftaktgespräch mit EasyMile fand noch im Dezember 2020 statt. Im Januar wurde ein zweiwöchiger Jour fixe mit EasyMile, dem Kreis Soest, der Stadt Soest, der RLG und Büro autoBus eingeführt. Im Rahmen der Besprechung wurden alle notwendigen Absprachen bzgl. der Strecke und der Betriebsplanung getroffen.

Neben der Vorbereitung des Betriebs wurde im Januar die Arbeitsgruppe „Öffentlichkeitsarbeit“ gegründet. Eine ausführliche Darstellung ist Kapitel 2.4 zu entnehmen.

Die Lieferung des Fahrzeugs erfolgt im März 2021.

Der geplante Betriebsstart musste im Verlauf des ersten Halbjahres von Mai auf Ende Juni und letztendlich auf den 07.07.2021 verschoben werden. Grund dafür war die verspätete Streckenfestlegung und die damit verbundenen Verzögerungen bei der Beschaffung der notwendigen Infrastruktur. Dadurch konnte das Training der Operatoren und die Streckeneinmessung erst verspätet stattfinden.

Ebenfalls musste vor dem Betriebsstart ein Komplettaustausch der Rampe erfolgen, da diese bei Abnahme durch den TÜV Nord defekt war.

Die erste Betriebsfahrt fand am 28.06.2021 in Form eines Präsenztermins mit dem damaligen NRW Verkehrsminister Henrik Wüst beim LWL in Soest statt (vgl. Kapitel 2.4).

Der Auftrag zur Durchführung der wissenschaftlichen Begleitforschung und der Erstellung des Konzeptes zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz wurde im Frühjahr 2021 an die Interlink GmbH erteilt.

## 2.2 Infrastruktur und Strecke

Die Streckfindung zur Realisierung des Projektes lässt sich rückblickend als schwierigste Aufgabe innerhalb des Projektes einstufen. Bereits während der Antragsphase wurde die in Abbildung 3 dargestellte Strecke festgelegt und zunächst diese Umsetzung verfolgt:

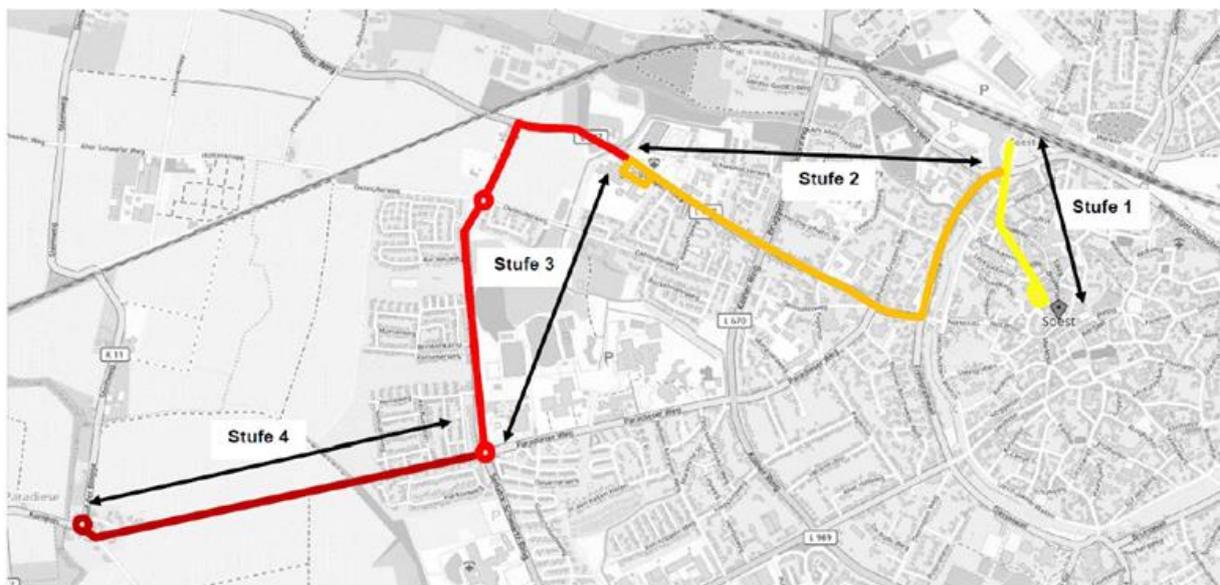


Abbildung 3: Ursprünglich gemäß Antragsstellung geplante Strecke (Büro autoBus)

Die geplante Strecke gliederte sich in vier Ausbaustufen mit jeweils unterschiedlichen, verkehrlichen Herausforderungen. Ziel war zu diesem Zeitpunkt die Anbindung der drei zentralen Punkte „Soest Bahnhof“, dem Umsteigepunkt „Bustreff Hansaplatz“ und dem LWL-Berufsbildungswerk.

Neben der Tatsache, dass die geplante Strecke sehr lang war, ließen sich hier zwei weitere Herausforderungen identifizieren:

- In der geplanten Stufe 4 beträgt die zugelassene Höchstgeschwindigkeit 70 km/h, die maximale Fahrzeuggeschwindigkeit jedoch nur 15 km/h

- Im gesamten Streckenverlauf gibt es Fahrradschutzstreifen, welche nicht dauerhaft überfahren werden dürfen (auf diese Problematik wird an späterer Stelle eingegangen)

Aufgrund der Notwendigkeit der Geschwindigkeitsreduzierung in der Umgebung des automatisierten Kleinbusses auf maximal 30 km/h, wurde die oben angedachte Stufe 4 verworfen. Die Reduzierung von 70 km/h auf 30 km/h in Kombination mit der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs von 15 km/h wurde als zu hohes Sicherheitsrisiko eingestuft. An der Idee, die Innenstadt von Soest in den Fahrbetrieb zu integrieren wurde zunächst festgehalten. Daher wurde an den drei Zielen festgehalten, der Streckenverlauf allerdings erheblich gekürzt (vgl. Abbildung 4).

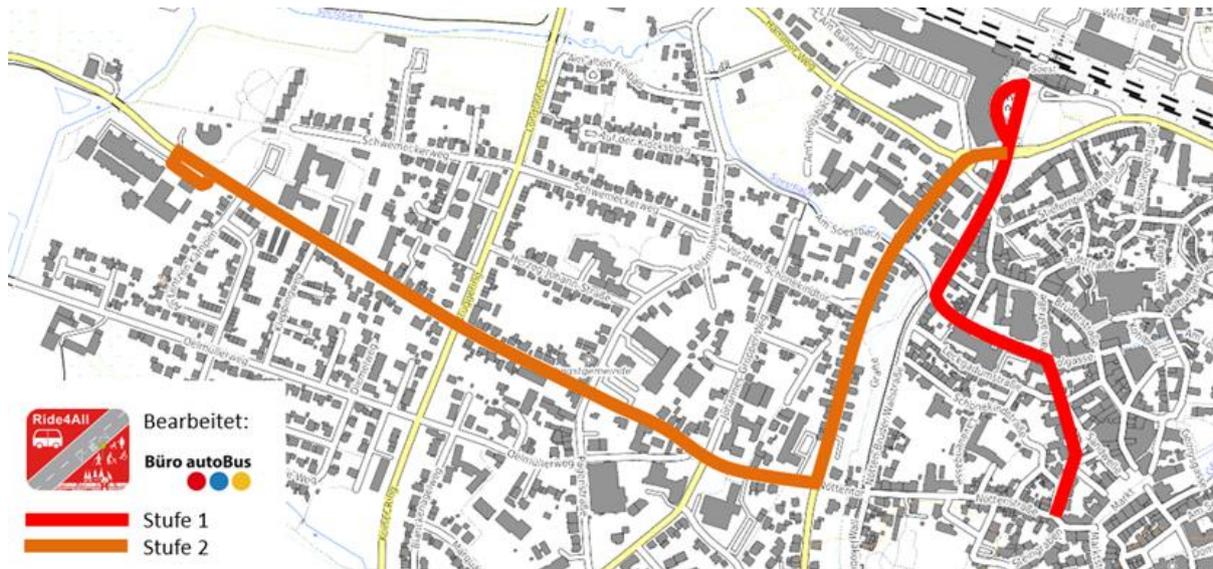


Abbildung 4: Verkürzter Streckenverlauf (Büro autoBus)

Als Herausforderungen blieben bei dieser Version allerdings die Fahrradschutzstreifen im gesamten Streckenverlauf. Ebenfalls bestand in zwei Bereichen noch die Problematik, dass die Umgebungsgeschwindigkeit bei 50 km/h lag.

Im Bereich der Umgebungsgeschwindigkeit wurde zunächst versucht eine Lösung ohne Reduzierung der Umgebungsgeschwindigkeit zu finden. Dafür wurde der in Abbildung 5 dargestellte Streckenverlauf über den Schwemeckerweg gewählt. Die Anbindung der Soester Innenstadt blieb zunächst bestehen.

Bei diesem Streckenverlauf gab es im Verlauf des Schwemeckerwegs (orange Linie) die Problematik, dass der Schwemeckerweg eine Sackgasse ist und die Strecke über das Gelände des LWL geführt hätte. Für die Zufahrt zum Gelände hätte das Fahrzeug über einen Parkplatz und einen Fußweg fahren müssen. Für die Rückfahrt Richtung Bahnhof hätte im vorderen Bereich der Straße die Einbahnstraßenregelung aufgehoben werden müssen.



Abbildung 5: Optimierter Streckenverlauf über Schwemeckerweg (Büro autoBus)

Aufgrund der Problematik der Fahrradschutzstreifen im Bereich der Strecke vom Bahnhof zum Hansaplatz wurde nach Rücksprache mit den zuständigen Behörden entschieden, dass die Strecke nicht durch die Soester Innenstadt verläuft. Als Start- und Zielpunkt wurde der Bahnhof Soest festgelegt und nur noch das Ziel verfolgt, das LWL Berufsbildungswerk anzubinden. Durch diese Entscheidung konnten ein Streckenverlauf ohne Fahrradschutzstreifen realisiert werden, allerdings blieben die Herausforderungen der Überquerung des Geländes des LWL und die Aufhebung der Einbahnstraßenregelung bestehen. Die beschriebene Strecke ist in Abbildung 6 dargestellt.



Abbildung 6: Streckenverlauf über Schwemeckerweg (Büro autoBus)

Für die Problematik der Geländeüberquerung und der Aufhebung der Einbahnstraßenregelung konnte letztlich keine Lösung zwischen den beteiligten Bewilligungsbehörden gefunden werden. Aus diesem Grunde wurde die Streckenführung vom Schwemeckerweg auf den Hattroper Weg geändert. Auf dieser Streckenführung bestand nun wieder die Problematik der Umgebungsgeschwindigkeit von 50 km/h und zusätzlich die Situation von parkenden Autos auf der Straße. Zusätzlich kamen die geringe

Straßenbreite im Bereich „An Lentzen Kämpen“ hinzu. Ebenfalls kritisch wurde die Überquerung der Straße „Kölner Ring“ gesehen. Diese vierte Streckenoption ist in Abbildung 7 dargestellt.

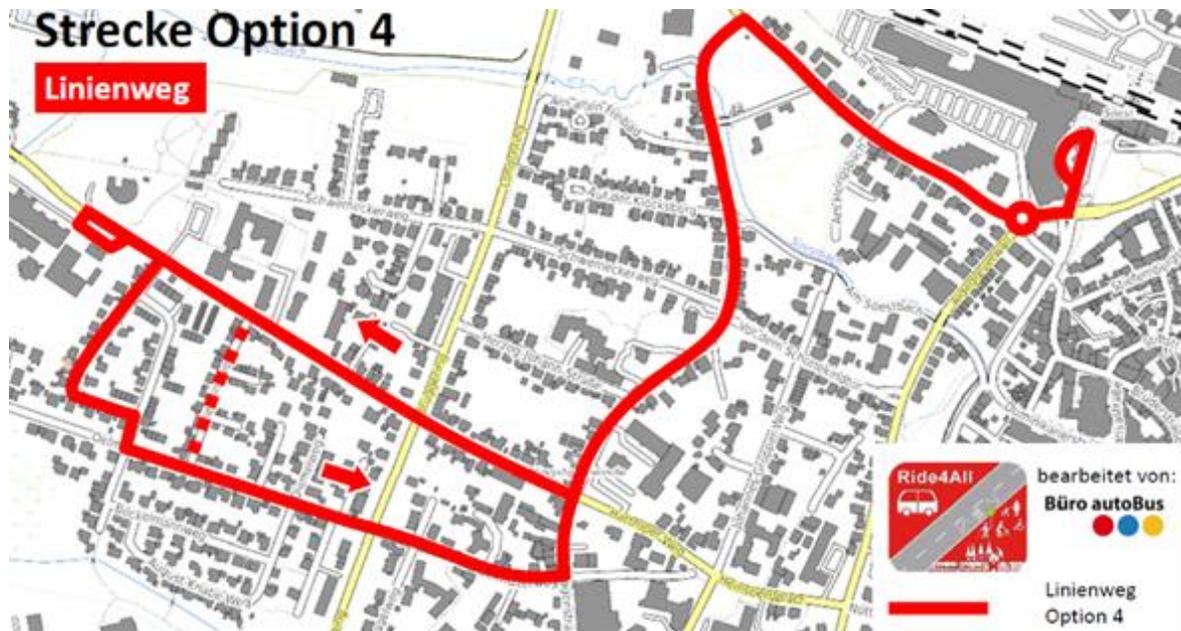


Abbildung 7: Streckenverlauf Option 4 (Büro autoBus)

Die beschriebene Problematik im Bereich der Umgebungsgeschwindigkeit von 50 km/h konnte durch eine Reduzierung der Geschwindigkeit während der Betriebszeiten zwischen 8 und 18 Uhr realisiert werden. Dieser Regelung haben alle Beteiligten zugestimmt. Ebenfalls wurde für den Betriebszeitraum ein Parkverbot am Hattroper Weg eingerichtet. Die betroffenen Anwohner wurden per Briefwurfsendung über das Halteverbot während des Testzeitraums informiert. Zur Beantwortung weiterer Fragen der Anwohner wurde ein Informationstermin durchgeführt. Zusätzlich wurden im Bereich des Feldmühlenwegs Altglas- und Kleidercontainern versetzt, damit anhaltende Autos nicht zu Behinderungen führen. Die enge Straßenführung im Bereich „An Lentzen Kämpen“ führte letztendlich dazu, dass die Streckenführung über die Straße Kleppingweg erfolgte. Abbildung 8 zeigt den finalen Streckenverlauf.



Abbildung 8: Finaler Streckenverlauf (Büro autoBus)

Anschließend an den oben beschriebenen Prozess zur Streckenfestlegung lassen sich folgende Meilensteine festhalten:

- Streckenfindung ab 01.2020 bis 12.2020
- Streckenanalyse mit Büro autoBus ab 01.2021
- Streckenbegehung mit EasyMile am 18.02.2021
  - Analyse der Risiken entlang der Strecke und Umgebung
  - Risikominderungsmaßnahmen aufgeführt  
→ Erstellung Site Assessment Report vom 22.02.21
- Streckenbegehung RLG und Stadt Soest am 10.03.2021 zur finalen Festlegung von Haltestellen
- Termin mit dem TÜV Nord am 18.03.2021
  - 1. Streckenbesichtigung und Genehmigung
  - Absprache von Infrastrukturmaßnahmen (Parkverbot, Markierungen, Tempo 30, Kreuzungen, etc.)
- Einmessen der Strecke im Anschluss an die Umsetzung der Infrastrukturmaßnahmen Ende Mai 2021
- Abnahme des Gesamtsystems durch den TÜV Nord und die Bezirksregierung Arnsberg Juni 2021

Für die Beschilderung der Strecke wurde ein Beschilderungsplan erstellt. Abbildung 9 zeigt einen Ausschnitt.



Abbildung 9: Auszug Beschilderungsplan für den Bereich Bahnhof Soest (Stadt Soest)

Die finale Beschilderung wurde Ende Mai 2021 aufgestellt. Zusätzlich wurden entlang der Strecke und an den kreuzenden Straßen Hinweisschilder installiert (vgl. Abbildung 10).



Abbildung 10: Hinweisschilder entlang der Strecke (RLG/Kreis Soest)

Zur Vorbereitung der Strecke und während des Betriebs entlang der Strecke wurden regelmäßig Grünschnittarbeiten durchgeführt. Dafür wurden städtische Bäume sowie die Pflanzinseln im Rahmen der regelmäßigen Grünpflege durch die Kommunalen Betrieb entsprechend den Anforderungen des autonomen Busses gepflegt und beschnitten. Zusätzlich war der Schnitt von Bäumen auf

Privatgrundstücken notwendig. In einem Informationsschreiben wurden die betroffenen Anwohner gebeten, ihre Bäume entsprechend zurück zu schneiden. Die Anforderungen der Sicherheitssensorik des autonomen Busses verlangen einen stärkeren Rückschnitt von Bäumen, als für die reguläre Verkehrssicherheit bei Bäumen entlang von Straßen und Wegen normalerweise notwendig ist.

Im Bereich der Querung des „Kölner Rings“ wurde in die Lichtsignalanlage (LSA) eine Funksteuerung per Handsender, der das Fußgängersignal auslöst und entsprechend die LSA auf rot steuert implementiert, sodass der Kölner Ring durch das Fahrzeug problemlos passiert werden konnte.

Aufgrund der Besonderheit und der deutlichen Auswirkungen auf die Streckenfindung wird die Problematik im Bereich „Fahrradschutzstreifen“ im Folgenden gesondert erläutert:

Wie bereits beschrieben befindet sich im Innenstadtbereich von Soest auf fast allen Hauptverkehrsstraßen Fahrradschutzstreifen. Zur Erläuterung der Problematik fanden im Verlauf der Streckenfindung intensive Abstimmungen zwischen dem Kreis Soest und der RLG als Betreiber des Verkehrs, der Stadt Soest und Straßen.NRW als Straßenverkehrsbehörden und der Bezirksregierung als Genehmigungsbehörde statt. Zu klären war die rechtliche Zulässigkeit einer permanenten Überfahung des Radschutzstreifens am rechten Fahrbahnrand mit dem autonomen Shuttle. Diese wurde aus Sicherheitsgründen angestrebt und von der Aufsichtsbehörde dringend angeraten:

- kein Rechtsüberholen des Shuttles durch Fahrräder
- keine Gefährdung der Fahrradfahrer in dem engen Zwischenraum zwischen Shuttle und Bürgersteig
- keine Notbremsung des Shuttles durch Fahrräder, die auf dem Radschutzstreifen den Sicherheitsabstand zum Fahrzeug unterschreiten

Da sich eine dauerhafte Befahrung des Radschutzstreifens letztlich als rechtlich nicht zulässig herausstellte, mussten Fahrwege außerhalb des unmittelbaren Kernbereichs der Innenstadt von Soest für den Betrieb des Shuttles ausgewählt werden.

## 2.3 Betrieb

Der Regelbetrieb wurde vom 07. Juli bis zum 17. Dezember durchgeführt. Die Operatoren-Schulungen fanden im April und Juni 2021 statt. In den ersten Betriebstagen war das Fahrzeug auf Empfehlung von EasyMile mit zwei Operatorenkräften besetzt. Für die gegenseitige Hilfe und Unterstützung und für die Betreuung der Fahrgäste sowie die Beantwortung derer Fragen hat sich diese Maßnahme bewährt. Im Anschluss wurde im Betrieb jeweils ein Operator eingesetzt.

Insgesamt wurden im Regelbetrieb 1.187 Fahrgäste befördert. Der Prozess der Streckenfindung ist Kapitel 2.2 zu entnehmen. Die finale Strecke erstreckte sich über ca. 4,2 Kilometer mit Start und Ziel am Bahnhof Soest. Die Streckenführung inkl. Haltestellen der Linie „A1“ ist Abbildung 11 zu entnehmen.

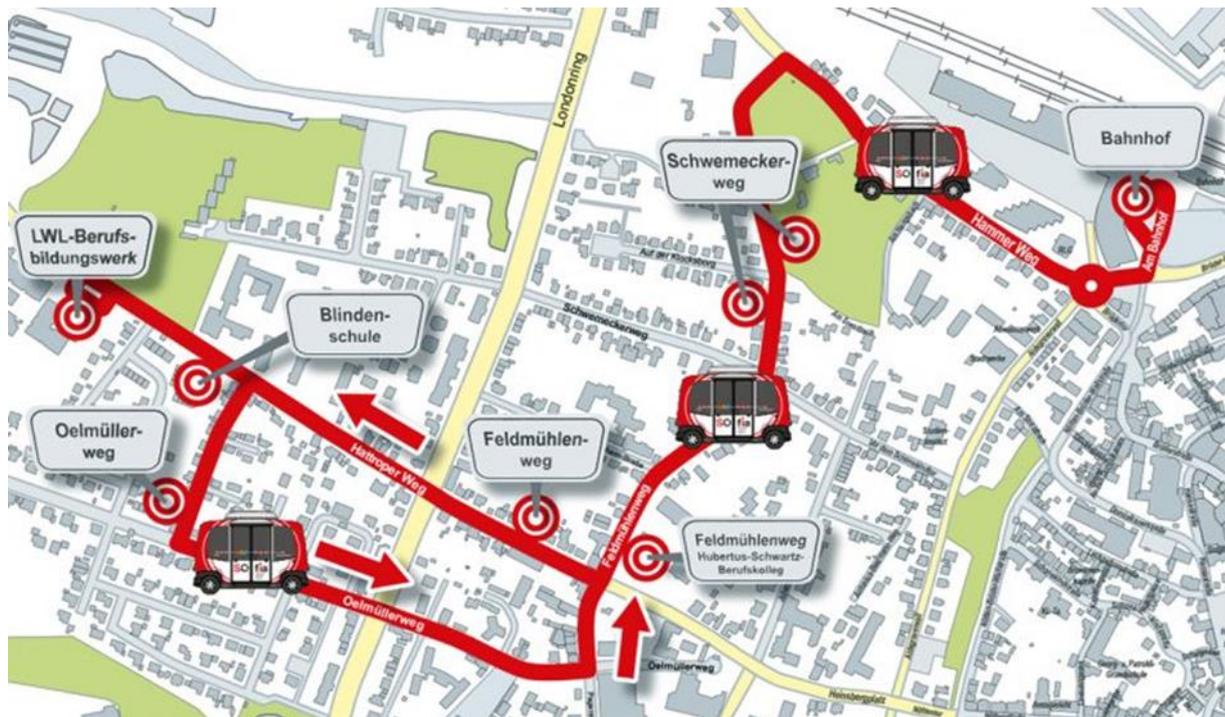


Abbildung 11: Streckenführung mit Haltestellen Linie "A1"

Innerhalb der Streckenführung wurde auf die Bestandshaltestellen

- Soest Bahnhof
- Feldmühlenweg
- Feldmühlenweg / Hubertus-Schwarz-Berufskolleg
- Blindenschule

zurückgegriffen. Zusätzlich wurden für den Betrieb die Haltestellen

- Schwemeckerweg
- Oelmüllerweg
- LWL-Berufsbildungswerk

eingrichtet.

Der Betrieb fand von montags bis freitags zwischen 8 und 18 Uhr statt. Bei der Gestaltung des Fahrplanangebots spielten die voraussichtliche Nachfrage, die Erfordernisse der begleitenden Arbeiten zur Barrierefreiheit sowie die betrieblichen Belange eine Rolle. Die Planungen erfolgten unter einer gewissen Unsicherheit, da keine Erfahrungen zur Reisegeschwindigkeit eines autonomen Shuttles vorlagen. Hier wurden Erfahrungen und Expertise von Büro autoBus mit zu Rate gezogen. In der Praxis zeigte sich dann, dass die vorgesehenen Pufferzeiten an den Linienendpunkten eine gute Fahrplanstabilität gewährleisteten.

Geplant wurde mit Pausenzeiten an beiden Linienendpunkten. Ein umlaufender Betrieb mit längerer Wendezeit am Bahnhof als mögliche Alternative wurde nicht weiterverfolgt, da sich der Betrieb mit zwei Wendezeiten an beiden Endpunkten bewährte und als sehr stabil erwies.

Angeboten wurden fünf Fahrtenpaare am Vormittag und drei Fahrtenpaare am Nachmittag, jeweils mit einer Umlaufzeit von einer Stunde. Am Mittwochvormittag gab es kein öffentliches Verkehrs-

angebot. Hier wurde ein Zeitfenster für Erprobungen und Workshops des LWL sowie für Gruppenbesuche freigehalten.

Der Fahrplan der Linie „A1“ ist folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 4: Fahrplan Linie "A1" (Kreis Soest)

<b>Montag</b>	<b>Dienstag</b>	<b>Mittwoch</b>	<b>Donnerstag</b>	<b>Freitag</b>
8:10 Uhr	8:10 Uhr		8:10 Uhr	8:10 Uhr
9:10 Uhr	9:10 Uhr		9:10 Uhr	9:10 Uhr
10:10 Uhr	10:10 Uhr	Workshops LWL	10:10 Uhr	10:10 Uhr
11:10 Uhr	11:10 Uhr		11:10 Uhr	11:10 Uhr
12:10 Uhr	12:10 Uhr		12:10 Uhr	12:10 Uhr
14:10 Uhr	14:10 Uhr	14:10 Uhr	14:10 Uhr	14:10 Uhr
15:10 Uhr	15:10 Uhr	15:10 Uhr	15:10 Uhr	15:10 Uhr
16:10 Uhr	16:10 Uhr	16:10 Uhr	16:10 Uhr	16:10 Uhr

Aufgrund entsprechender Wünsche von Seiten des LWL fand zum 30.08.2021 eine Fahrplananpassung statt. Die letzte Fahrt vom LWL zum Bahnhof wurde um 15 Minuten auf die Abfahrtszeit 16:55 Uhr verlegt. Auf diese Weise konnten die Betroffenen das Shuttle nach Feierabend für die Rückfahrt in Richtung Stadt und zum Bahnhof nutzen. Um die Schichtlänge einzuhalten, wurde gleichzeitig die erste Fahrt um 08:10 Uhr ab Bahnhof gestrichen. In den ersten Betriebswochen hatte sich gezeigt, dass diese Fahrt praktisch überhaupt nicht in Anspruch genommen wurde.

Insgesamt waren im Betriebszeitraum 678 Fahrten geplant, von denen 658 planmäßig durchgeführt wurden. Insgesamt lässt sich damit festhalten, dass der Regelbetrieb planmäßig durchgeführt wurde.

Zur Vollständigkeit sind die Ausfallgründe und jeweiligen Anzahlen Abbildung 12 zu entnehmen. Zu den nennenswerten Gründen unter „Sonstiges“ fallen folgende Gründe: Reparatur Ampel (Sicherheit) und Krankheit/Urlaub Operator.

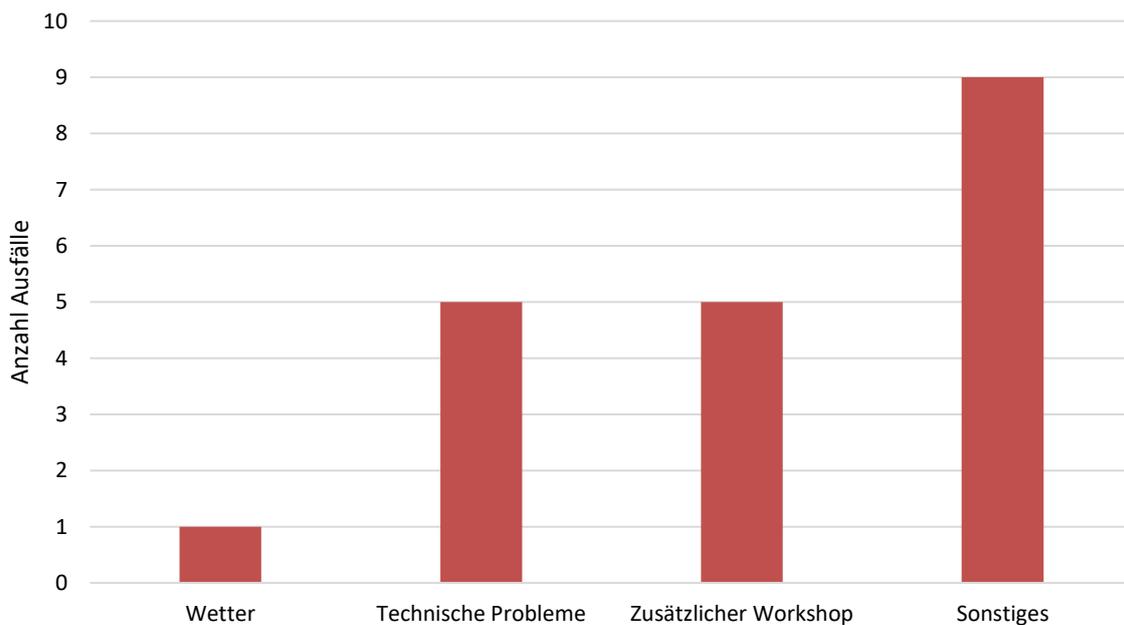


Abbildung 12: Ausfälle Fahrten im Regelbetrieb nach Gründen (Kreis Soest)

Abbildung 13: Fahrgäste je Kalenderwoche (Kreis Soest)Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Fahrgäste je Kalenderwoche (in KW 44 fand aufgrund der Allerheiligenkirmes kein und in KW 45 nur eingeschränkter Betrieb statt):

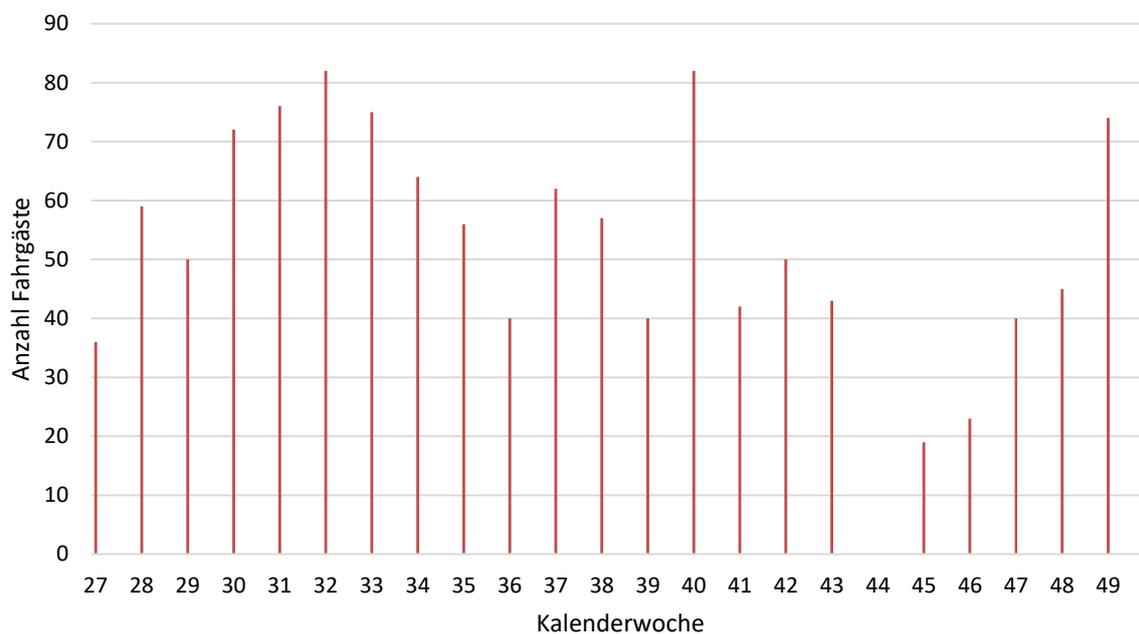


Abbildung 13: Fahrgäste je Kalenderwoche (Kreis Soest)

Für den Zeitraum der Allerheiligenkirmes (KW 44) in Soest wurde der Betrieb des Shuttles von Montag, 02.11.2021 bis einschließlich Dienstag, 10.11.2021 ausgesetzt. Aufgrund von Straßensperrungen und Einbahnregelungen hätten Fahrplan und Umlaufzeit während der Kirmes sowie in der Aufbau- und Abbauphase nicht eingehalten werden können. Da das Shuttle abseits des datentechnisch versorgten Linienweges nur sehr langsam im manuellen Betrieb bewegt werden konnte, schied auch diese Möglichkeit aus. Auf den relativ langen Umleitungsstrecken wäre das Fahrzeug zudem ein Verkehrshindernis gewesen, mit erheblichen Risiken für die Verkehrssicherheit und einer negativen öffentlichen Wahrnehmung.

Die Verteilung der Fahrgäste nach Uhrzeiten ist folgender Abbildung 14 zu entnehmen (Anmerkung: die Fahrt um 8:10 Uhr fand nur im Zeitraum 07.07. – 27.08.21 statt):

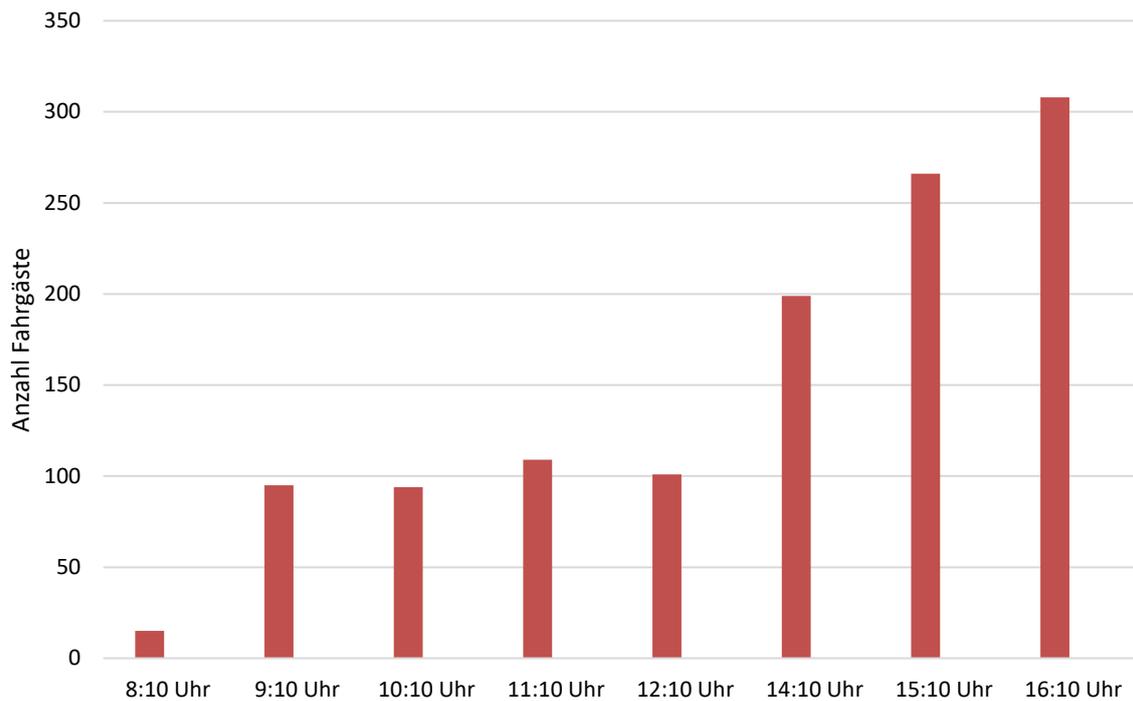


Abbildung 14: Verteilung Fahrgäste nach Uhrzeiten (Kreis Soest)

Die Verteilung nach Wochentagen ist Abbildung 15 zu entnehmen:

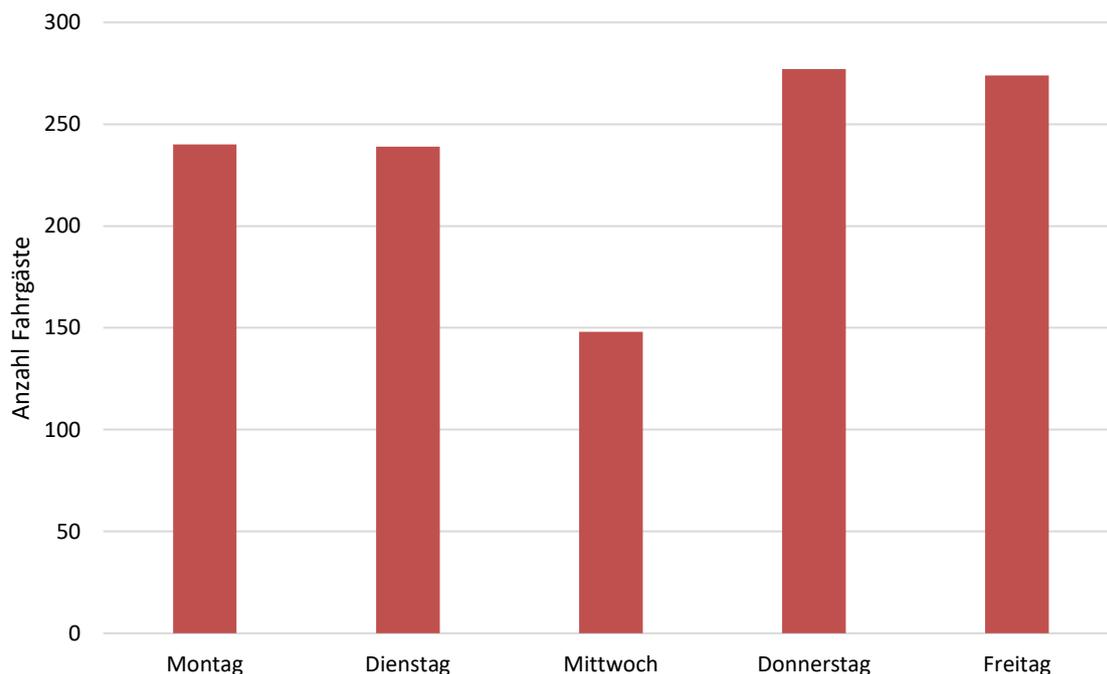


Abbildung 15: Verteilung Fahrgäste nach Wochentagen (Kreis Soest)

Insgesamt lässt sich an dieser Stelle festhalten, dass der Betrieb ohne besondere Vorkommnisse und reibungslos verlief.

Ein gewisses Sicherheitsrisiko ergab sich im fließenden Verkehr durch die recht geringe Geschwindigkeit des Fahrzeugs von maximal 15 km/h und die regelmäßig auftretenden recht abrupten Stopp-

Manöver. Insbesondere zu Beginn der Laufzeit kam es immer wieder zu gefährlichen Überholmanövern durch andere Verkehrsteilnehmer.

Um der Bevölkerung das Angebot nahezubringen und die Zugangsschwelle möglichst niedrig zu halten, wurde die Mitfahrt mit dem Shuttle kostenlos angeboten. Dies geschah auch vor dem Hintergrund, dass kein relevanter Deckungsbeitrag aus Fahrgelderträgen erwartet wurde (niedriger Fahrpreis auf der recht kurzen Strecke, geringe Beförderungskapazität). Gleichzeitig hätte das Handling des Verkaufsgeschäfts bzw. die Kontrolle elektronischer Tickets den Betrieb unnötig erschwert.

Für die Begleitpersonale erwies sich der Dienst im Shuttle als recht anstrengend. Der Einsatz als Operatorenkraft bedeutete eine hohe Verantwortung und erforderte viel Konzentration. Belastungen traten auf durch die stehende Tätigkeit und insbesondere durch das Abfedern starker Bremsmanöver des Fahrzeugs. Diese konnten nicht immer vorhergesehen werden und traten auch unerwartet auf, zum Beispiel durch umherfliegendes Laub. Hinzu kam die Nähe zu den Kunden: Viel stärker als im Linienbus standen die Kolleginnen und Kollegen unter permanenter Beobachtung und mussten immer wieder auf Fragen und Hinweise der Fahrgäste reagieren.

## 2.4 Öffentlichkeitsarbeit

Für die Durchführung der Öffentlichkeitsarbeit zum Projekt wurde im Januar 2021 eine Arbeitsgruppe, bestehend aus dem Kreis Soest, der RLG, dem LWL, der Stadt Soest, Büro autoBus und EasyMile gegründet.

Im Rahmen der regelmäßig stattfindenden Termine wurde beschlossen, dass das Hauptziel der geplanten Maßnahmen in der Mitnahme der Öffentlichkeit am geplanten Vorhaben lag.

Als griffiger Name für das Shuttle wurde innerhalb der AG die Bezeichnung „Sofia“ gewählt: **SO**est fährt inklusiv und **aut**onom. Die weibliche Personifizierung des Fahrzeugs sorgte bei allen Beteiligten für Empathie und förderte die Sympathie für das Projekt.

Für die Strukturierung der Arbeitsinhalte wurde der in Abbildung 16 dargestellte Arbeits- und Zeitplan für die Öffentlichkeitsarbeit aufgestellt.

Die Webseite [www.ride4all.nrw](http://www.ride4all.nrw) wurde erstellt und durch die Arbeitsgruppe mit Inhalten gefüllt. Die Freischaltung erfolgt in KW 12 2021.

Termine		Inhalte		Partner	Kommunikationskanäle		
Monat	KW	Zielgruppe	Thema	zuständig	PM + Bild	Social Media	You-Tube
<b>März</b>							
	11. KW	Allgemein	PM: Wo stehen wir, unsere nächsten Schritte	Kreis + RLG	x	x	
	11. KW	Intern	Auslieferung Fahrzeug	Kreis + RLG + EasyMile			
	11. KW	Intern	TÜV Nord Streckenbegehung und Abnahme	Kreis + RLG + EasyMile			
	12. KW	Allgemein	PM: Shuttle für autonomes Fahren bei der RLG	Kreis + RLG	x	x	x
	12. KW	Allgemein	Website freigeschaltet	Kreis + RLG			
	13. KW	Intern	Lieferung Anschreiben und Umschläge für Anwohnerinformation	RLG			
	13. KW	Anwohner	Verteilung Anwohneranschreiben	Kreis + RLG			
<b>April</b>							
	14. KW	Allgemein	PM: Vorstellung Linie A1	Kreis + RLG	x	x	
	14. KW	Intern	Folierung SOfia	EasyMile + RLG		x	x
	15. KW	Intern	Einbau InvantoConnect Box	EasyMile		x	x
	15. KW	Anwohner	Anmeldung Bürgerdialog (letzter Termin)	Kreis + RLG			
	16. KW	Intern	Training 1 Operatoren	EasyMile + RLG			x
	16. KW	Anwohner	Versand Zugang für Onlineveranstaltung	Kreis			
	17. KW	Bürgerdialog	Onlineveranstaltung für Anwohner	Kreis + Stadt+ LWL + RLG			
<b>Mai</b>							
	20. KW	Intern	Finale Fahrzeugabnahme: Zulassung und Nummernschild	Kreis			
	20. KW	Pressetermin	Fahrzeugpräsentation + Projektpräsentation bei RLG	Kreis + Stadt+ LWL + RLG	x	x	x
	21. KW	Intern	Streckenbeschilderung wird aufgestellt	Stadt			x
	22. KW	Intern	Einmessung der Strecke SOfia	EasyMile + RLG			x
<b>Juni</b>							
	22. KW	Intern	TÜV: Finale Abnahme der Strecke mit Beschilderung	Stadt + Kreis			
	22. KW	Allgemein	PM: SOfia lernt die Strecke kennen	RLG + Kreis	x	x	x
	22. KW	Intern	Training 2 Operatoren	EasyMile + RLG			
	23. KW	Allgemein	PM: Vom Busfahrer zum Operator	RLG + Kreis	x	x	x
	23. KW	Intern	Haltestellen aufbauen	RLG			x
	24. KW	Anwohner	Verteilung Infokarten an PKW entlang der Strecke	RLG + Kreis			x
	26. KW	Pressetermin	Erste Fahrt SOfia	Kreis + Stadt+ LWL + RLG	x	x	x
<b>Juli</b>							
	27. KW	Anwohner	Verteilung Infokarten an PKW entlang der Strecke	RLG + Kreis			x
	27. KW	Allgemein	Betriebsstart	RLG + Kreis	x	x	x

Abbildung 16: Zeitplan Öffentlichkeitsarbeit (Kreis Soest)

Der Fokus lag zunächst auf dem Schaffen eines Images und eines Designs für „SOfia“. Das entwickelte Fahrzeugdesign ist Abbildung 17 zu entnehmen. Die Folierung des Fahrzeugs erfolgte im April 2021.



Abbildung 17: Fahrzeugdesign SOfia (RLG, Kreis Soest)

Zur Information der Anwohner wurde an alle Haushalte entlang der Strecke eine Anwohnerinformation verteilt und zu einem Bürgerdialog eingeladen.

Der Bürgerdialog Ende April 2021 konnte wegen der anhaltenden Pandemielage leider nur digital im Online-Format durchgeführt werden. Diese Form der Umsetzung hat sich nicht bewährt. Die Teilnehmerzahl war sehr gering, Beiträge aus der Bürgerschaft blieben leider aus.

Ab der Anlieferung des Fahrzeugs durch EasyMile Anfang März 2021 begann eine Videodokumentation des Projektes. Ein Filmteam erstellte zu allen wichtigen Schritten und Inhalten kurze Clips. Diese dienen zur Präsentation des Vorhabens und wurden außerdem fortlaufend projektbegleitend für die Vermarktung auf den Social-Media-Kanälen von Kreis Soest, RLG und LWL genutzt. Der Abschlussfilm wird aktuell abgestimmt und im Anschluss auf der Webseite veröffentlicht.

Im Rahmen der Betriebsvorbereitungen wurden im Mai und Juni 2021 zwei Pressetermine durchgeführt.

#### Termin „Zulassung SOfia“

Im Mai 2021 fand der offizielle Zulassungstermin von SOfia mit der Landrätin Frau Irrgang, dem Bürgermeister der Stadt Soest Herr Dr. Ruthemeyer, Herrn Pieperjohanns von der RLG und Herrn Dr.

Miethaner vom Bundesverkehrsministerium statt (vgl. Abbildung 18). Der Termin fand auf dem RLG Betriebshof in Soest statt.



Abbildung 18: Termin Zulassung (RLG, Kreis Soest)

#### Termin „Erste offizielle Fahrt von SOfia“

Am 28.06.2021 wurde in einer Feierstunde mit dem ehemaligen NRW Verkehrsminister Hendrik Wüst die erste offizielle Fahrt von „SOfia“ durchgeführt. Der Pressetermin fand beim LWL Berufsbildungswerk statt.



Abbildung 19: Pressetermin am 28.06.2021 (Kreis Soest)

Neben den beiden Presseterminen wurden regelmäßig Pressemitteilungen zur Information der Öffentlichkeit veröffentlicht. Neben den Pressemitteilungen wurden auf den Social-Media-Kanälen des Kreises Soest, der RLG und des LWL über das Projekt berichtet (vgl. Abbildung 20)

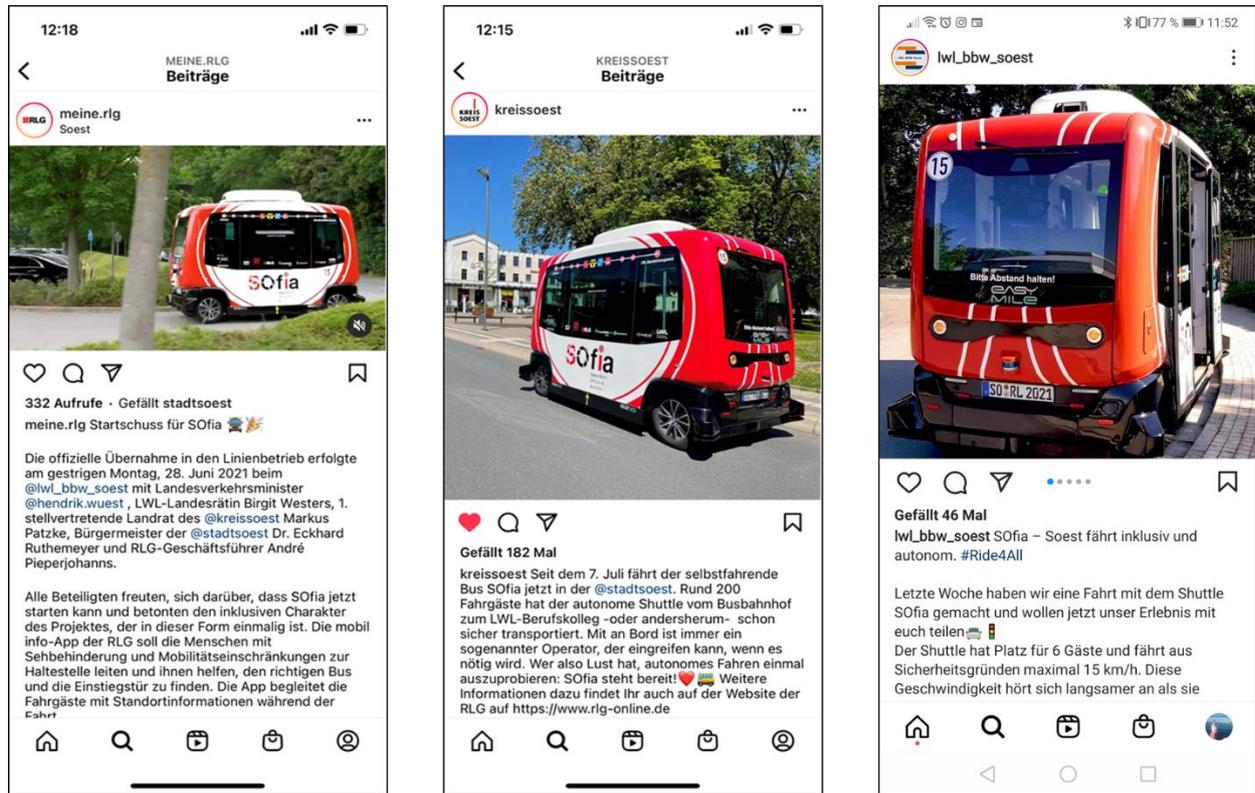


Abbildung 20: Beispiele Instagram Beiträge Projekt (Kreis Soest, RLG, LWL)

Für die Fahrgastinformation wurde ein Flyer (vgl. Anhang 8: Flyer SOfia) mit Informationen zu dem Projekt, dem Fahrplan sowie einer Darstellung des Linienweges erstellt und verteilt (zwei Auflagen, zweite Auflage mit geänderten Fahrplanzeiten). Für die Haltestellen entlang des Linienweges wurde ergänzend zu den Aushangfahrplänen ein Aushang mit allen wichtigen Informationen zu dem Vorhaben erstellt. Als weiteres Printmedium wurde eine Information mit Hinweis zur Rücksichtnahme beim Parken erstellt und entlang des Linienweges verteilt (vgl. Abbildung 21).



Abbildung 21: Parkinformation (RLG, Kreis Soest)

## 2.5 Konzept zur Barrierefreiheit und Sozialen Akzeptanz

An dieser Stelle wird auf den Ablauf und die Planung des Forschungsschwerpunktes eingegangen. Die Ergebnisse der Forschung sind dem „Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonomen fahrenden Bussen“ zu entnehmen.

### 2.5.1 Soziale Akzeptanz

Zur Förderung der sozialen Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im Allgemeinen und zur Motivierung potentieller Teilnehmerinnen und Teilnehmer an den praktischen Erprobungen im Besonderen, lag die Aufgabe in Einführungs- und Informationsveranstaltungen für Menschen mit Beeinträchtigungen.

Das Knüpfen von ersten persönlichen Kontakten, das Heranführen an das Thema und die offene Gruppendiskussion lagen im Zentrum der Einführungs- und Informationsveranstaltungen. Hierzu wurde das LWL-BBW Soest zur letzten Jahressitzung der BAKS<sup>1</sup> im Oktober 2020 eingeladen. Diese Veranstaltung war durch die damalige Coronaschutzverordnung personell limitiert und fand unter Ausschluss der Öffentlichkeit statt. Sie war ausschließlich für die Hauptansprechpartner der einzelnen Selbsthilfegruppen, welche der BAKS<sup>1</sup> angehören, geplant. Für dieses Meeting wurde eigens eine PowerPoint Präsentation (s. Anhang 3: Präsentation „Einstieg autonomes Fahren“) erstellt. Die TN hatten im Anschluss an die Vorstellung die Möglichkeit sich im Rahmen einer Gruppendiskussion zum Thema zu äußern und Fragen zu stellen. Hierdurch war es möglich, die ersten Barrieren und Ängste von potentiellen Probanden zu identifizieren und – soweit in diesem Format möglich – zu entkräften. Mittels der Präsenzveranstaltung konnten die ersten Personen motiviert werden an der Erprobung des verwendeten Fahrzeuges teilzunehmen. Die Multiplikatoren wurden motiviert, sich aktiv an dem Projekt zu beteiligen, um die eigenen Bedürfnisse und Belange für zukünftige autonome Fahrzeuge mit einzubringen.

Nach dieser Sitzung verschärfte sich die Gesetzeslage der CoronaSchVO des Landes, sodass vorerst keine persönlichen Treffen stattfinden konnten.

Nachdem im vierten Quartal 2020 keine Besserung der Corona-Lage zu erwarten war, entschloss sich das LWL-BBW Soest, seine Kampagne auf digitaler Basis in Form von Web-Seminaren fortzuführen. Bevor diese stattfinden konnten musste zunächst telefonisch ein Erstkontakt zu den Multiplikatoren der einzelnen Selbsthilfegruppen in Soest (Down-Syndrom | Gesprächskreis Soest, Blinden- und Sehbehindertenverein Westfalen e.V., PRO Retina Soest, EUTB, DBSV | Gemeinsamer Fachausschuss für Umwelt und Verkehr NRW, CI-Aktiv | Cochleaimplantat Soest, Schlaganfallgruppe | Selbsthilfegruppe Soest, Verein für Körper- und Mehrfachbehinderte Kreis Soest e.V.) aufgebaut werden. Im Anschluss daran wurden zwei Termine für Onlinemeetings vereinbart. Alle interessierten Gruppen wurden über den E-Mail-Verteiler der BAKS<sup>1</sup> und der Kontakt- und Informationsstelle für Selbsthilfegruppen des Kreises Soest eingeladen. In den Videomeetings wurde dieselbe Präsentation wie in der vorangegangenen Sitzung der BAKS<sup>1</sup> benutzt.

Anlässlich der nach wie vor bestehenden Kontaktbeschränkungen im ersten Quartal des zweiten Projektjahres beschloss das LWL-BBW Soest das Webseminar auch für überregional interessierte Personen (vgl. Kapitel 1.5) anzubieten, um sicher zu gehen, dass eine ausreichende Zahl von Probanden für den immer kürzer werdenden Zeitraum, in dem praktische Erprobungen durchgeführt werden könnten, akquiriert werden kann. Der Radius der kontaktierten Personen wurde erweitert. Mangels persönlicher Betroffenheit von Mobilitätseinschränkungen im Alltag oder der Entfernung nach Soest blieb die Akquise aus den umliegenden Kreisen Hamm und Beckum erfolglos. Über weitere telefonische Projektvorstellungen konnte das Leitungsteam der Landesgruppe NRW der PRO RETINA Deutschland e.V.

---

<sup>1</sup> Behinderten-Arbeitsgemeinschaft Kreis Soest

auf „Ride4All“ aufmerksam gemacht werden. Da die PRO RETINA Deutschland e.V. ein hohes Interesse an dem Thema zeigte wurde mit circa 50 interessierten Mitgliedern ebenfalls eine Webkonferenz im zweiten Quartal des zweiten Projektjahres durchgeführt. Dieses Online-Meeting fand zusammen mit Vertretern des Kreises Soest statt. Gemeinsam konnten Barrieren abgebaut und förderpolitische Ziele besprochen werden.

Wie bereits beschrieben wurden alle bis dahin bereits gesammelten Ergebnisse aus den Kontakten mit den Selbsthilfegruppen und den anderen Projekten sowie der später beschriebenen Literaturrecherche und der Vorabbefragung der mit der wissenschaftlichen Begleitung und Auswertung beauftragten Interlink GmbH zur Verfügung gestellt.

## **2.5.2 Barrierefreiheit**

Auf der Basis der unter Kapitel 1.4 beschriebenen Literaturrecherchen widmete sich das Projektteam zunächst der im Projekt verwendeten ÖPNV-App „mobil Info“, mit deren Hilfe während der praktischen Erprobungen die Kommunikation mit dem Versuchsfahrzeug sichergestellt werden sollte. Die App war dem gesamten Konsortium bereits bekannt, da sie u.a. ein fester Bestandteil in der Unterweisung zur Nutzung des ÖPNV von Menschen mit Behinderungen im Rahmen der beruflichen Rehabilitationsmaßnahmen im LWL-BBW Soest ist. Sie beinhaltet neben den gängigen, barrierefreien Nutzerfunktionen verschiedene Servicefunktionen für Menschen mit Behinderungen wie z.B. die Auslösung des Haltewunsches, des Türfindesignal oder von Haltestellenansagen. Mit Blick auf das Projekt wurde ihr Entwicklungsstand zunächst durch die Fachkräfte des LWL-BBW Soest erprobt. Im Anschluss daran fanden Probefahrten mit konventionellen Linienbussen im ÖPNV mit circa 20 sehbeeinträchtigten Auszubildenden des Hauses unter Nutzung der mobil info-App statt. Entsprechende Erfahrungsberichte und Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Applikation wurden im Projektkonsortium besprochen.

Gleichzeitig wurde der Ansatz verfolgt, Probleme von Menschen mit Beeinträchtigungen im konventionellen ÖPV zu dokumentieren. Somit wurde eine Ist-Stand Analyse des gegenwärtigen Mobilitätsverhaltens erstellt. Mittels einer Befragung wurde die derzeitige Zugänglichkeit von Bussen und Bahnen, wie auch Vermeidungs- und Kompensationsstrategien der Nutzer mit Einschränkungen aufgrund mangelhafter Barrierefreiheit sichtbar. Hierzu wurde ein eigens entworfener Fragebogen im Nachgang der oben beschriebenen Webkonferenzen an die interessierten Menschen mit Beeinträchtigungen versandt.

Da es nicht zu der gewünschten Rückmeldung kam wurde er zusätzlich von den Teilnehmern des LWL Berufsbildungswerks ausgefüllt, dieses wirkte sich auf die erhöhte Anzahl im Spektrum der 18-35-Jährigen aus. Insgesamt wurden bei der Befragung 42 Personen befragt (vgl. Abbildung 22). Da ein Großteil der untersuchten Teilnehmer eine Seheinschränkung hatte und es dem Grundgedanken des Projektes entspricht, war es von hoher Bedeutung das Dokument in einer zusätzlichen barrierefreien digitalen Version zu erstellen.

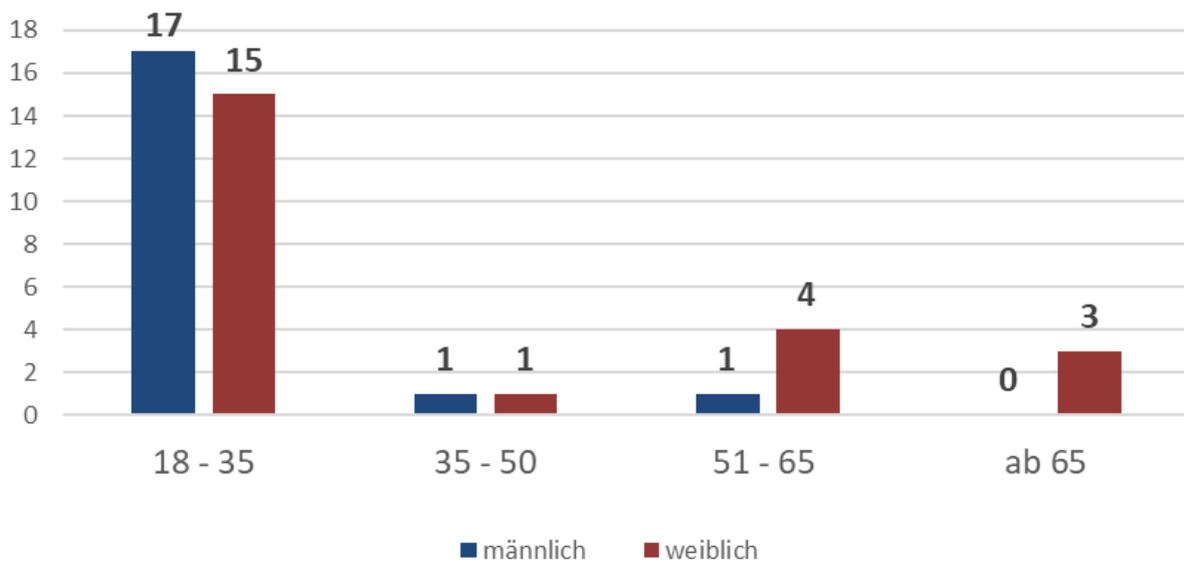


Abbildung 22: Altersstruktur Fragebogen Aktueller Ist-Stand ÖPNV (LWL Berufsbildungswerk)

Bei dem Fragebogen, der auf freiwilliger Basis auszufüllen war, fiel auf, dass sich beide Geschlechter gleichwertig angesprochen fühlten bezogen auf Problematiken im ÖPNV. Daraus lässt sich schließen, dass die auftauchenden Schwierigkeiten nicht auf die Geschlechterverteilung zurückzuführen sind (vgl. Abbildung 23).

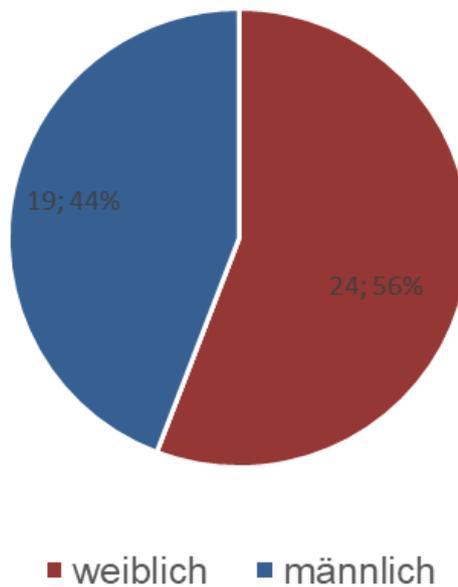


Abbildung 23: Verteilung Geschlecht (LWL Berufsbildungswerk)

Eine Verteilung entsprechend der Behinderungsarten der Befragten aus der Vorabbefragung ist in Abbildung 24 zu finden.

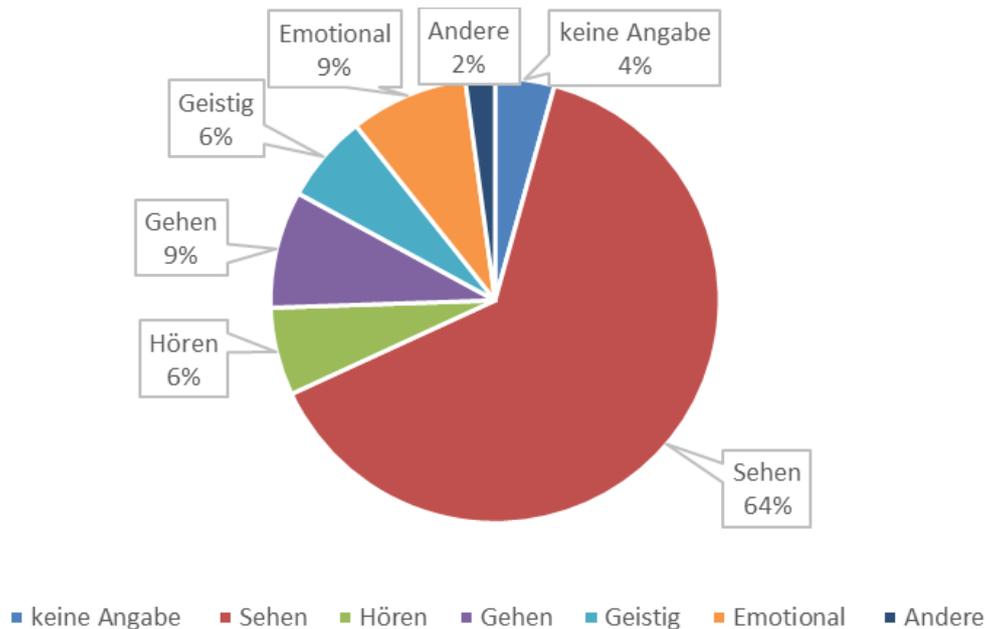


Abbildung 24: Gesamtverteilung der Beeinträchtigungen (LWL Berufsbildungswerk)

Neben der Erhebung des Nutzungsverhaltens lag der Schwerpunkt auf der Wahrnehmung von Problematiken und Schwierigkeiten, die Menschen mit Beeinträchtigungen im ÖPNV erleben. Die am häufigsten genannten Aussagen sind im Folgenden aufgelistet:

- Erfragen der korrekten Buslinie
- nicht ausreichend kontrastreiche Beschilderung am Bus
- Gleisänderung am Bahnhof
- Zu kurze Zeitfenster beim Gleiswechsel

Die Resultate der Vorabbefragung wurden dem Projektbüro zugänglich gemacht, sodass diese im Kontext des Entwurfes des neuen Fragebogens berücksichtigt werden konnten.

### 2.5.3 Planung und Durchführung der Probefahrten

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den durchgeführten Probefahrten und ist in die Planung, Durchführung und Ergebnissicherung gegliedert.

#### Planung:

Für eine einheitliche Abstimmung und Einbettung der Workshops in den Betriebsfahrplan musste eine Projektpartnerübergreifende Abstimmung zwischen dem LWL, dem Kreis Soest als Konsortialführer und der RLG als umsetzendes Organ stattfinden. Zusammen einigten sich die Partner auf eine feste Terminserie, sodass das angemietete Fahrzeug für die Umsetzung der Probefahrten dem LWL-BBW Soest zur Verfügung stand. Der Zeitraum der Workshops wurde auf August 2021 bis Oktober 2021 festgelegt. Die Workshops fanden mittwochs zwischen 9 Uhr und 13 Uhr statt.

Eine Festlegung der Gruppengröße, Koordinierung der Termine, Anwerben der Probanden, Informationsweitergabe, etc. oblag dem LWL-BBW Soest. Die Planung beinhaltete, dass die Gruppengröße aus organisatorischen Gründen acht Personen nicht überschreiten sollte. Sofern die Teilnahme von Rollstuhlfahrern an einem Workshop geplant war, wurde die Anzahl der Teilnehmenden aufgrund der

begrenzten Kapazität des Busses um je drei Personen reduziert. Nachdem die Termine feststanden, wurden sie in einem passwortgeschützten Bereich der Homepage des LWL-BBW Soest für alle Teilnehmer einsehbar eingestellt. Im Anschluss an den Betriebsurlaub des LWL konnten sich die Interessierten für ihren gewünschten Termin anmelden. Entsprechend der Kontakte zu den Fachverbänden und Selbsthilfegruppen wurden wiederholt Veränderungen in der Terminierung vollzogen. Hierzu wurden der Kreis Soest und die Interlink GmbH kontinuierlich vom LWL mit einbezogen. Des Weiteren wurden auch die inhaltlichen Kernaspekte und der Ablauf mit ihnen abgestimmt. Organisation und Ablauf der Workshops befinden sich in Anhang 4: Ablauf Workshops.

Durch die vorherige Erprobung im Umgang mit der App „mobil info“ stellte es sich heraus, dass die Bedienung so komplex ist, dass sie nicht innerhalb der Workshops vermittelt und während der Probefahrten genutzt werden kann, ohne die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden auf das Fahrerlebnis selbst zu beeinträchtigen. Dementsprechend wurde die „mobil-info“-App nicht im Kontext der Workshops verwendet, sondern mittels gesonderter Einzelfahrten getestet (vgl. Kapitel 2.5.3.1). Mittels der Netzwerke des LWL-BBW Soest konnten für die Einzelsettings der App mit GeoMobile geeignete Kandidaten gefunden werden, die die „mobil Info“ regelmäßig nutzen. Eine Befragung der erfahrenen Nutzerinnen und Nutzer wurde somit ermöglicht und ihre Aussagen nach den Probefahrten mit der App konnten aufschlussreiche Ergebnisse liefern.

#### Durchführung:

Die Workshops wurden wie folgt gegliedert:

- 1) **Corona-Test:** Abhängig von der jeweils geltenden Corona-Schutzverordnung wurde ein Corona-Test der Teilnehmenden eingeplant einschl. Wartezeit.
- 2) **Vorstellungsrunde:** Der eigentliche Workshop begann mit einer Vorstellungsrunde, um die teilnehmenden Personen, die z. T. unterschiedlichen Selbsthilfegruppen angehörten, mit dem Personal und untereinander vertraut zu machen.
- 3) **Ziele des Projektes:** Es folgte eine Präsentation, in der die Ziele des Projektes und zusätzliche Daten zum Projekt durch die Mitarbeiter des Hauses und des Kreises Soest vorgestellt wurden, um alle Teilnehmenden auf den gleichen Kenntnisstand zu bringen.
- 4) **Fragerunde:** Im Anschluss hatten die Probanden die Möglichkeit erste offene Fragen im Kontext des Themas zu klären.
- 5) **Aufteilung in 2 Kleingruppen:** Nach der Fragerunde wurde die Gruppe (max. 8 Personen) in zwei weitere Kleingruppen mit je max. 4 Personen aufgeteilt.

#### *Gruppe 1:*

- a. **Kennenlernen des Fahrzeugs:** Die erste Kleingruppe erhielt die Möglichkeit, das Fahrzeug im Ruhezustand kennenzulernen. Nach dem Einstieg wurden fahrzeugbezogene Fragen beantwortet. Blinde Teilnehmende hatten die Möglichkeit, das Fahrzeug zu ertasten.
- b. **Probefahrt:** Nach dem Kennenlernen des Fahrzeugs begaben sich die Teilnehmenden der ersten Kleingruppe zur nahegelegenen Bushaltestelle (mit Hochbord und Bodenindikatoren) und begannen dort die Probefahrt. Die Gruppe wurde von einem Mitarbeiter als teilnehmender Beobachter und Protokollant begleitet.

- c. **Erhebung der Erfahrungen:** Nach der Rückkehr der ersten Gruppe in den Seminarraum füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen zu ihren Erkenntnissen und Erfahrungen während der Probefahrt aus. Die technischen Rahmenbedingungen entsprachen dabei denjenigen des ersten Fragebogens
- d. **Fragebogen zum Mobilitätsverhalten:** Danach füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen zu ihrem Mobilitätsverhalten aus.

#### *Gruppe 2:*

Während Gruppe 1 das Fahrzeug kennenlernte und die Probefahrt absolvierte, blieb die zweite Kleingruppe im Raum, und füllte in Begleitung oder allein einen Fragebogen zum eigenen Mobilitätsverhalten aus. Im Speziellen beachtete das Fachpersonal des LWL-BBW Soest mögliche kognitive, visuelle oder motorische Einschränkungen beim Ausfüllen und gab bei Bedarf Hilfestellung. Für die sehingeschränkten Personen wurde der Fragebogen in Braille-Schrift angeboten.

- 6) **Gruppenwechsel:** Nach dem Ausfüllen des Fragebogens und der Rückkehr der ersten Kleingruppe wechselten die Kleingruppen. Die zweite Kleingruppe begab sich zum Fahrzeug und führte die Probefahrt durch. Danach füllte die erste Gruppe den Fragebogen zur Probefahrt aus.
- 7) **Fokusgruppendifkussion:** Nach Abschluss der Probefahrten und dem Ausfüllen der Fragebögen trafen sich beide Gruppen wieder im Seminarraum. Auf der Basis eines Leitfadens (s. Datei 9), den die Interlink GmbH mit dem LWL-BBW Soest entwickelt hatte, wurde eine Fokusgruppendifkussion durchgeführt. Die Diskussion wurde zur nachträglichen Auswertung aufgezeichnet.
- 8) **Verabschiedung:** Nach Abschluss der Fokusgruppendifkussion wurden die Teilnehmenden verabschiedet.

Die Abbildung 25, Abbildung 26 und Abbildung 27 geben Aufschluss über Anzahl und Art der Workshops sowie über die Teilnehmerverteilung.

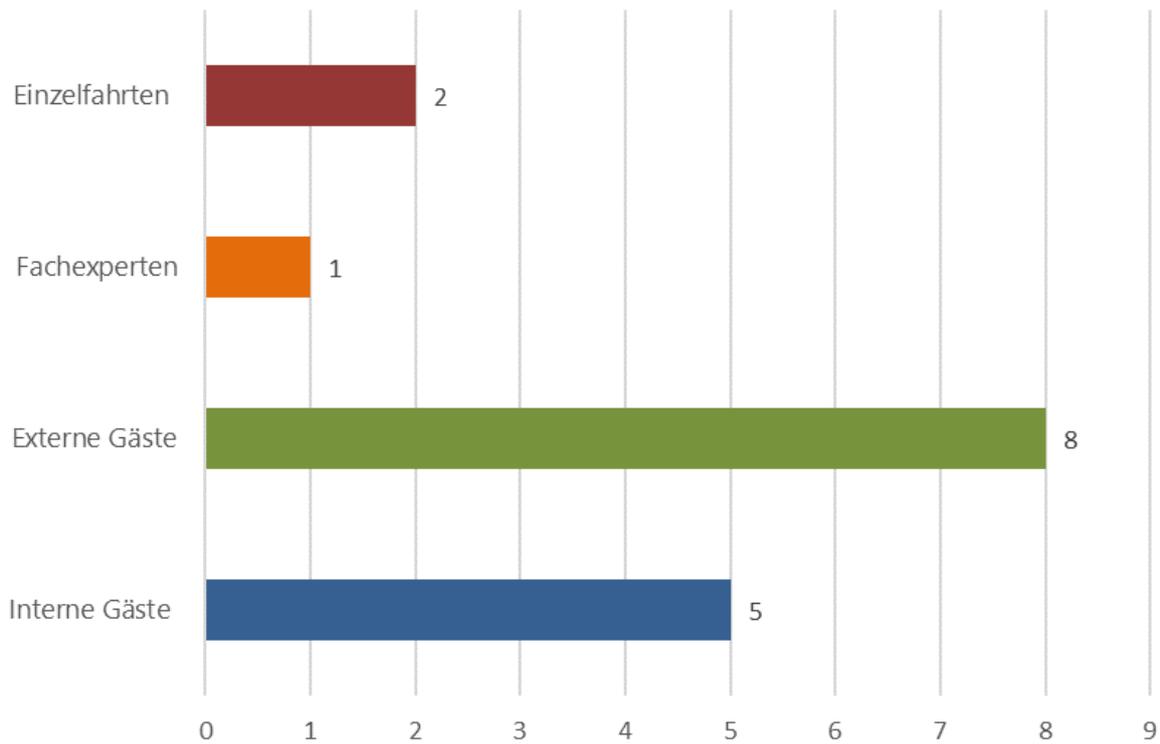


Abbildung 25: Anzahl Workshops (LWL Berufsbildungswerk)

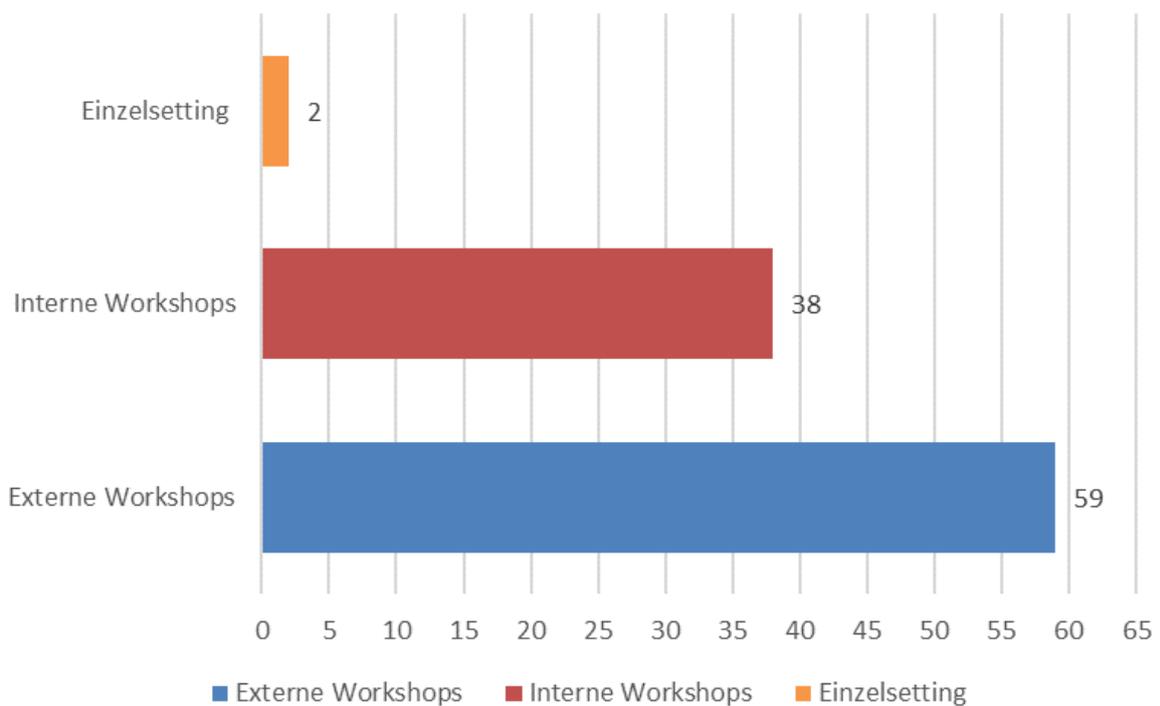


Abbildung 26: Aufteilung Workshop-Teilnehmende gesamt (LWL Berufsbildungswerk)

Für die Teilnahme an den Workshops konnten Menschen mit unterschiedlichen Beeinträchtigungen motiviert werden. Es waren Personen mit einer visuellen, auditiven, geistigen, emotionalen und

sozialen, sinnes- und Mobilitätseinschränkungen vertreten. Eine detaillierte Aufteilung der Behinderungsarten folgt in der nachstehenden Abbildung 27.

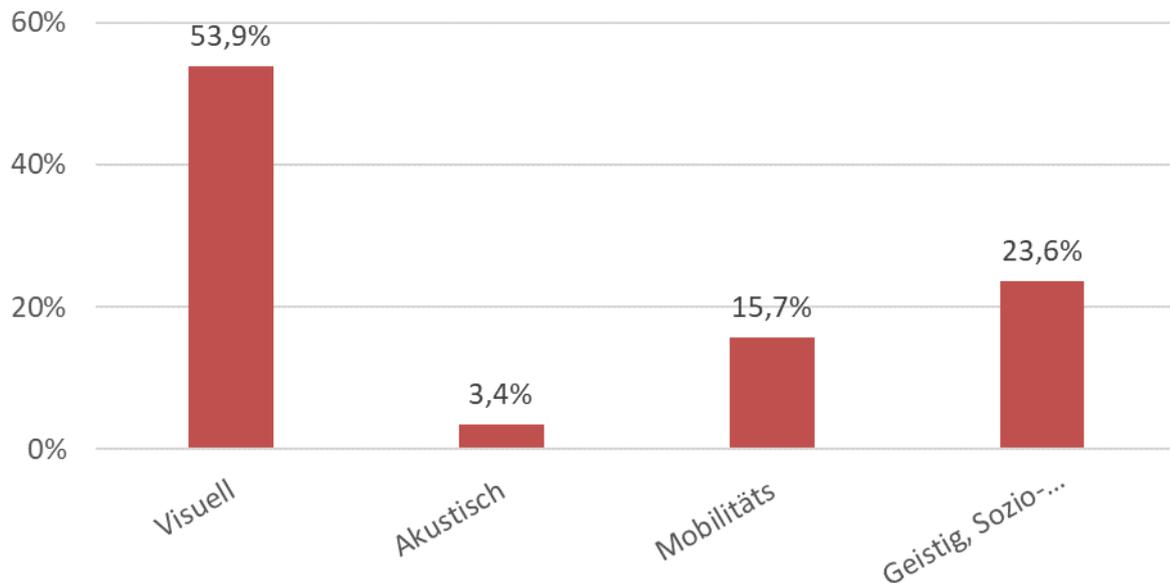


Abbildung 27: Verteilung der Behinderungsarten (LWL Berufsbildungswerk)

Blinde und sehbehinderte Personen sind mit 54 % deutlich überrepräsentiert. Dies ist auf die Teilnahme der Auszubildenden des LWL-BBW Soest und Netzwerkkontakte des Hauses zurückzuführen. Die hohe Anzahl jugendlicher Rehabilitanden schlägt sich auch in der Altersverteilung der Probanden nieder (vgl. Abbildung 28).

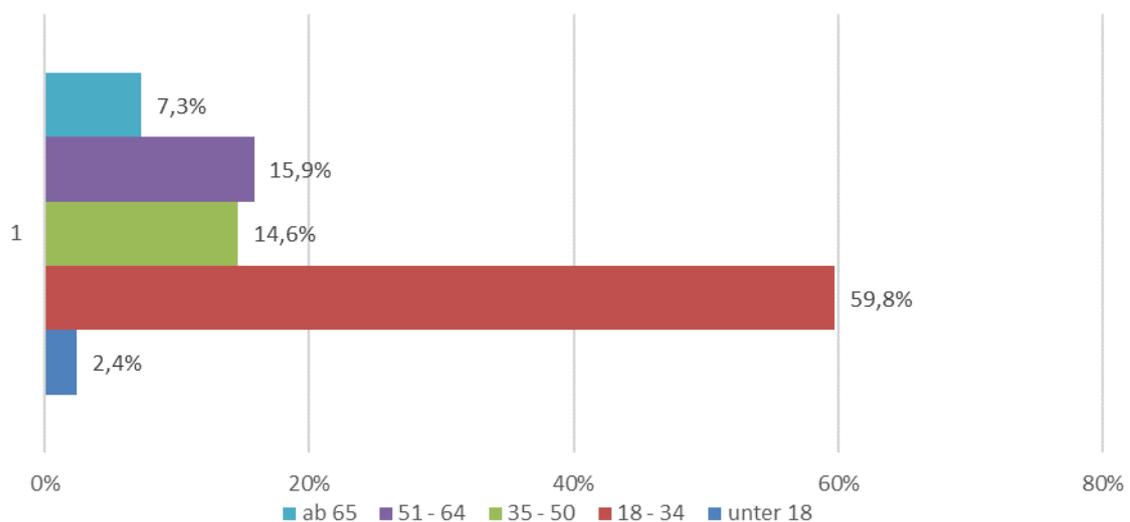


Abbildung 28: Altersverteilung der Teilnehmer (LWL Berufsbildungswerk)

Der hohe Anteil jugendlicher Rehabilitanden dürfte sich auch auf die Geschlechterverteilung ausgewirkt haben, da im langjährigen Schnitt ca. 60 % der Teilnehmenden im LWL-BBW Soest männlich sind. Darüber hinaus mag eine Rolle gespielt haben, dass das eher technische Thema eher männliche Probanden interessierte (vgl. Abbildung 29).

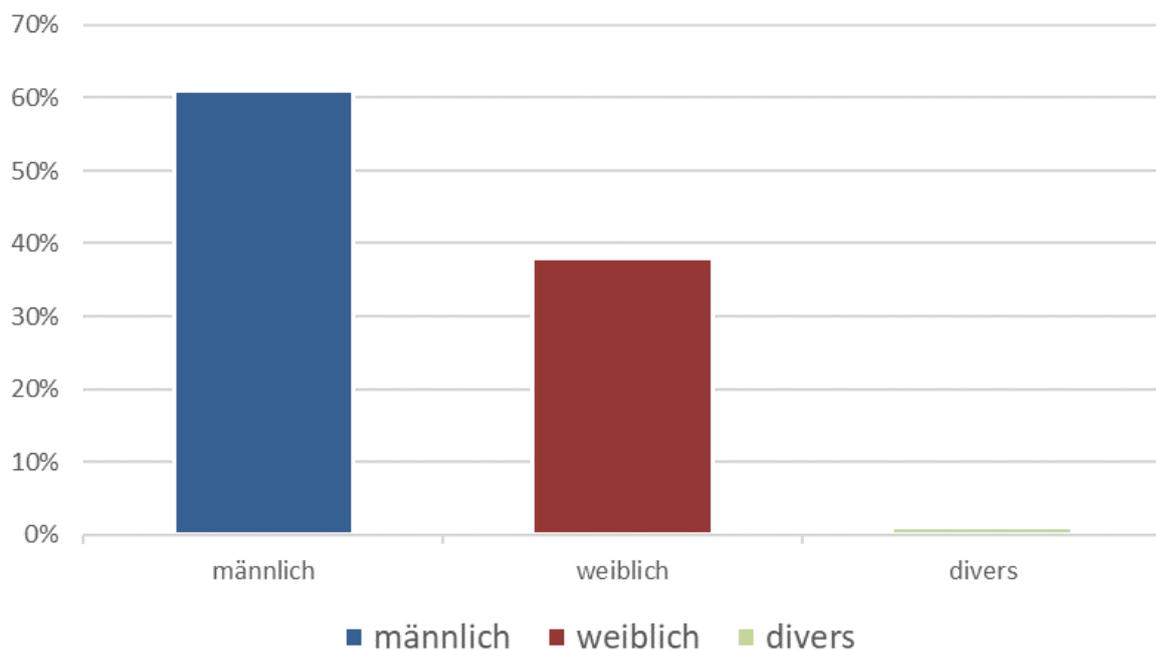


Abbildung 29: Geschlechtsverteilung (LWL Berufsbildungswerk)

#### Ergebnissicherung:

Die Datenerhebung und die Ergebnissicherung erfolgten – wie oben beschrieben – durch zwei Teilnehmer-Fragebögen, einen Beobachtungsbogen und eine Fokusgruppendifkussion.

Die beiden Teilnehmerfragebögen wurden vom LWL-BBW Soest entwickelt und nach einem PreTest mit Rehabilitanden des Hauses zusammen mit der Interlink GmbH überarbeitet. Für die Erstellung des Beobachtungsbogens (vgl. Anhang 2: Beobachtungsbogen) wurde ein chronologisch sortierter Handlungsablauf entsprechend der in Kapitel 1.4 beschriebenen Grundfertigkeitenliste erstellt, wie sie im Rahmen der Unterweisung in Orientierung & Mobilität von Menschen mit Sehheinschränkungen genutzt wird. Sie wurden in jeder Probefahrt durch eine Rehabilitationsfachkraft für O & M zur Dokumentation der teilnehmenden Beobachtung ausgefüllt. Besondere Beobachtungen wurden in den Fokusgruppendifkussionen thematisiert.

Das dritte Verfahren war eine leitfadengestützte Gruppendiskussion (vgl. Anhang 5: Leitfaden Gruppendiskussion). Um die Aussagen möglichst vollständig in die Auswertung mit aufnehmen zu können, wurde ein schriftliches Gesprächsprotokoll (vgl. Anhang 6: Protokoll Gruppendiskussion) von einer Verwaltungsfachkraft angefertigt. Zusätzlich wurden die Fokusgruppendifkussionen elektronisch über einen Laptop aufgezeichnet. Zur Wahrung der Persönlichkeitsrechte und des Datenschutzes (vgl. Anhang 7: Datenschutzhinweise) bekamen die Teilnehmer zu Beginn der Diskussion einen Hinweis, und sie wurden um Zustimmung gebeten. Waren sie nicht einverstanden, konnte alternativ an einer Flipchart gearbeitet werden.

Im Nachgang zu den Workshops wurden alle Dokumente eingescannt und über die IT-Anwendung SharePoint in regelmäßigen Abständen der Interlink GmbH zur Auswertung zugänglich gemacht. Dieses Verfahren hat sich bewährt, da durch den Online-Zugang alle beteiligten Personen zeitnah und dauerhaft die Gelegenheit hatten, auf alle Dokumente zuzugreifen.

Sofern es Unsicherheiten und Unstimmigkeiten zum Ablauf der Veranstaltung gab, fand ein kurzfristiger Austausch statt. Sofern erforderlich, konnten Veränderungen und Anpassungen vorgenommen werden.

Die detaillierte Auswertung der im Workshop erhobenen Daten wurde durch das Projektbüro Interlink GmbH durchgeführt. Auf die konkrete Darstellung von Ergebnissen wird daher in diesem Abschlussbericht verzichtet und auf das „Konzept zur Barrierefreiheit und Sozialen Akzeptanz“ verwiesen. Das Dokument kann auf den Web-Seiten Ride4All unter <https://ride4all.nrw/veroeffentlichungen> sowie nav4blind unter <https://www.nav4blind.de/projekte/ride4all/> eingesehen und heruntergeladen werden.

### **2.5.3.1 Testfahrten mobil info**

Durch GeoMobile wurden Testfahrten mit sehbeeinträchtigten Personen unternommen und protokolliert. Die Testfahrten hatten einen qualitativ ausgelegten Hintergrund. Daher wurde darauf geachtet Testpersonen auszuwählen, die einen möglichst großen Teil des Sehbeeinträchtigungsspektrums abdecken.

Anfang Oktober wurden insgesamt neun Testfahrten mit Personen mit unterschiedlichsten Arten von Sehbeeinträchtigungen durchgeführt.

Während der Testfahrten war es möglich, den Testpersonen allgemeine Fragen zu Ihrer Person, zum technischen Verständnis, zu Erwartungen an die Fahrt mit dem autonomen Bus „Sofia“, sowie zur Anwendung „mobil info“ zu stellen. Zusätzlich wurde die Bedienung der Anwendung beobachtet und protokolliert.

Bei den Testfahrten zeigte sich deutlich, dass die Geschwindigkeit, sowie die Genauigkeit bei der Bedienung der Anwendung nicht abhängig von der Art und Schwere der Sehbeeinträchtigung ist. Vielmehr sind Übung im Umgang mit der Anwendung und ein generelles Interesse und Verständnis bei der Handhabung von Smartphones die ausschlaggebenden Punkte für eine zielsichere Bedienung der Anwendung.

Die Befragungen im Hinblick auf die Anwendung zeigten einige Gemeinsamkeiten bei den Vorschlägen und Ideen der Testpersonen. Ein häufiger Wunsch war die Implementierung eines Dark Modes, da dieser als angenehmer für die Augen empfunden wurde und laut Aussage einiger Testpersonen die Anwendung ebenfalls besser erkennbar macht. Zudem könne eine bessere Erkennbarkeit durch einen kontrastreicherem Modus ermöglicht werden. Dies wünschten sich ebenfalls mehrere Testpersonen. Weiterhin zeigte sich, dass nicht alle Testpersonen bei jeder Fahrt eine Unterstützung benötigen und auch auf Teile der Anwendung, insbesondere bei bekannten Strecken verzichten können. Für die Bedienung des Fahrzeugradars wünschten sich einige Personen, dass dieses automatisiert ein Einfahren per Benachrichtigung oder „Widget“ signalisiert und die Funktionen zur Kommunikation mit dem Fahrzeug bereitstellt.

Zusätzlich merkten die Testpersonen einige Punkte zur Erkennbarkeit bestimmter Tasten, sowie zu Voreinstellungen bei aktivierter Voice-Over Funktion des Smartphones an, die eine vereinfachte Bedienung ermöglichen.

## **2.6 Schwerpunkt Entwicklung KI-Technologien**

Im Abschluss des Fahrzeug-Vergabeverfahrens hat der Hersteller EasyMile den Zuschlag bekommen. Damit war verbunden, dass das Fahrzeug nicht käuflich erworben, sondern für die Projektlaufzeit über einen Leasingvertrag bereitgestellt wird. Infolge dessen sind sämtliche nicht vollständig rückführbaren Veränderungen am und im Fahrzeug untersagt. Dies hatte umfangreiche Auswirkungen auf die Arbeiten von Fraunhofer FOKUS im AP3.3. Diese sind im Abschnitt 2.6.2 detailliert beschrieben.

Auch die im Arbeitspaket 2.5 geplanten Arbeiten sind davon betroffen und mussten entsprechend angepasst werden (s. auch Abschnitt 2.6.1). EasyMile stellt eine Webschnittstelle (API) zum Monitoring ausgewählter Fahrzeugparameter während des Betriebs bereit. Statt der im AP 2.5 ursprünglichen geplanten Infrastrukturmaßnahmen, wie u.a. der Montage zusätzlicher Sensorik, wurden stattdessen

geeignete Schnittstellen zur Kommunikation mit der EasyMile API für die folgenden Parameter programmiert und getestet:

- Fortlaufende Positionsangaben mit Geschwindigkeit und Richtung
- Türöffnungszustand
- Halteposition des Fahrzeugs

### **2.6.1 AP 2.5: Ermittlung, Beschaffung und Installation der notwendigen Infrastruktur für die Rollstuhlfahrer/Kinderwagenerkennung sowie die barrierefreie Zielführung**

Im Projekt betrifft dies insbesondere Infrastrukturmaßnahmen in Zusammenhang mit den Arbeitspaketen AP 3.2: Untersuchung moderner KI Verfahren zur Identifikation von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen sowie AP 3.4: Prototypische App zur barrierefreien Zielführung der Nutzenden zum Bus. Am bereitgestellten Leasingfahrzeug von EasyMile konnten keine Veränderungen vorgenommen werden, die nicht vollständig rückführbar waren. Um mit diesen Anforderungen eine Umsetzung von AP 3.2 realisieren zu können, musste ein Smartphone im Fahrzeuginnenraum an einer Scheibe so montiert werden, dass die Sicht des Sicherheitsfahrers nicht beeinträchtigt wird. Ausgehend von mehreren getesteten Varianten wurde im Hinblick auf eine hohe Erkennungsrate einerseits, und eine auflagenfreie Abnahme durch den TÜV andererseits, eine Montage an der Seitenscheibe neben der Tür des Fahrzeugs gewählt (Abbildung 33).

Um das Smartphone selbst an der Scheibe zu befestigen, musste eine Halterung entworfen werden, die einen sicheren Halt auch während der Fahrt gewährleistet und einen einfachen Wechsel des Smartphones erlaubt, sowie den Zugang zu den Bedientasten und der Ladebuchse ermöglicht. Die Abbildung 31 zeigt die durch 3D Druck hergestellte Halterung mit dem Smartphone. Zahlreiche Tests, unter anderem in Bussen in Berlin, haben gezeigt, dass die Halterung den vorstehenden Anforderungen genügt.

Die im Arbeitspaket 3.4 umgesetzte barrierefreie Zielführung bedarf einer hochgenauen Eigenpositionierung des Endgeräts (Smartphone) als Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Navigation. Die Analyse der realisierbaren Genauigkeit einer satelliten-gestützten Positionierung ergab, dass diese zu ungenau für die gestellten Projektziele ist. Darüber hinaus ist es damit nicht möglich die Ausrichtung des Nutzenden in Bezug auf den geografischen Norden zu ermitteln.

Zur Bestimmung der hochgenauen Eigenposition und Ausrichtung des Endgerätes wurde daher eine optische Positionsbestimmung mittels eindeutiger optischer Marker genutzt und umgesetzt.

#### **2.6.1.1 Ermittlung der Infrastruktur**

Zur Ermittlung der Infrastruktur wurden verschiedene Tests mit prototypischen Aufbauten durchgeführt. Da die optischen Marker mit der Front- sowie Rückkamera des Endgerätes erfasst werden, bedarf es einer Montage-Position, die höhergelegen ist und an der die optischen Marker in einem Winkel von 0°-55° (0° entspricht einer waagerechten Anbringung) montiert werden können. Darüber hinaus sollte die Erfassung durch das Endgerät aus sämtlichen, zum Zielpunkt führenden Positionen ermöglicht werden. Hierzu wurden die Haltestellen begutachtet und sowohl die Wartehäuschen als auch die Masten der Haltestellen auf ihre mögliche Verwendung als Trägerpunkte der Marker hin untersucht.

Die Halterungen wurden als modular aufgebaute Konstruktion entworfen, die eine stufenlose Neigung in der horizontalen Achse aufweist und zudem eine höhenverstellbare Montage der Marker in 4 Achsen ermöglicht. Darüber hinaus wurde beim Entwurf der Halterung und deren Montage auf

rückstandslose Demontage geachtet. In verschiedenen Langzeiterprobungen sind die verwendeten Materialien auf ihre Witterungsbeständigkeit hin überprüft und entsprechend ausgewählt worden.

Die Konstruktion wurde während des Integrationsmeeting in Soest an den ermittelten Positionen teilweise montiert und die benötigte optimale Größe und Neigung der Marker ermittelt.

### 2.6.1.2 Beschaffung der Infrastruktur

Auf Basis dieser modularen Konstruktion wurden die endgültigen Materialien in den benötigten Größenordnungen und Beschaffenheit festgelegt und für die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten produziert und vormontiert.

### 2.6.1.3 Installation der Infrastruktur

In einem weiteren Integrationsmeeting in Soest wurde die modularen Bestandteile der Konstruktion an den vorher abgestimmten Montage-Positionen installiert und eingemessen.

Hierzu wurden in den Haltestellen optische Marker flach an die Deckenstruktur mittels rückstandsloser Klebefestigung, sowie an den Masten der Haltestellen, die oben beschriebene Konstruktion als Schraubbefestigung angebracht (vgl. Abbildung 30).



Abbildung 30: Bsp. für die Montage der Marker im Haltestellenunterstand (Links) und Haltestellenmast (Mitte) am Bahnhof Soest sowie am Haltestellenmast der Haltestelle LWL (Rechts)

## 2.6.2 Entwicklung und Umsetzung einer hochgenauen Fahrzeug-Lokalisierung

In diesem Teilarbeitspaket war die Entwicklung und Umsetzung einer hochgenauen Georeferenzierung (ground truth) geplant. Die beiden nachfolgenden Arbeitspakete AP 3.2 und AP 3.4 (Kapitel 2.6.4 und 2.6.3) setzen u.a. auf der Kenntnis der genauen Position des Busses, sowohl während der Fahrt als auch an den Haltestellen auf. Diese wird einerseits für die Aktivierung und Deaktivierung der Objekterkennungsalgorithmen von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen bei der Ein- und Ausfahrt des Busses in den Haltestellenbereich benötigt. Anderenfalls könnte es zu unerwünschten, zusätzlichen Objekterkennungen während der Fahrt kommen. Andererseits ist die genaue Position während der Fahrt für die Berechnung der voraussichtlichen Ankunftszeit des Fahrzeugs an der Haltestelle, sowie die genaue Halteposition des Fahrzeugs für die barrierefreie Zielführung der Nutzenden zum Bus zwingend erforderlich.

Für die Umsetzung der Fahrzeug-Lokalisierung war geplant, die dafür erforderliche zusätzliche Sensorik am Fahrzeug zu montieren. Durch das im Rahmen des Fahrzeugvergabeverfahrens bereitgestellte Leasingfahrzeug von EasyMile konnten jedoch keine Veränderungen am Fahrzeug vorgenommen werden, die nicht vollständig rückführbar waren.

Um die Umsetzung der nachfolgenden Arbeitspakete nicht zu gefährden, wurde nach alternativen Möglichkeiten für eine hochgenaue Georeferenzierung des Fahrzeugs gesucht. Hierzu wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. So wurde unter anderem versucht, einen Zugang zu den Rohdaten der bereits im EasyMile Fahrzeug verbauten Sensorik (Lidar, Videokamera) zu erhalten. Diese Möglichkeit wurde von EasyMile nicht unterstützt. Zudem wäre die Latenz der Daten für die Weiterverarbeitung vorrausichtlich zu hoch gewesen.

Letztlich wurde auf die von EasyMile angebotene Programmierschnittstelle (API) zurückgegriffen. Untersuchungen hatten gezeigt, dass sowohl die Latenzzeit der Daten als auch deren Genauigkeit im noch tolerablen Bereich liegen.

Die im Arbeitspaket geplanten Aufwendungen wurden für die Untersuchungen und die Umsetzung des Datenzugriffs auf die API verwendet. Außerdem war ursprünglich im Projekt für das Arbeitspaket 3.2 (s. Abschnitt 2.6.3 „Untersuchung moderner KI Verfahren zur Identifikation von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen“) die Montage einer speziellen Kamera im Türbereich geplant, die im Ergebnis des Fahrzeugvergabeverfahrens auch nicht umgesetzt werden konnte. Zur Realisierung der alternativen Lösung mit dem Smartphone im Türbereich wurden erhebliche zusätzliche Mehraufwendungen benötigt, die auch aus dem Budget dieses AP's realisiert wurde.

In den Integrationstests am Zielfahrzeug konnte die Funktionalität und Zuverlässigkeit erfolgreich auch im Zusammenspiel mit den Modulen der anderen AP's demonstriert werden.

### **2.6.3 Untersuchung moderner KI Verfahren zur Identifikation von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen**

Eines der Ziele von Ride4All ist die Erforschung von neuen Technologien im Umfeld eines automatisierten Shuttle-Busses. Mit fortschreitender Reife des automatisierten Fahrens, werden zukünftig keine Sicherheitsfahrer mehr mit an Bord sein. Typische Aufgaben des Sicherheitsfahrers umfassen heutzutage, neben der Überwachung des Fahrzeugs, auch Funktionen im betrieblichen Ablauf, wie das Aus- und Einfahren einer Rampe z.B. für Fahrgäste in einem Rollstuhl.

In Ride4All entwickelte Fraunhofer FOKUS eine technische Lösung, die verwendet werden kann, wenn kein Sicherheitsfahrer im Shuttle anwesend ist, um zu erkennen, ob ein Rollstuhlfahrer oder eine Person mit Kinderwagen an einer Haltestelle steht, so dass nicht an jeder Haltestelle die Rampe ausgefahren werden muss. Dafür wurden neuronale Netze verwendet, die Rollstuhlfahrer oder Personen mit Kinderwagen erkennen können. Diese Software ist außerdem in der Lage, Kinderwagen zu erkennen, da für diese ebenfalls eine Einstiegsrampe vorteilhaft ist.

Ursprüngliche Planungen sahen vor, tatsächlich die im Shuttles-Bus vorhandene Rampe auszufahren. Die hierfür notwendige Anbindung an die Bus-Hardware ließ sich jedoch auf Grund von Einschränkungen des Shuttles-Busses nicht umsetzen, da im Moment vom Hersteller des Busses keine technische Schnittstelle hierfür vorgesehen ist. Stattdessen konnte eine Umsetzung durch ein akustisches Signal umgesetzt werden, das den Sicherheitsfahrer darauf hinweist, die Rampe auszufahren. In der weiteren Entwicklung kann das in der Zukunft durch das Anbinden einer Schnittstelle zum Ausfahren einer Rampe ersetzt werden.

Für die Integration von Hardware wurden verschiedene Konzepte untersucht. Eine erste Planung sah den Einsatz von spezieller Hardware für Künstliche Intelligenz (KI), d.h. einer oder mehrere PCs mit leistungsfähigen Grafikkarten, sowie zusätzlichen Sensoren wie Kameras und LIDAR-Scannern vor. Durch Vorgaben für den Shuttle-Bus konnte dieser Einbau nicht vorgenommen werden. Gegebenenfalls hätte die Gefahr bestanden, dass die Fahrzeugzulassung des Busses erlischt. Außerdem gab es am Bus keine Möglichkeit zusätzliche Sensoren zu installieren.

Die umgesetzte Planungsvariante wurde durch den Einsatz von leistungsfähigen Smartphones realisiert, auf denen ebenfalls bestimmte neuronale Netze ausgeführt werden können, um Rollstuhlfahrer oder Kinderwagen zu erkennen. Die Umsetzung im Smartphone erforderte gegenüber der KI-Hardware einen gewissen höheren Aufwand, da nicht alle neuronalen Netze auf Smartphones lauffähig sind. Außerdem war die Auswahl an Smartphones beschränkt, da sowohl genug Rechenleistung als auch eine hochwertige Kamera vorhanden sein müssen. Für diese Auswahl war eine intensive Recherche notwendig.

Für die Erkennung aus Bilddaten wurde eine umfangreiche Untersuchung an Verfahren der Künstlichen Intelligenz unternommen, um ein geeignetes neuronales Netz zu finden. Die Auswahl fiel dabei auf das „SSD MobileNet v2 320x320“<sup>2</sup>, Vorteile sind eine sehr schnelle Ausführungszeit bei gleichzeitig guter Erkennung und Lauffähigkeit auf Smartphones. Dieses Netz wurde mit großen Datenmengen an Bildern trainiert. Ein großer Schwerpunkt war dabei die Erstellung von Trainings-, Test- und Validierungsdaten, für die mehrere tausend Bilder annotiert worden sind. Dafür wurden Bilddatensätze aus öffentlich und frei zugänglichen Quellen im Internet, sowie eigene Bildaufnahmen verwendet. Das Training wurde auf Servern von Fraunhofer FOKUS durchgeführt. Die dabei entstandenen trainierten Netze wurden anschließend in einer App für Android-Smartphones integriert.

Die App zur Bild-Erkennung enthält neben den neuronalen Netzen zur eigentlichen Erkennung von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen aus Kameradaten im Shuttles-Bus auch eine Benutzeroberfläche. In dieser Oberfläche können verschiedene Werte konfiguriert werden, wie der Konfidenzwert, ab dem eine Erkennung als sicher angenommen wird oder die notwendige Anzahl von Erkennungen an einer Haltestelle, ab dem das Ausfahren der Rampe angefordert werden soll. Außerdem kann das Kamerabild mit der Erkennung sowie Werten des Geräts, z.B. Akkuladung und Gerätetemperatur, angezeigt werden. Eine Rollstuhl-Erkennung auf dem Smartphone ist in Abbildung 31 zu sehen, die Erkennung eines Kinderwagens in Abbildung 32.

---

<sup>2</sup> [https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object\\_detection/g3doc/tf2\\_detection\\_zoo.md](https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tf2_detection_zoo.md)

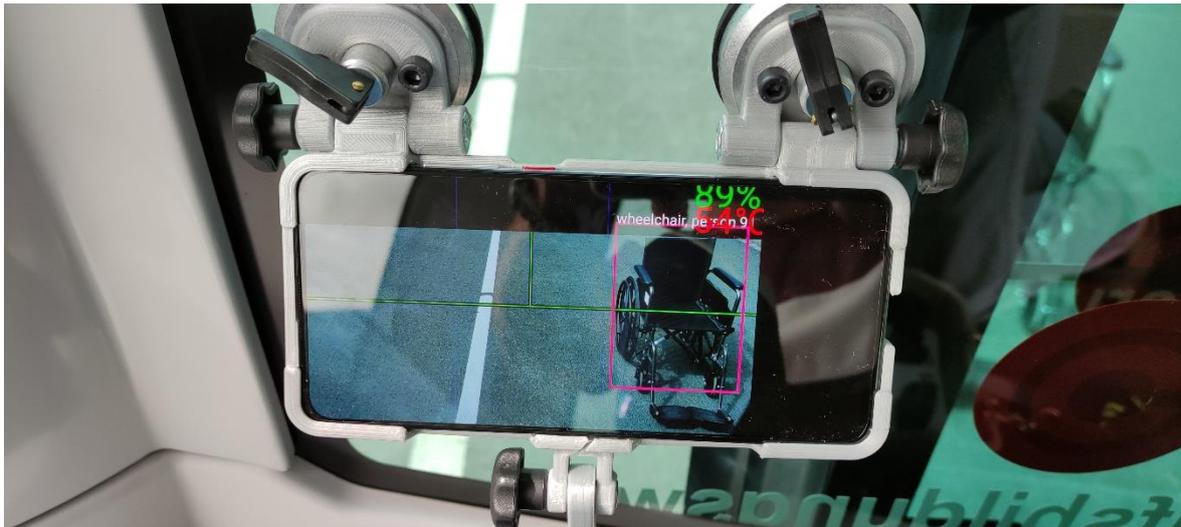


Abbildung 31: Erkennung eines Rollstuhls auf dem Smartphone

Für die notwendige Integration wurden Tests der Technologie im Shuttle-Bus in Soest durchgeführt. Dabei wurde neben der technischen Funktionalität der Erkennung auch die operative Integration in den Bus untersucht. Eine zunächst angedachte Montage des Smartphones am Fenster im Frontbereich konnte nicht verfolgt werden, da diese Position den Sichtbereich des Sicherheitsfahrers einschränkt. Als alternativer Montageort wurde stattdessen der vordere Bereich des seitlichen Fensters gewählt. Der Öffnungswinkel der Kamera ist ausreichend, um von dort Rollstuhlfahrer oder Kinderwagen entweder beim Anfahren einer Haltestelle oder im Stand zu erkennen, wenn diese sich dem Shuttle-Bus nähern. Die Montage des Smartphones ist in Abbildung 33 dargestellt.

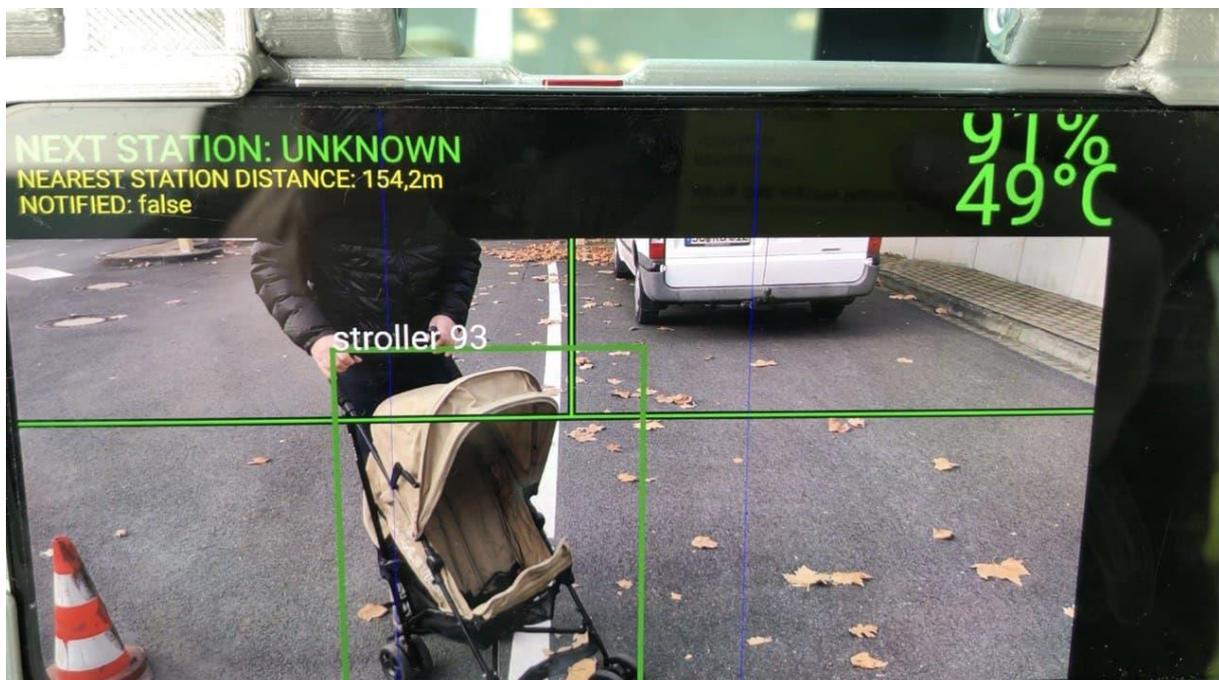


Abbildung 32: Erkennung eines Kinderwagens auf dem Smartphone

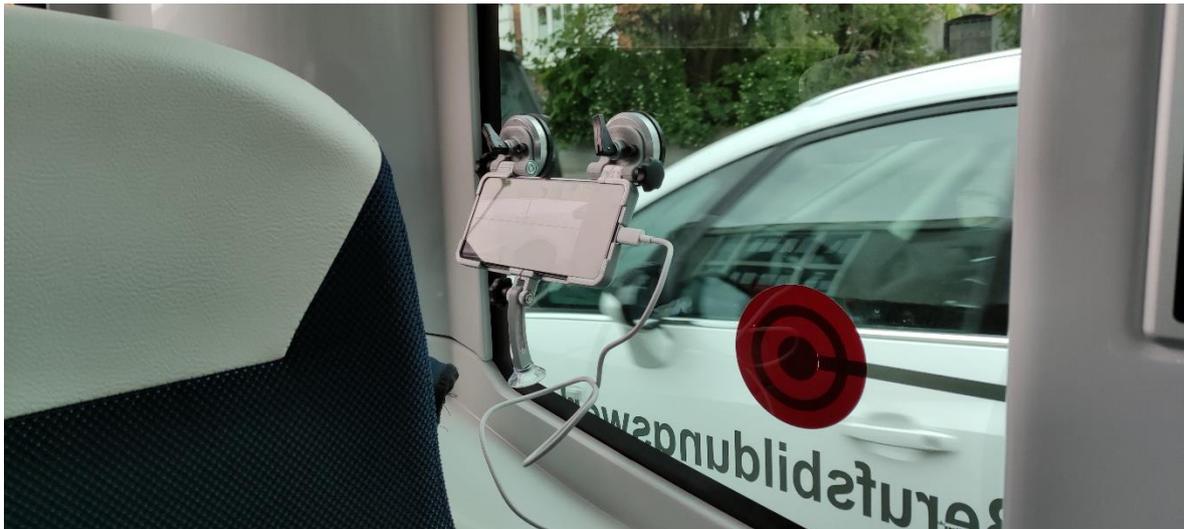


Abbildung 33: Montage des Smartphones im Shuttle-Bus

Die Erkennung ist nur aktiv, wenn der Bus sich im Haltestellenbereich befindet. Dafür wurde die Abfrage der aktuellen Position des Buses über eine Schnittstelle des Bus-Herstellers EasyMile implementiert und mit dem Haltestellenbereich, der durch den Projektpartner „eagle eye“ genau vermessen worden ist, verglichen. Die aus der EasyMile Schnittstelle erhaltene Position ist deutlich präziser als die GPS-Position des Smartphones, so dass falsche Positionierungen minimiert werden konnten. Diese Schnittstelle wurde in die Smartphone-App eingebunden. Außerdem können weitere Informationen über den Zustand des Busses abgefragt werden. Diese API läuft über einen Server von EasyMile. Der Zugriff erfolgt dabei über das Bord-WLAN des Shuttle-Busses.

Die Ausgabe des akustischen Signals an den Sicherheitsfahrer zum Ausfahren der Rampe erfolgt über eine Schnittstelle des Projektpartners GeoMobile, die durch die beiden Projektpartner festgelegt wurde. Der auszugebende Text wird mit einem JSON-String an die TCP-Schnittstelle von GeoMobile gesendet. Dazu wird auch das interne Bord-WLAN verwendet. Das GeoMobile-System hat wiederum Zugriff auf die Hardware des Shuttle-Busses zur akustischen Ausgabe.

## 2.6.4 Prototypische App zur barrierefreien Zielführung der Nutzenden zum Bus

### 2.6.4.1 App-Grundlagen und Erfahrungswerte

Als Grundlage und Erfahrungswert für die Entwicklung der prototypischen Navigations-App zur Haltestelle beziehungsweise zur Bustür wurden die vorherigen Entwicklungen der Fraunhofer App everGuide verwendet, angepasst und weiterentwickelt. Die everGuide-App ermöglicht es blinden und sehbehinderten Nutzern eine barrierefreie Navigation durch zuvor entsprechend ausgestattete Gebäude. Die Ausstattung umfasst dabei die Installation von Deckenmarkierungen und die hochgenaue Vermessung zur sensorischen Nutzung einer Navigationskarte. Die App besteht aus den Einzelkomponenten Lokalisierung, Routing, Zielführung, Backendanbindung und UI/UX Elementen zur barrierefreien Bedienung (Abbildung 34). Um eine Outdoor-Navigation im Bereich der Bushaltestelle zu ermöglichen, konnten viele der bereits gut bewährten Komponenten verwendet werden. So konnten die Bedienungsfunktionen, Richtungs- und Zielangaben übernommen werden. Nutzer bekommen hierbei unter anderem eine akustische Rückmeldung in Form von Klickgeräuschen, welche je nach aktueller Drehung und gewünschter Richtung gradgenau die Wiederholfrequenz ändern. Unterstützt wird dies durch

Richtungsangaben über Sprachanweisungen. Zudem kann das dargestellte Framework der everGuide-App verwendet werden.

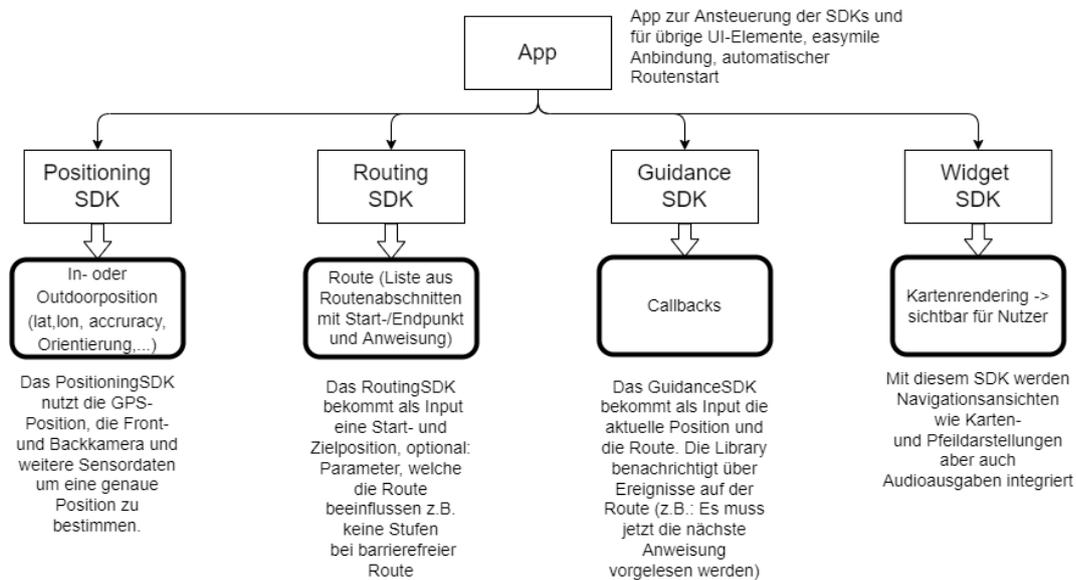


Abbildung 34: Aufbau der Navigations-App mit Einzelmodulen. Das Framework kann für beliebige barrierefreie Navigations-Apps wiederverwendet werden.

Die entscheidendsten Anpassungen im Vergleich zur Indoor-Navigation ergeben sich dabei zunächst in der Lokalisierung:

1. Es existiert keine durchgehende Überdachung.
2. Es gibt einen erhöhten Bewegungsraum, da Außenbereiche deutlich mehr Freiflächen aufweisen.

Entsprechend wurden verschiedene Lösungsansätze ausgearbeitet, implementiert und in Simulationen sowie in praktischen Tests mit Nutzern vor Ort evaluiert.

#### 2.4.2.2 Aufsetzen einer Simulationsumgebung

Um die entsprechenden Lösungsansätze effektiv und ohne dauerhafte Anwesenheit vor-Ort entwickeln zu können, wurden eine entsprechende Simulationsumgebung und eine Aufnahme-App aufgesetzt bzw. erweitert. So war es möglich, Daten vor Ort in Soest aufzunehmen, die für die Weiterentwicklung der Algorithmen auch während der Reisebeschränkungen in Berlin verwendet werden konnten. Die Aufnahme-App zeichnet hierbei alle Sensordaten des Handys inkl. nichtkomprimierter Kamerabilder, Beschleunigungsdaten, Magnetfelder, Drehraten, GPS sowie Metadaten vor Ort auf. Die Daten können dann im Simulator Schritt für Schritt abgespielt werden, während die Algorithmen angepasst werden. Die Ergebnisse werden entsprechend zu Debugging und Evaluationszwecken visualisiert.

#### 2.6.4.2 Absolute Verortung mit optischen Markern

Im Indoor-Bereich werden Deckenmarkierungen (Marker) flach an der Decke angebracht und von der Frontkamera während der Navigation erfasst, wodurch eine genaue absolute Verortung und insbesondere auch eine genaue Richtungsbestimmung möglich ist. Diese Technik wird entsprechend im Bereich des Bushaltestellenhäuschens eingesetzt. Um diesen sehr bewährten Ansatz im Umkreis der Haltestelle selbst ebenfalls einsetzen zu können, wurden diese Marker zudem wie zuvor beschrieben an der Spitze der Bushaltestellen befestigt. Um eine weitere Sichtbarkeit auch mit etwas Abstand zur

Haltestelle zu ermöglichen, wurde ein optimaler Kippwinkel von 37 Grad ermittelt. Dieser ist genau so gewählt, dass der Marker sowohl von der Rückkamera des Handys von weitem als auch direkt an der Bushaltestelle im Nahbereich direkt unter dem Marker von der Vorderkamera des Handys zuverlässig erkannt wird. Entsprechend wurden die Algorithmen und Koordinatentransformationen aufwändig auf beliebige 3-D Rotationen des Markers angepasst. Der Algorithmus berechnet mit „State of the Art“-Bildverarbeitungsalgorithmen insgesamt 6 Freiheitsgrade. Hierin enthalten ist der genaue Abstand zum Marker im dreidimensionalen Koordinatensystem. Zudem wird die Pose (Drehung des Handys – yaw, pitch und roll bzw. Quaternion) bestimmt. Um eine fehlerfreie Implementierung sicherzustellen, wurden entsprechende Unit-Tests geschrieben. Nach Installation der Marker wird der Kippwinkel ungefähr vom Monteur eingestellt. Eine entsprechende Vermessungs-App wurde zudem entwickelt, um alle Winkel der installierten Marker im Anschluss genau zu vermessen, damit diese dann in die Datenbank eingetragen werden können. Zudem werden die Marker mit Hilfe einer OSM-Karte in dem OpenStreetMap-Editor JOSM geoverortet (Abbildung 35). Die OSM-Karte wurde durch den Projektpartner „eagle eye“ im Ergebnis von Vermessungen im Bereich der Haltestellen erstellt. Darin sind die Position des Haltemastes, die genaue Lage eines Haltestellenunterstandes sowie weitere Details, die für die Navigation u.a. von blinden und sehbehinderten Nutzern wichtig sind, enthalten.

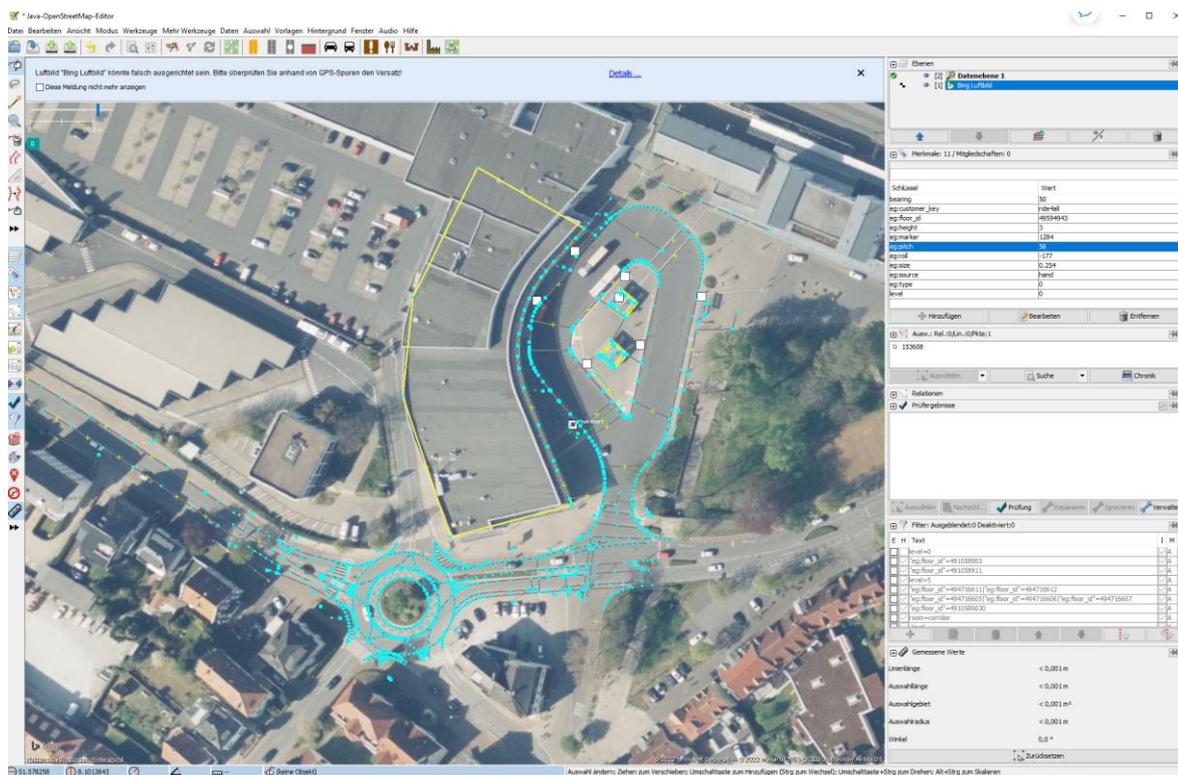


Abbildung 35: Markerverortung, Laufwege und Hindernisse im Bereich Bahnhof Soest modelliert in JOSM

### 2.6.4.3 Relative Verortung zwischen Markern im Außenbereich

Die relative Lokalisierung zwischen den Markern ist Outdoor ähnlich wie Indoor über den patentierten probabilistischen everGuide Algorithmus unter Nutzung von Beschleunigungs-, Drehraten- und Magnetfeldsensoren aus dem Smartphone möglich. Damit ist eine Grundfunktion bereits gegeben. Die

oben erwähnten Freiflächen erschweren eine relative Positionsschätzung zwischen den Markern allerdings teils erheblich. Daher wurden zwei Lösungsansätze entwickelt:

- Vertikale am Bus befestigte Marker

Diese Variante ist zwar softwaretechnisch leichter umzusetzen, da der Bus wie ein beweglicher Marker behandelt wird. Jedoch ist der Infrastrukturaufwand höher und es gab Bedenken hinsichtlich der Anbringung der Marker. Daher wurde dieser Ansatz lediglich theoretisch untersucht, praktisch aber nicht eingesetzt.

- Erweiterung der aktuellen Algorithmen um eine visuelle Odometrieberechnung

Dieser Ansatz basiert auf der Wiedererkennung von optischen Merkmalen in Bilderfolgen. Nach der Erkennung eines Markers wird auf die Rückkamera umgestellt. Diese zeigt wahlweise Richtung Boden oder in Gehrichtung. Nun erfolgt eine Merkmalsextraktion im Kamerabild entweder anhand der Bodenstruktur oder des Sichtfeldes nach vorn. In den zeitlich darauffolgenden Bildern wird ebenfalls nach Merkmalen gesucht. Wird ein Merkmal anhand spezieller Kriterien wiedererkannt, so zeigt dies eine Bewegung des Handys an. Hierdurch konnte die relative Positionierung erheblich verbessert werden. Im praktischen Test am Bahnhof Soest und an der Station LWL lag die Abweichung auch nach langer Strecke zwischen den Markern am Häuschen und der Haltestelle unter 1,5 Meter. Dadurch kann der Nutzer sicher auf dem Bürgersteig geführt werden. Im Bereich des Busses wird zudem in vielen Fällen ein Marker an der Bushaltestelle erkannt, was die Genauigkeit nochmals erhöht (Abbildung 36) und die Positionsdrift aufgrund der relativen Lokalisierung zurücksetzt.

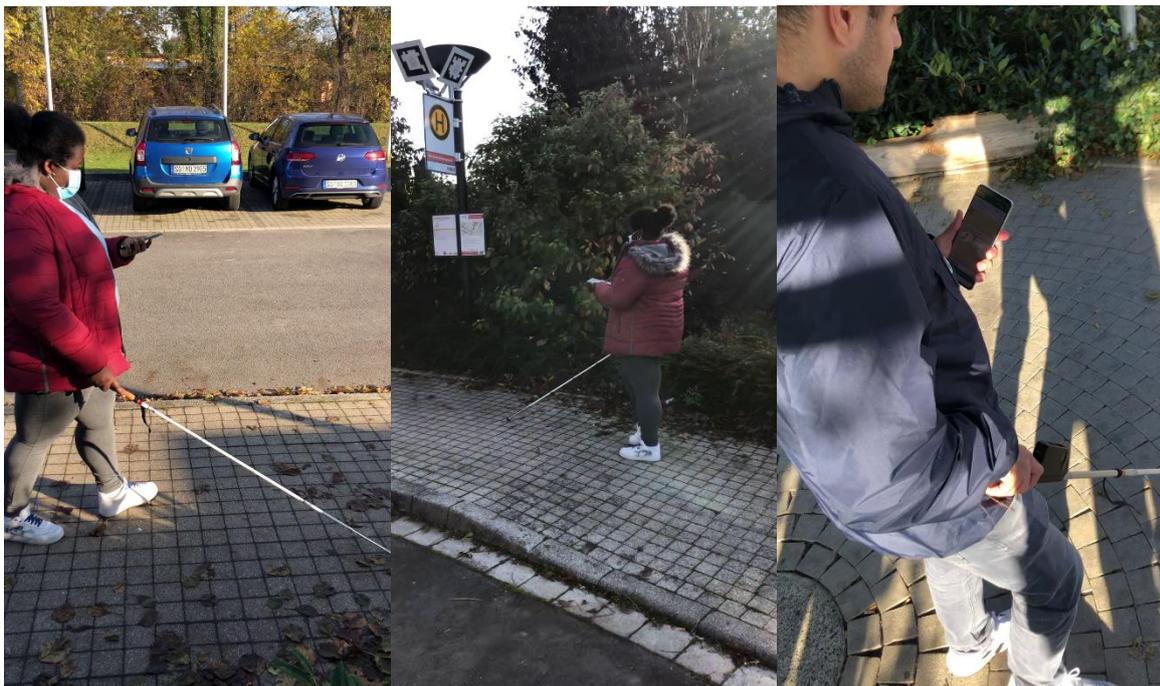


Abbildung 36: Erkennung und Tracking von optischen Merkmalen bei horizontaler und vertikaler Handyhaltung bei Nutzertests am LWL in Soest

#### 2.6.4.4 Routing und Zielführung

Zu jeder der Evaluationshaltestellen wurden entsprechende Navigationskarten erstellt. Diese enthalten neben den Markerpositionen, möglichen Aufenthaltsbereichen (wie Gehweg, Häuschen, Straße) auch Routinggraphen, die die gewünschten Laufwege darstellen (Abbildung 35). Aus diesen werden

vorverarbeitete Routingkarten berechnet, welche von der App gelesen werden können. Die relevanten Daten werden auf einen OSM-Server hochgeladen, wo sie danach vom Handy abgefragt und in der App zur Lokalisierung, Navigation und Visualisierung genutzt werden. Die App und Zielführung wurde zudem so angepasst, dass der Nutzer sich über einen entsprechenden Button immer zur nächst gelegenen Haltestelle navigieren lassen kann, sobald er im Einzugsbereich geortet wurde („Route Next Station“ in Abbildung 37). Zudem erhält die App fortwährend die verbleibende Zeit bis zur Ankunft des Busses über die EasyMile-Schnittstelle. Die Route kann damit auch automatisch gestartet werden, sobald sich der Bus kurz vor der Haltestelle befindet. Für Entwickler und Testbegleiter zeigt die App eine Karte und die Route an. Für sehbehinderte Nutzer mit Restsehvermögen wird ein großer kontrastreicher Pfeil angezeigt, der die nötige Laufrichtung angibt (Abbildung 37). Blinde Nutzer erhalten wie zuvor beschrieben das akustische Feedback. Im Test konnten alle Nutzer nach kurzer Eingewöhnungsphase den Eingang des Busses problemlos mit Unterstützung der Navigations-App finden.

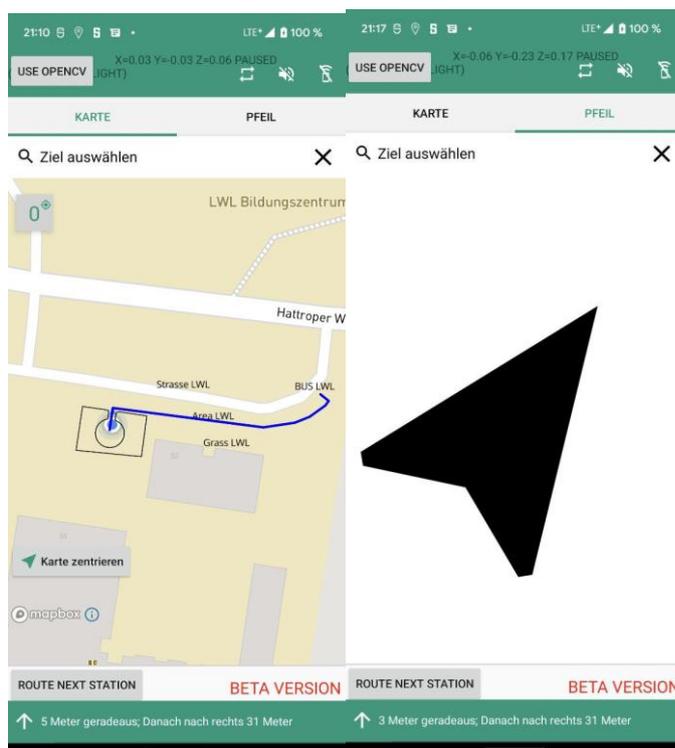


Abbildung 37: Prototypische App mit Kartenansicht zum Debugging (links) und Pfeil für sehingeschränkte Nutzer

## 2.6.5 Nutzerbefragung im Vorfeld und am Ende des Projekts und Schlussfolgerungen

Im Zusammenhang mit den Arbeiten zur Blinden- und Sehbehindertennavigation, die die Nutzenden im Umfeld der Haltestelle leitet, wurde im Vorfeld der App-Entwicklung eine Befragung mit einem blinden und einem sehbehinderten Nutzer zu den präferierten Haltepositionen des Smartphones während der Navigation durchgeführt. Dabei wurde neben der bekannten waagerechten Positionierung parallel zur Navigationsrichtung auch die senkrechte Halteposition vor dem Oberkörper favorisiert. Eine senkrechte Position birgt für die nutzende Person den Vorteil, dass das Smartphone nicht aktiv gehalten werden muss, sollte dieses in einer Halterung um den Hals getragen werden. 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.

## 2.7 Mensch-Maschine-Interaktion

Nach dem Abschluss des Vergabeverfahrens wurden im 1. Quartal 2021 die Vorbereitungen für den Einbau des ivantoConnect Kommunikationsmoduls in gemeinsamer Absprache mit dem Fahrzeughersteller EasyMile getroffen. Dabei ging es um Details bezüglich der Ausstattung (Kommunikationsmodul) sowie um nötige oder optionale Zusatzausstattung. Weiterhin wurden mögliche Herausforderungen bei der Anbringung der Komponenten (Lautsprecher als Zusatzausstattung) hinsichtlich des Zulassungsverfahrens erläutert. Besondere Anforderungen für die Zulassung stellte der Ort für die Befestigung und die Verkabelung der Komponenten dar. Die Komponenten müssen so befestigt werden, dass sie im Fahrzeug hinter den Blenden des Fahrgastraums passen, damit (z. B. durch abruptes Bremsen) keine Gefahrenquelle durch lose Bauteile entsteht. Für den geringen Raum hinter den Blenden zum Fahrgastraum wurden verschiedene Antennen-Module ermittelt und auf Eignung überprüft. Weiterhin musste darauf geachtet werden, dass die Komponenten sich nicht im Sichtfeld der vorhandenen Sensoren befinden. Ebenso war darauf zu achten, dass die Komponenten nach Projektende wieder möglichst ohne Beschädigungen am Fahrzeug zu entfernen sind. Dafür wurden im Vorfeld verschiedene Befestigungsvarianten für den Einbau vorbereitet.

Die Vorarbeiten zur Integration der ivanto Hardware umfassten u.a. folgende Punkte:

- Welches Montagematerial wird benötigt? (Leasingfahrzeug beachten)
- Welche Antennen (GPS-Antenne, LTE-Dach- oder Stabantennen, Bluetooth Außenantenne?) sollen wo (im oder am Fahrzeug) verbaut werden
- Welche Signale (IBIS; Türsteuerung) sollen im Fahrzeug abgegriffen werden?
- Schnittstellen anpassen, normalerweise nutzt die Hardware die IBIS-Schnittstelle. Die Daten kommen aber über einen externen Server. (Bordcomputer über Internet → an ivantoConnect)
- Softwarepakete im Linux erstellen
- Portal-Zugänge (ivantoPortal) einrichten

Als Vorarbeit für das Arbeitspaket 3.4 wurde an der exakten Darstellung und Erfassung des Haltestellenstandortes und des Fahrzeugs in der App gearbeitet.

Nach der Fahrzeuglieferung im März 2021 erfolgte der Einbau des Moduls im April 2021. Das ivantoConnect Modul der Firma GeoMobile ist in Abbildung 38 abgebildet.

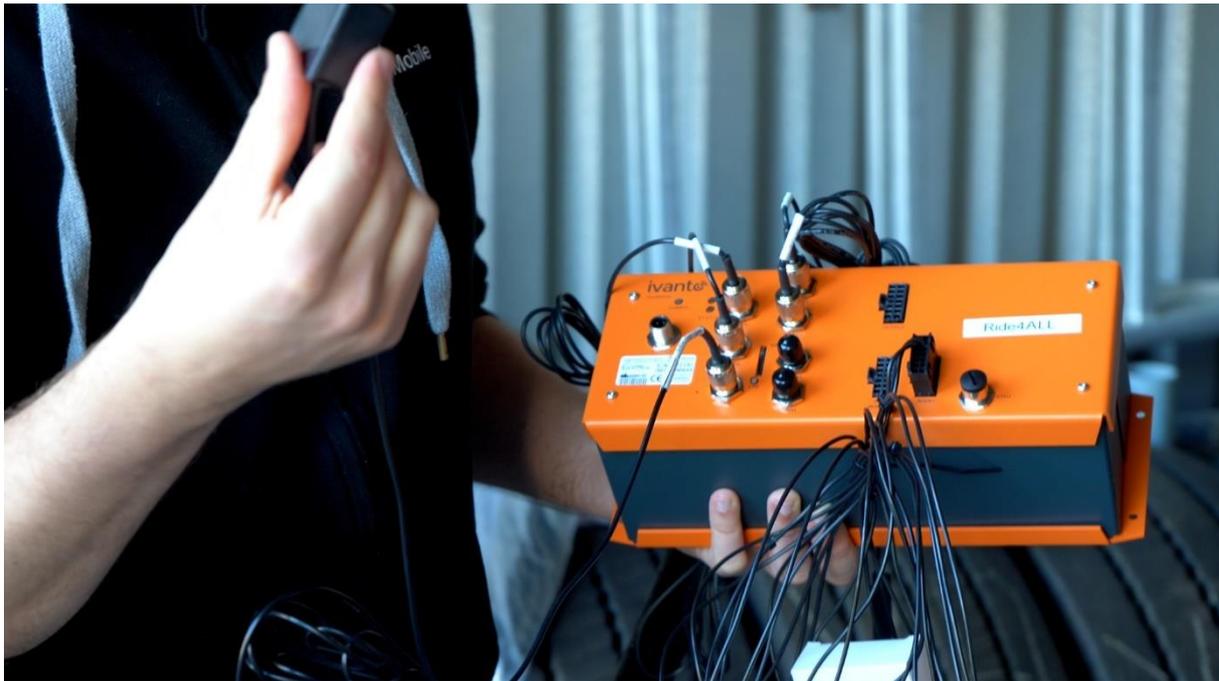


Abbildung 38: ivantoConnect Kommunikationsmodul (RLG, Kreis Soest)

Eine Herausforderung bestand in der Verkabelung zwischen dem Kommunikationsmodul und dem Lautsprecher. Die verbaute Leitung vom Kommunikationsmodul zum Lautsprecher unterlag der Prüfnorm für autonome Fahrzeuge. Entsprechendes Material war durch pandemiebedingte Lieferengpässe nur schwer kurzfristig zu organisieren, konnte aber rechtzeitig zum Einbau beschafft werden. Vor Ort in Soest wurde in gemeinsamer Arbeit mit einem Techniker von EasyMile der konkrete Einbauort im Fahrzeug ermittelt und das Kommunikationsmodul integriert. Zeitgleich konnte der passende Antennentyp ermittelt und angeschlossen werden. Eine kleine Abweichung des ursprünglichen Plans ergab sich hinsichtlich des Lautsprechers. Um weitere Bohrungen am Mietfahrzeug zu vermeiden (in diesem Fall die Blende des Fahrgastraums), konnte als Alternative ein Körperschallwandler statt eines Lautsprechers montiert werden. Durch die Verwendung des Körperschallwandlers konnten größere Modifikationen im Fahrzeug Innenraum vermieden werden. Zeitgleich wurden die Anpassungen aus dem AP 1 in den App-Versionen iOS und Android in der „mobil info“-App umgesetzt. Weiterhin wurde die Livekarte in die „mobil info“-App integriert und notwendige Anpassungen für die Darstellung und Erfassung des Haltestellenstandortes und des Fahrzeugs in der App umgesetzt. Dazu wurde auch die Software des verbauten ivanto Moduls per Fernwartung aktualisiert. Weiter wurde der hochgenaue Standort des Fahrzeugs unter Einbindung der EasyMile API realisiert. Dieser ist deutlich genauer als die handelsübliche GPS-Ortung der ivanto Lösung.

Die Darstellung des Livestandorts von „Sofia“ in „mobil info“ ist in Abbildung 39 abgebildet.



Abbildung 39: Livestandort "Sofia" in der App (Kreis Soest)

Um die geplante Fahrzeuginteraktion zu gewährleisten waren Entwicklungen am gesamten ivanto-System notwendig. Es waren die App „mobil info“ jeweils für die Betriebssysteme Android und iOS, das App Hintergrundsystem „Smart Routing Server“, das Flottenmanagement System für die ivanto-Hardware „ivanto Portal“ sowie die Steuerungssoftware für das Hardwaremodul „ivantoConnect“ im Fahrzeug selbst betroffen. Anders als bei üblichen Fahrzeugen im ÖPNV verfügt das EasyMile Fahrzeug nicht über offene Schnittstellen und Kommunikationsbusse zur Einbindung von technischen Komponenten im Fahrzeug. Üblicherweise liest ein verbautes ivanto-Modul Informationen wie die aktuelle Linie, Fahrtrichtung und nächste Haltestelle aus dem fahrzeugeigenen IBIS Protokoll-Bus und verwendet diese für die eigene, Bluetooth basierte Kommunikation mit der App eines Fahrgastes. Dadurch kann auf dem Smartphone diese Information für z.B. Sehbeeinträchtigte wahrnehmbar gemacht werden. Um die benötigten Informationen für das ivanto-System nutzbar zu machen, wurde eine Übersetzung der Informationen aus der EasyMile Monitoring API in den eigenen, IBIS-basierten Standard entwickelt. Dafür wurde die API in die Software der ivantoConnect integriert, welche die Daten an das ivanto-Hintergrundsystem weiterleitet.

Das von dem ivanto Modul, zur Kommunikation mit der App, ausgesendete Bluetooth Advertising hat eine geringe Datennutzlast. Haltestellen, Linien und Fahrtrichtung werden daher nicht als Text

übertragen, sondern als IDs. Diese IDs werden dann in der App mit einer Datenbank mit den entsprechenden Volltexten abgeglichen. Die Datenbanken der Apps mussten entsprechend mit der neuen Linie und den Haltestellen für die Teststrecke erweitert werden. Das Abgleichen der Haltestellentexte aus der EasyMile-API und GeoMobile-IDs wurde in der Firmware der ivanto Connect vorgenommen. Um das Türfindesignal (Einstiegshilfe für seheingeschränkte und blinde Personen) zu realisieren, wurde im ivanto Portal (Flottenmanagement System) eine eigene Konfiguration für das Projekt angelegt. Darüber kann unter anderem die Lautstärke des akustischen Signals im Fahrzeug angepasst werden.

Hinsichtlich des AP 3.6 Erprobung und Tests fanden fortlaufende Tests der mobil Info App (iOS und Android) statt. Insbesondere wurden dabei die genannten Anpassungen auf Funktionalität überprüft. Ende Juli 2021 wurde eine Testfahrt vor Ort in Soest durchgeführt, um das Gesamtsystem zu überprüfen. Dabei wurden folgende Punkte festgestellt:

- Navigation via GPS und anschließender Wechsel in die Fahrzeugnavigation bei Erreichen der Haltestelle
- Suche der Verbindung mit SOfia in der mobil info App, hier Probleme bei der Nutzung der mobil info App (Fahrzeug-Interaktion):
  - iOS-Gerät erkannte das Fahrzeug nicht
  - Android-Gerät erkannte das Fahrzeug konstant und zuverlässig erst nach Neustart der Anwendung
- Anzeige des Fahrzeugs im Android-Gerät stimmte nicht, Anzeige der Linie "000" anstatt der korrekten Bezeichnung
- Anzeige „nächster Halt“ funktionierte nicht
- Funktion "Aussenden des Türfindesignals" funktionierte nicht

In der Folge wurden die Mängel weitestgehend durch verschiedene technische Maßnahmen an allen Komponenten des ivanto-Systems behoben.

Die Umsetzung der Fahrgastinteraktionen durch die App wurde nicht komplett umgesetzt. Die Schnittstellen des Fahrzeugs von EasyMile bieten zum Berichtszeitraum keine Möglichkeit Interaktionsfunktionen des Fahrzeugs, wie z.B. Auslösen eines Haltewunsches oder Auslösen der Servicetaste, durch externe Anwendungen zu bedienen. Eine Steuerung aus der „mobil info“-App heraus war also nicht möglich. Für den Ablauf des Projekts stellte dies kein Problem dar. Das Fahrzeug hielt im Betrieb ohnehin an jeder Haltestelle an, so dass das Auslösen eines Haltewunsches keine Funktion für den Fahrgast erfüllt hätte. Die Servicetaste war insofern nicht relevant für den Betrieb, da dieser ausschließlich in Begleitung eines Operators stattfand, welcher auf Anfragen der Fahrgäste reagieren konnte. Für einen komplett autonomen Betrieb in der Zukunft sollte diese Funktionen im Rahmen der Barrierefreiheit allerdings dringend von Seiten der Fahrzeughersteller ermöglicht werden. Zu dem Thema gab es einen Austausch mit Easy Mile.

Die Realisierung der Funktion „Türfindesignal“ im BusRadar der App ist Abbildung 40 zu entnehmen.

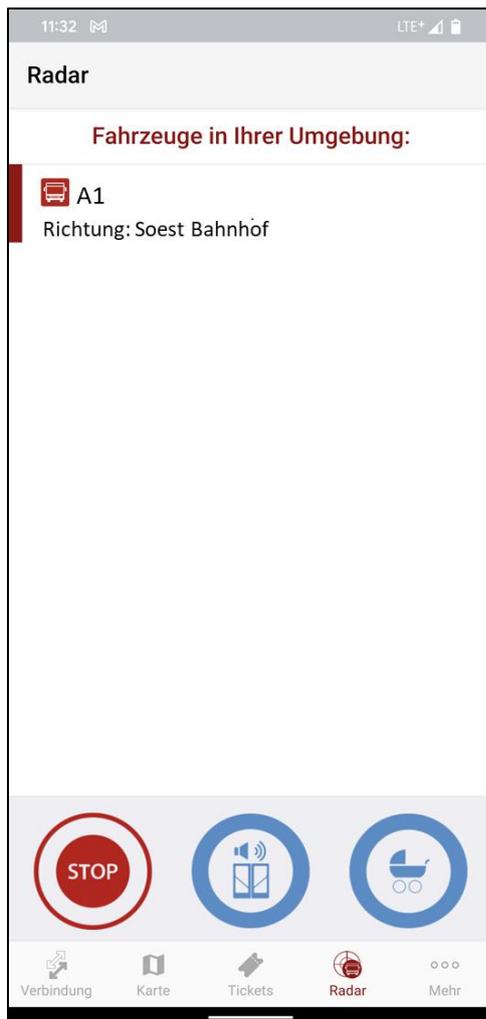


Abbildung 40: "Sofia" im BusRadar der "mobil info" (Kreis Soest)

Der LWL erstellte für die wissenschaftliche Begleitforschung ein Methodenkonzept für blinde und sehbehinderte Teilnehmer zur Erklärung und Nutzung der App "mobil info". Hierfür wurde in gemeinsamer Arbeit das Nutzerfeedback der „mobil info“-App aufgenommen und ausgewertet. Das Feedback der Teilnehmer dient zur Optimierung der Funktionalitäten hinsichtlich der Barrierefreiheit. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit konnten weitere Probleme erkannt werden. Beispielsweise sollte das Tutorial der App unter VoiceOver angepasst werden, da relevante Informationen für die Erklärung einzelner Funktionen der App fehlen.

Im Rahmen des AP 1.7 „Konzept Barrierefreiheit“ wurden die Anforderungen der Nutzergruppen in Zusammenarbeit zwischen GeoMobile, dem LWL und dem Kreis Soest analysiert. Daraus sind Optimierungsvorschläge zur Verminderung von Barrieren bei der Nutzung der „mobil info“-App (iOS und Android) entstanden. Diese betreffen hauptsächlich die systembedingten Sprachausgaben unter iOS (Voice Over) und Android (Talk Back). Anschließend wurden die Vorschläge konkretisiert und auf die Umsetzbarkeit im Rahmen des Projekts Ride4All geprüft. Folgende Anpassungen in der „mobil info“-App wurden für iOS und Android festgelegt und in dem Arbeitsprozess des AP3 umgesetzt:

- Verbindungen: Das Symbol für die Einstellungen in der Verbindungsauskunft (rotes Zahnrad) wird unter VoiceOver in "Fahrteinstellungen" umbenannt. Aktuell heißt es "Benutzereinstellungen". (iOS)

- Text im Tutorial anpassen: Die Seite "Anpassen der App" des App-Tutorials gibt zu wenig Informationen über die manuelle Konfiguration der Ansichten aus. Hier wird der Text überarbeitet. (iOS und Android)
- Fahrtbegleitung unter Voice Over/Talk Back: Der Button zum Starten der Fahrtbegleitung wird in "Fahrt starten" umbenannt.
- Verbindungen: Bei iOS steht im unteren Bereich "Meine Verbindungen". Dieser Bereich wird in "Favoriten" umbenannt. (nur iOS)

## 2.8 Hochgenaue Geodaten

Zusätzlich wurden innerhalb des Projektes hochgenaue Daten der Strecke und des betroffenen Umfeldes erstellt, um durch den redundanten Aufbau von Verortungen und deren Nutzung für das (teil-)autonome Fahrzeug zu ermöglichen (vgl. Abbildung 41 und Abbildung 42).



Abbildung 41: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich der Fahrbahn (eagle eye technologies)



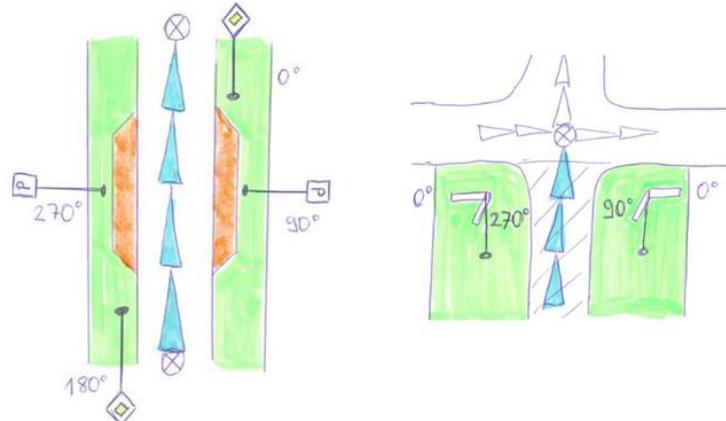
Abbildung 42: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich einer Kreuzung (eagle eye technologies)

Es wurde eine modellbasierte Aufnahme der Topographie in Form eines digitalen Zwillings für die ausgewählte Strecke und die Haltestellebereiche erstellt.

## Modell und Objektkatalog

### -Modellbildung und Abstimmung des Objektkataloges

	Bord
	Fahrbahnbegrenzung
	Gehweghinterkante
	Markierung durchgezogen
	Markierung gestrichelt
	Markierung Parken
	Radwegmarkierung durchgezogen
	Radwegmarkierung gestrichelt
	Spur
	Stopplinie durchgezogen
	Stopplinie gestrichelt
	Wartehaus geschlossen
	Wartehaus offen
	Zebrastrreifen



### -Datenformate (shape, osm)

Abbildung 43: Auszug aus dem Objektartenkatalog (OBAK) (eagle eye technologies)

Die Datenobjekte wurden dabei so strukturiert erfasst und modelliert, dass diese Daten exakt (mit einer absoluten Genauigkeit im cm-Bereich) vorliegen und mit möglichst geringen Sensordaten vom Fahrzeug aus in dem Modell identifiziert und statistisch zuverlässig angenommen oder verworfen werden können.



Abbildung 44: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich einer Haltestelle (eagle eye technologies)

Dieser digitale Zwilling kann dabei darüber hinaus auch in unterschiedlichen Bereichen des öffentlichen Lebens, in der Forschung und Entwicklung sowie im Verwaltungshandeln vielfältig genutzt werden.

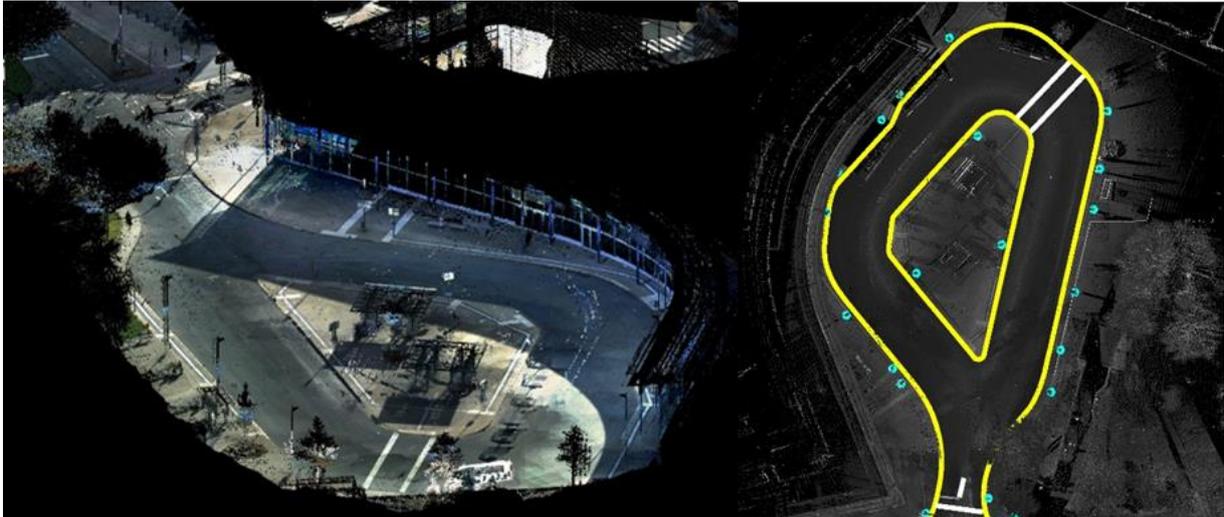


Abbildung 45: Beispiel der Datenmodellierung im Bereich des Bahnhofes (eagle eye technologies)

Für die barrierefreie Nutzung des Gesamtsystems ist es notwendig, dass der Nutzer nicht nur sicher auf seiner Fahrt begleitet wird, sondern auch sicher zu seiner Starthaltestelle und wieder von seiner Endhaltestelle zu seinem Ziel geleitet wird.

Durch die modellbasierte Aufnahme der Topographie in Form des digitalen Zwillings wird der Nutzer - mit einer selbst für Blinde verständlichen Fußgängernavigation- auf Fußwegen bis zum Haltemast (und vom Ausstieg bis zum Ziel) geführt.

Durch die Einschränkung, dass keine weitere Sensorik am Fahrzeug angebracht werden durfte, konnte in der Testphase nur ein Teil des modellbasierten Ansatzes inklusiver der Datenschnittstellen getestet und validiert werden. Zum einen betraf das die Vermessung der Maststandorte sowie die vollständige Tür zur Tür Navigation.

## 2.9 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Tabelle 5: Verwendung Teilvorhaben A "Kreis Soest"

Geplantes Ergebnis	Verwendung der Zuwendung	Erzieltes Ergebnis
Durchführung der Gesamtkoordination und des Projektmanagements	Auftrag zur Gesamtkoordination des Projektes zur Unterstützung des Gesamtverbundes wurde an Büro autoBus erteilt; Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßiger Austausch mit allen Verbundpartnern sorgte für einen reibungslosen Projektablauf und für eine fachliche Begleitung aller Partner</li> <li>• Alle administrativen Aufgaben wurden planmäßig durchgeführt</li> <li>• Steuerung und Überwachung des inhaltlichen Projektfortschritts</li> <li>• Alle Ergebnisse wurden in Zwischenberichten festgehalten</li> <li>• Alle notwendigen Vergaben wurden durchgeführt</li> <li>• Haushalts- und finanztechnische Abwicklung des Projektes und Unterstützung der Projektpartner</li> <li>• Abgleich, Steuerung und Zusammenarbeit mit anderen Projekten</li> <li>• Koordination der Kontakte zum Projektträger</li> <li>• Vorbereitung und Durchführung von Vorträgen zum Projekt und Präsentation des Projektes auf verschiedenen Veranstaltungen bundesweit</li> </ul>
Konzeption des Gesamtsystems inkl. Erstellung von Anforderungsanalyse, Systemkonzept, Lastenheft, Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es erfolgte eine Konzeption des Gesamtsystems und der notwendigen Schnittstellen</li> <li>• Es wurden fachliche und technische Anforderungen und Kundenanforderungen ermittelt</li> <li>• Unstimmigkeiten und Probleme wurden ermittelt und</li> </ul>

		<p>durch entsprechende Lösungsvorschläge behoben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Ergebnisse aus Anforderungsanalyse, Systemkonzept und Lastenheft sind fortlaufend in die Gesamtkonzeption eingeflossen und wurden dynamisch, projektbegleitend und nach Bedarf angepasst.</li> </ul>
Erstellung eines Konzeptes zur sozialen Akzeptanz und Barrierefreiheit von autonomen Kleinbussen	Beauftragung der wissenschaftlichen Begleitforschung (Interlink GmbH); Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammen mit dem LWL Berufsbildungswerk und der Interlink GmbH wurden die notwendigen Vorbereitungen für die Durchführung der wissenschaftlichen Begleitforschung geleitet</li> <li>• Im Zeitraum Juli – Oktober 2021 wurden insgesamt 14 Workshops durchgeführt</li> <li>• Die Ergebnisse sind im Konzept zur Barrierefreiheit und Sozialen Akzeptanz veröffentlicht</li> </ul>
Begleitende Öffentlichkeitsarbeit	Beauftragung zur Gestaltung der Webseite und aller Grafischen Arbeiten und Beauftragung der Begleitung der Öffentlichkeitsarbeit durch die RLG; Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Rahmen der AG Öffentlichkeitsarbeit wurde ein umfassendes Konzept für das Marketing erstellt</li> <li>• Der Fokus lag vor allem auf der Akzeptanz des Vorhabens in der Öffentlichkeit</li> <li>• Neben Informationsschreiben wurde ein Flyer erstellt. Ebenfalls wurde das Gesamtprojekt videotechnisch begleitet</li> <li>• Es fand eine durchgehende Information der Öffentlichkeit in Form von Social Media Beiträgen und Pressemitteilungen statt</li> <li>• Neben einem Pressetermin zur Zulassung wurde am 28.06.21 die erste Fahrt des Shuttles mit dem ehemaligen NRW Verkehrsminister Hendrik Wüst durchgeführt</li> </ul>
Ausschreibung und Vergabe Fahrzeug	Miete Fahrzeug; Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für Beschaffung des Fahrzeugs wurde eine Verhandlungsvergabe mit</li> </ul>

		<p>Teilnehmerwettbewerb durchgeführt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus den drei Angeboten wurde das wirtschaftlichste Angebot ausgewählt</li> <li>• Das Fahrzeug wurde im März 2021 geliefert</li> </ul>
Eingliederung des Fahrzeugs in den Regelbetrieb und Durchführung des Betriebs inkl. Zulassung und aller notwendigen Infrastrukturellenmaßnahmen	Kosten Zulassung und TÜV Abnahme, Beauftragung zur Durchführung des Betriebs durch die RLG; Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle notwendigen Absprachen mit den Zulassungsbehörden wurden geführt</li> <li>• Die notwendigen Prüfungen der Dekra, des TÜV Nord und der Bezirksregierung wurden begleitet und erfolgreich abgeschlossen</li> <li>• Die Konfiguration des Fahrzeugs für den Betrieb und die notwendigen Arbeiten wurden begleitet und gesteuert</li> <li>• Die notwendige Infrastruktur wurden in Zusammenarbeit mit der Stadt Soest ermittelt</li> <li>• Die Installation der Infrastruktur erfolgte durch die Stadt Soest</li> <li>• Der Regelbetrieb wurde vom 07.07. – 17.12.21 durchgeführt</li> </ul>
Begleitung der Forschung im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Begleitung der Integration des ivantoConnect Kommunikationsmoduls wurde erfolgreich durchgeführt</li> <li>• Die Begleitung der Umsetzung der barrierefreien Kommunikation zwischen Menschen und Maschine wurde erfolgreich umgesetzt</li> <li>• Die Smartphone-basierte Kommunikation wurde durch GeoMobile erfolgreich umgesetzt.</li> <li>• Es erfolgte eine Synchronisation zum kreiseigenen Projekt „Big Bird Westfalen“</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die barrierefreie Nutzbarkeit des Gesamtsystems wurde betrachtet</li> </ul>
Evaluierung des Gesamtsystems	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Zusammenarbeit mit den Projektbeteiligten wurden entsprechende Thesen und Verfahrensabläufe ermittelt</li> <li>• Diese wurden fortlaufend ausgewertet und mit dem Ist-Zustand abgeglichen</li> <li>• Der Regelbetrieb wurde kontinuierlich überwacht und wichtige Erkenntnisse festgehalten und mit allen Beteiligten besprochen</li> <li>• Entsprechende Systemanpassungen (z.B. Fahrplanauspassungen) wurden vorgenommen</li> <li>• Es erfolgte eine stetige Evaluierung des laufenden Betriebs und Auswertung von Problemen und Veränderungspotenzialen</li> <li>• Optimierungspotenziale wurden ermittelt und umgesetzt (z.B. Fahrplanauspassung)</li> <li>• Die Ermittlung des Nutzerverhaltens erfolgte im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung</li> </ul>

#### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Tabelle 6: Verwendung Teilvorhaben B "eagle eye technologies GmbH"

Geplantes Ergebnis	Verwendung der Zuwendung	Erzieltes Ergebnis
<b>AP 1: Rechtliche und technische Rahmenbedingungen</b>		
AP 1.1 Gesamtkonzeption	Personalkosten	Zuarbeit zum Gesamtsystem
AP 1.2 Anforderungsanalyse	Personalkosten	Zuarbeit zur Anforderungsanalyse
AP 1.3 Systemkonzept	Personalkosten	Zuarbeit zum Systemkonzept
AP 1.4 Lastenheft	Personalkosten	Zuarbeit zum Lastenheft
<b>AP 2: Beschaffung Bus inkl. notwendiger Zuarbeiten</b>		
AP 2.5 Infrastrukturmaßnahmen	Personalkosten	Zuarbeit zur Umsetzung
AP 2.6 Erfassung und Erstellung Hochgenauer digitaler Karten	Personalkosten	Datenerfassung und Erstellung eines digitalen Zwillings

<b>AP 3: Betrieb Gesamtsystem</b>		
AP 3.4 Von Tür zu Tür Navigation	Personalkosten	Modellierung zur realen Nutzung
AP 3.6 Erprobung und Tests	Personalkosten	In der Testphase wurde nur ein Teil des modellbasierten Ansatzes inklusiver der Datenschnittstellen getestet und validiert, da keine weitere Sensorik am Fahrzeug genutzt werden konnte.
<b>AP 4: Evaluierung und Nutzerverhalten</b>		
AP 4.1 Datengetriebene Eigenevaluierung	Personalkosten	Auswertung der ermittelten Daten.
AP 4.2 Evaluierung Regelbetrieb	Personalkosten	Begleitung und Zuarbeit während des laufenden Betriebs.
AP 4.3 Nutzerverhalten Analyse Ist-Zustand	Personalkosten	Ermittlung des aktuellen Nutzerverhaltens sowie der Akzeptanz zur barrierefreien Navigation).
AP 4.4 Transfer und Abschlussanalyse	Personalkosten	Abschlussanalyse und Zuarbeit zum Gesamtsystem zu den Schlussfolgerungen aus der abschließenden Nutzerbefragung.

#### Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Tabelle 7: Verwendung Teilvorhaben C "Fraunhofer FOKUS"

<b>Geplantes Ergebnis</b>	<b>Verwendung der Zuwendung</b>	<b>Erzieltes Ergebnis</b>
<b>Projektmanagement</b>	Im Rahmen dieses Arbeitspakets hat Fraunhofer FOKUS am Anfang des Projekts das Projekt-Management-System REDMINE aufgesetzt und in der Folgezeit für das Projekt-Konsortium gepflegt und administriert, auch wenn es keine Aufwandsanteile an diesem Arbeitspaket hatte.	Bereitstellung und Pflege des Projektmanagement-systems REDMINE für das Projektkonsortium
<b>AP 1: Rechtliche und technische Rahmenbedingungen</b>		
AP 1.1 Gesamtkonzeption	In diesem Arbeitspaket hat Fraunhofer FOKUS die Grundlagen zur Konzeption des Gesamtsystems (AP 1.1) aus der Sicht der FOKUS Teilkomponenten erarbeitet.	Zuarbeit zum Gesamtsystem
AP 1.2 Anforderungsanalyse	Die fachlichen und technischen Anforderungen der Fraunhofer	Zuarbeit zur Anforderungsanalyse

	Komponenten wurden ermittelt und in der Anforderungsanalyse (AP 1.2) zusammengeführt. In diesem Zusammenhang wurden ebenfalls die Schnittstellen der Teilkomponenten von FOKUS betrachtet und mit den anderen Partnern abgestimmt.	
AP 1.3 Systemkonzept	Aufbauend aus der Anforderungsanalyse wurde das Systemkonzept (AP 1.3) des Projektes erstellt und die Gesamtarchitektur des zukünftigen Systems ermittelt. Eine genaue Spezifikation der Schnittstellen erfolgt allerdings erst nach der Beschaffung des Fahrzeugs.	Zuarbeit zum Systemkonzept
AP 1.4 Lastenheft	Zur Vorbereitung der Fahrzeugbeschaffung hat Fraunhofer FOKUS an der Erstellung des Lastenhefts (AP 1.4) mitgearbeitet und im Partnerverbund abgestimmt. Neben den technischen Anforderungen standen bei der Erstellung vor allem die besonderen Anforderungen an die Barrierefreiheit des Systems im Mittelpunkt.	Zuarbeit zum Lastenheft
AP 1.6 Konzept Soziale Akzeptanz	Mitarbeit bei der Erstellung des Konzepts zur sozialen Akzeptanz	Zuarbeit zum Konzept Soziale Akzeptanz
AP 1.7 Konzept Barrierefreiheit	Mitarbeit zur Erstellung des Konzepts Barrierefreiheit	Zuarbeit zum Konzept Barrierefreiheit
<b>AP 2: Beschaffung Bus inkl. notwendiger Zuarbeiten</b>		
AP 2.5 Infrastrukturmaßnahmen	Ermittlung, Beschaffung und Installation der notwendigen Infrastruktur für die Rollstuhlfahrer/Kinderwagen-erkennung sowie die barrierefreie Zielführung (s. auch Abschnitt 2.62.6.32.6.3).	Die Haltestellen Bahnhof Soest, Blindenschule und LWL wurden für die barrierefreie Navigation ausgerüstet. Außerdem wurde eine spezielle Halterung zur Fixierung eines Smartphones an der Fahrzeugscheibe von Sofia entwickelt (s. auch Abschnitt 2.62.6.32.6.3).

<b>AP 3: Betrieb Gesamtsystem</b>		
AP 3.2 Integration Kommunikationsmodule	Untersuchung moderner KI Verfahren zur Identifikation von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen (s. auch Abschnitt 2.6.3).	Die Komponente wurde als App auf einem Android Smartphone realisiert. Wenn Rollstuhlfahrer oder Kinderwagen an der Haltestelle erkannt werden, wird dies an das Ivanto-Modul weitergeleitet und akustisch signalisiert (s. auch Abschnitt 2.6.3).
AP 3.3 Mensch-Maschine-Interaktion	Im Ergebnis des Fahrzeugvergabeverfahrens musste dieses Arbeitspaket neu geplant werden. Zur Sicherstellung der ergebnis- und termingerechten Umsetzung wurde eine Schnittstelle zur Datenübertragung über die EasyMile API entwickelt und realisiert (s. auch Abschnitt 2.6.2).	Fahrzeug-Lokalisierung, die auf der EasyMile API aufsetzt und unterschiedliche Fahrzeugparameter, wie z.B. Position und Geschwindigkeit bereitstellt. Die Fahrzeuglokalisierung konnte erfolgreich umgesetzt und getestet werden (s. auch Abschnitt 2.6.2).
AP 3.4 Von Tür zu Tür Navigation	Es wurde eine prototypische App zur barrierefreien Zielführung der Nutzenden zum Bus entwickelt, die sich u.a. auf optische Marker stützt	Android App zur barrierefreien Zielführung der Nutzenden zum Bus, die insbesondere auch für Blinde und Sehbehinderte geeignet ist
AP 3.6 Erprobung und Tests	Die Tests der Einzelkomponenten Identifikation von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen, hochgenaue Fahrzeug-Lokalisierung sowie der App zur barrierefreien Zielführung konnten in Berlin realisiert werden. Die Integrationstests wurden in Soest im EasyMile Fahrzeug durchgeführt.	Sowohl die Einzeltests als auch der Integrationstest konnten erfolgreich umgesetzt und abgeschlossen werden. Die Funktionalität sowohl der einzelnen Komponenten als auch das Zusammenspiel im Gesamtsystem konnte erfolgreich demonstriert werden.
<b>AP 4: Evaluierung und Nutzerverhalten</b>		
AP 4.1 Datengetriebene Eigenevaluierung	Es wurde ein kontinuierlicher Datenabgleich während des Betriebes über die EasyMile API abgebildet und mit den Systemen in Berlin synchronisiert. Falls es dabei zu Fehlern gekommen ist, wurden diese identifiziert und behoben.	Auswertung der ermittelten Daten und Ermittlung der Ursachen, Ursachenbehebung

AP 4.2 Evaluierung Regelbetrieb	Die Auswertung von Evaluierungsdaten konnte nur sporadisch erfolgen, da wir pandemiebedingt erst am Ende der Projektlaufzeit vor Ort sein konnten.	Soweit möglich Evaluierung der FOKUS Komponenten während des laufenden Betriebs.
AP 4.3 Nutzerverhalten Analyse Ist-Zustand	Durch eine separate Nutzerbefragung am Ende des Projekts konnte zumindest eine Aussage zur Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft der eigenen Komponenten abgeleitet werden (s. auch Abschnitt 2.6.5).	Ermittlung des aktuellen Nutzerverhaltens sowie der Akzeptanz der App zur barrierefreien Navigation (s. auch Abschnitt 2.6.5).
AP 4.4 Transfer und Abschlussanalyse	Es wurde eine Abschlussanalyse in Form einer Nachher-Befragung, sowie eine technische Analyse der Erkennungsraten der für Rollstuhlfahrer und Kinderwagen trainierten neuronalen Netze sowie der Zielführungsgenauigkeiten bei der Navigations-App zum EasyMile Bus durchgeführt (s. auch Abschnitte 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5).	Abschlussanalyse der FOKUS Komponenten separat, aber auch im Zusammenspiel mit dem Ivanto-Modul und der EasyMile API. Schlussfolgerungen aus der abschließenden Nutzerbefragung (s. auch Abschnitte 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5).

#### Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Tabelle 8: Verwendung Teilvorhaben D "GeoMobile GmbH"

Geplantes Ergebnis	Verwendung der Zuwendung	Erzieltes Ergebnis
Evaluation der technischen Rahmenbedingungen zum Einsatz einer ivanto Connect Hardware im Fahrzeug	Personalkosten	Die ivanto Hardware konnte so ausgestattet werden, dass ein Einbau in dem angeschafften Fahrzeug von Easy Mile möglich war.
Verwendung der ivanto Systemlösung aus verbauter Hardware und der mobil info App im Regelbetrieb	Personalkosten, Sachkosten: ivanto Connect Hardware	Die ivanto Systemlösung war während des Betriebs im Einsatz und konnte von Fahrgästen und Teilnehmern von begleiteten Probefahrten genutzt werden
Mitgestaltung des Lastenheftes in Bezug auf den Einbau und Betrieb der ivanto Hardware	Personalkosten	Das Lastenheft wurde um die für die ivanto Lösung relevanten Kriterien erweitert. Es wurden zum Verständnis der Bieter Use-cases im Bezug zur

		Barrierefreiheit in Deutsch und Englisch erstellt
Betrieb der Infrastruktur der modifizierten ivanto Systemlösung über den Projektzeitraum	Personalkosten	Es sind keine Ausfälle des Systems bekannt geworden.
Erstellung von Fragebögen, Begleitung von Testfahrten, Evaluation des Systems im Betrieb	Personalkosten, Reisekosten, Sachkosten(studentische Arbeit)	Die Gesamtlösung (Fahrzeug, Hardware, App) wurde mit Sehbeeinträchtigten Nutzern getestet. Schwächen der Umsetzung wurden identifiziert und z.T. noch während der Projektlaufzeit behoben.
Verbesserung der Barrierefreiheit in der mobil info App	Personalkosten	Es wurden Anpassungen an der App vorgenommen um Probleme bei der Barrierefreiheit zu beseitigen, damit diese nicht bei der Evaluation im Vordergrund stehen würden.

#### Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Tabelle 9: Verwendung Teilvorhaben E "LWL-Berufsbildungswerk Soest"

Geplantes Ergebnis	Verwendung der Zuwendung	Erzieltes Ergebnis
Aufstellung einer Teilkonzeption und einer Anforderungsanalyse zum Thema Barrierefreiheit	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer Teilkonzeption zur Zugänglichkeit und Barrierefreiheit vom autonomen Busshuttle</li> <li>• Integration in das Lastenheft</li> </ul>
Zuarbeit zum Systemkonzept und zum Lastenheft	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration der erstellten Teilkonzeption in das Lastenheft</li> </ul>
Aufstellung eines Konzeptes Barrierefreiheit	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle benötigten Arbeitsaufträge des LWL-BBW Soest zur Konzeptaufstellung wurden geleistet</li> <li>• Relevante Inhalte wurden durch das LWL-BBW Soest gesammelt und weitergegeben</li> <li>• Die Verschriftlichung des Konzeptes Barrierefreiheit lag im Aufgabenbereich des Projektbüros</li> </ul>
Veranlassung von infrastrukturellen Maßnahmen vor Beginn des Regelbetriebs	Personalkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilisierung aller an der Umsetzung der Praxisphase beteiligten Personen</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastrukturelle Umbaumaßnahmen des Versuchsfahrzeuges waren vor Betriebsbeginn nicht notwendig</li> </ul>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Tabelle 10: Verwendung Teilvorhaben F "Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH"

Geplantes Ergebnis	Verwendung der Zuwendung	Erzieltes Ergebnis
Beschaffung	Zuarbeit zum Lastenheft in der Vergabephase, Teilnahme an Bietergesprächen	Die Beschaffung eines geeigneten Fahrzeugs für das Vorhaben wurde erfolgreich und zeitgerecht durchgeführt, das Fahrzeug wurde Mitte März 2021 angeliefert
Inbetriebnahme	Teilnahme an Abstimmungsgesprächen und Vor-Ort-Terminen zur Festlegung der Strecken, der Standorte der Haltestellen, Klärungsgespräche zum Fahrzeug mit dem Hersteller, Organisation der Personaleinweisungen	Die Inbetriebnahme und Zulassung des Fahrzeugs sowie die Abnahme der Strecke und des Gesamtkonzept konnten erfolgreich und zeitgerecht zur Betriebsaufnahme am 07.07. 2021 umgesetzt werden.
Systemintegration	Konzeption des Angebots, Erstellung von Fahrplan und Einsatzplanung, Umsetzung von Fahrgastinformation und Öffentlichkeitsarbeit	Der Einsatz des Fahrzeugs und der Operatoren war über die gesamte Projektdauer in die regulären betrieblichen Abläufe der RLG integriert. Über das Fahrtenangebot von SOfia wurde unternehmensüblich mit Printmedien, Aushangfahrplänen, der elektronische Fahrplanauskunft EFA und der mobil info-App informiert.
Betrieb	Umsetzung der Einsatzplanung, Aufnahme von Feedbacks und Ergebnissen aus der Betriebsphase	Über die Dauer der Betriebsphase vom 07.07.2021 bis zum 17.12.2021 wurde ein sicherer und stabiler Betrieb gewährleistet.

#### Teilvorhaben G „Stadt Soest

Tabelle 11: Verwendung Teilvorhaben G "Stadt Soest"

Geplantes Ergebnis	Verwendung der Zuwendung	Erzieltes Ergebnis
Veranlassung von infrastrukturellen Maßnahmen vor Beginn des Regelbetriebs im Frühjahr 2021	Straßenbeschilderung, Aufbau und die Unterhaltung der Beschilderung, Funkanforderung der LSA	Um den Regelbetrieb des autonomen Busses auf der geplanten Strecke zu ermöglichen, musste die vorhandene Beschilderung geändert werden. Zum

		<p>einen mussten Tempo 30 Bereiche und zum anderen Halteverbotszonen ausgewiesen werden. Die Senkung der Geschwindigkeit von Tempo 50 auf Tempo 30 beschränkte sich nach Abstimmung mit den Straßenbaulastträgern und den Straßenverkehrsbehörden auf die Betriebszeiten des autonomen Busses. Darüber hinaus wurden Hinweisschilder auf den autonomen Bus aufgestellt, die andere Verkehrsteilnehmer auf den lediglich 15km/h fahrenden Bus aufmerksam machen sollten.</p> <p>Des Weiteren war die Querung des Kölner Rings zu Stoßzeiten seitens des Herstellers und des TÜVs als Problem gesehen worden. Die unmittelbar hinter der Kreuzung gelegene Fußgänger LSA wurde in der Steuerung so verändert, dass die LSA mithilfe einer Fernbedingung aus dem Bus gesteuert werden konnte. Durch das Auslösen des Signals war eine Querung des Kölner Rings problemlos möglich. Aufgrund der durchgeführten Infrastrukturmaßnahmen in Form von geänderter Beschilderung sowie die Funkansteuerung an der Ampel konnte der TÜV die Strecke für den autonomen Bus freigeben.</p>
Anschließende Anpassung der infrastrukturellen Maßnahmen im Bedarfsfall		<p>Aufgrund erhöhter Geschwindigkeiten auf den ehemaligen Tempo 50 Straßen wurden städtische Geschwindigkeitsdisplays installiert. Diese wiesen die Fahrer auf ihre Geschwindigkeitsübertretung auf dem Hammer und Hattroper Weg hin und sorgten somit für eine Verkehrsberuhigung.</p>
Rückbau der infrastrukturellen Maßnahmen	Demontage der Straßenbeschilderung, Rückbau der LSA	<p>Nach Beendigung der Probezeit des autonomen Busses musste die Infrastruktur wieder auf den Stand vor dem Probezeitraum</p>

		zurückgesetzt werden. Dafür wurde die Beschilderung demontiert und die Funkanforderung in der LSA zurückgebaut.
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2.10 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

### Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Tabelle 12: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0835 Pos 1	Gesamtkoordination	Auftrag zur Gesamtkoordination des Projektes zur Unterstützung des Gesamtverbundes wurde an Büro autoBus erteilt
0835 Pos 2	Zulassung Fahrzeug	Es wurden die notwendigen Aufträge für die Organisation der Zulassung durch die EasyMile GmbH und die Abnahme des Fahrzeugs und der Strecke durch den TÜV Nord beauftragt.
0835 Pos 3	F&E Auftrag FH Südwestfalen/Hamm/LP	Der Auftrag zur Durchführung der wissenschaftlichen Begleitforschung wurde im Rahmen einer Vergabe an die Interlink GmbH vergeben. Da aufgrund der Corona Pandemie keine Hochschule für den Auftrag gewonnen werden konnte, erfolgt eine Ausschreibung der wissenschaftlichen Begleitforschung.
0835 Pos 4	Öffentlichkeitsarbeit	Die Mittel wurden im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit verausgabt. Es erfolgt u.a. eine Beauftrag der RLG.
0835 Pos 5	Elektrischer Bus (Autonom) Leasing	Aufgrund der Wirtschaftlichkeit wurde das Fahrzeug der EasyMile GmbH gemietet.
0835 Pos 6	Wartung und Software Fahrzeug	Die Position wurde nicht verwendet, da die Wartung und Software in der Miete des Fahrzeugs enthalten war.
0835 Pos 7	Einmessen der Strecke	Das Einmessen der Strecke war im Mietpreis enthalten.
0835 Pos 8	Betriebskosten Regelbetrieb	Gemäß Antragsstellung wurde der Auftrag an die RLG vergeben.

### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Die ursprünglich für den Berichtszeitraum geplanten Arbeiten konnten nur weitestgehend durchgeführt und die geplanten Personalmittel dementsprechend eingesetzt werden. Da keine zusätzliche Sensorik verbaut werden durfte, sind nur Teile in den Test und in den Betrieb eingeflossen.

Die geplanten Reisen sind pandemiebedingt im Wesentlichen nicht durchgeführt worden.

Tabelle 13: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0837	Personalkosten	Die ursprünglich für den Berichtszeitraum geplanten Arbeiten konnten nur weitestgehend durchgeführt werden. Da keine zusätzliche Sensorik verbaut werden

		<p>durfte, sind nur Teile in den Test und in den Betrieb eingeflossen. Das Team besteht aus erfahrenen Ingenieuren. Zum einen ein promovierten Senior Software Entwickler mit über 10 Jahren Berufserfahrung in mobile mapping-Verfahren, Sensorintegration und Modellierungen. Zum anderen ein Dipl.-Vermessungsingenieur mit 5 Jahren Erfahrung in Modelladaption und Projektleitung. Ferner waren ein promovierter Systemingenieur und ein B.Eng. für die Datenerfassung und Datenaufbereitung zuständig.</p>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Die ursprünglich für den Berichtszeitraum geplanten Arbeiten konnten weitestgehend durchgeführt und die geplanten Personalmittel dementsprechend eingesetzt werden.

Dagegen sind die ursprünglich geplanten Reisen pandemiebedingt im Wesentlichen nicht durchgeführt worden, was zu einem entsprechenden Reisemittelüberhang geführt hat.

Die Investitionen sind hauptsächlich an das zum Einsatz kommende Fahrzeug und die vom Hersteller bereitgestellten Schnittstellen zu den Fahrparametern und der Fahrzeug-Sensorik gekoppelt. Da wie oben beschrieben die Ausstattung des Busses nicht wie ursprünglich geplant erfolgen konnte, ist es außerdem zu Änderungen bei den Investitionen durch die erforderlichen Anpassungen der Geräteliste gekommen.

Tabelle 14: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0837	Personalkosten	Die ursprünglich für den Berichtszeitraum geplanten Arbeiten konnten weitestgehend durchgeführt und die geplanten Personalmittel dementsprechend eingesetzt werden.
0838	Reisekosten	Die ursprünglich geplanten Reisen konnten pandemiebedingt im Wesentlichen nicht durchgeführt werden, was zu einem entsprechenden Reisemittelüberhang geführt hat.
0848	Abschreibung auf vorhabenspezifische Anlagen	Die Investitionen sind hauptsächlich an das zum Einsatz kommende Fahrzeug und die vom Hersteller bereitgestellten Schnittstellen zu den Fahrparametern und der Fahrzeug-Sensorik gekoppelt. Da das Fahrzeugvergabeverfahren erst gegen Ende des Berichtszeitraumes abgeschlossen wurde, konnten die dafür geplanten Mittel verspätet und nicht vollständig ausgegeben werden. Da wie oben beschrieben die Ausstattung des Busses nicht wie ursprünglich geplant erfolgen konnte, ist es außerdem zu Änderungen bei den Investitionen durch die erforderlichen Anpassungen der Geräteliste gekommen.

Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Tabelle 15: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0813	Material	Herstellungskosten ivantoConnect ivantoConnect=Notwendiger Fahrzeugrouter um die definierten Ziele im Projekt umzusetzen und zu untersuchen
0837	Personalkosten	Das Team zur Entwicklung der mobilen Anwendung besteht aus erfahrenen Ingenieuren. Zum einen ein Senior Software Developer mit über 5 Jahren Berufserfahrung in der Entwicklung von mobilen Apps (iOS und Android). Zum anderen ein Software Developer mit 3 Jahren Erfahrung in Architektur und Plattformen. Die Projektleitung des Forschungsprojekts Ride4All wird von dem am Projekt beteiligten Senior Software Developer übernommen.
0838	Reisekosten	Geplante Reisen zu Projekttreffen, Messen etc. Wegen der Corona Pandemie waren die Reisekosten deutlich niedriger als geplant.
0850	Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten	Mittelumwidmung im Jahr 2021. Ein Teil der Reisekosten wurde umgewidmet um einen Werkstudenten am Projekt mitarbeiten lassen zu können.

Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Die zugewiesenen Projektmittel wurden für Personalkosten und Sachkosten verwendet. Wovon die Personalkosten den höheren Kostensatz einnahmen.

Tabelle 16: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0817	Personalkosten	Das Team bestand aus einer studierten Ergotherapeutin und eine Verwaltungsfachkraft. Sie wurden im April 2020 neu eingestellt. Darüber hinaus ergänzte sie eine dem Fachdienst des Hauses zugehörige Rehabilitationsfachkraft für Rehabilitationsfachkraft für Menschen mit Blindheit und Sehbehinderung - Orientierung und Mobilität (O&M)
0846	Sachkosten	Im Rahmen des Projektes wurden elektronische Geräte (z.B. Handys, Tablets incl. Ausstattung) angeschafft. Ebenfalls wurden für die Durchführung der Workshops Hilfsmittel (z.B. Monokulare, Langstöcke) neu erworben. Ebenso zählten hierzu die Abwicklung der Workshops auf dem Gelände des LWL-BBW Soest.

Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Tabelle 17: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0817	Beschäftigte E1-E11	Beschaffung (13,9%)
		Inbetriebnahme (18,0%)
		Systemintegration (49,7%)
		Betrieb (18,4%)

Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Tabelle 18: zahlenmäßiger Nachweis Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Position	Benennung im Antrag (AZK/AZA)	Verwendung
0817	Beschäftigte E1-E11	Vorgesehen war eine halbe Personalstelle, Gehaltsstufe E13, über die volle Projektlaufzeit. Die zur Durchführung des Projektes geschaffene Personalstelle konnte erst zum 01.04.2020 (statt 01.01.2020) besetzt werden. Sie wurde nach finaler Prüfung in eine niedrige Entgeltgruppe (E11) als beantragt eingestuft. Der entsprechende Umwidmungsantrag wurde am 20.05.2020 gestellt. Darüber hinaus konnte v.a. in den ersten Monaten nicht die volle Stundenanzahl von Ride4All abgerufen werden, da der Kern der Arbeiten, die Ausarbeitung und Umsetzung der infrastrukturellen Voraussetzungen, erst zu einem späteren Zeitpunkt begonnen haben. Corona bedingt wurden viele Veranstaltungen auch digital oder nur im kleinen Kreis durchgeführt, welches mit einer erheblichen Zeitersparnis einherging.
0835	Vergabe von Aufträgen	Bei der Beantragung der Förderung stand weder die finale Teststrecke noch der Bushersteller fest, weshalb die umzusetzenden Infrastrukturmaßnahmen lediglich grob geschätzt und aus Erfahrungen anderer Projekte bestimmt werden konnten. Mit der Festlegung der Teststrecke sowie auf das autonome Shuttle von EasyMile konnte die Stadt Soest, gemeinsam mit der Prüforganisation TÜV Nord, die durchzuführenden Infrastrukturmaßnahmen festlegen. Da bei der gewählten Teststrecke im Vergleich zu anderen Projekten wenige Probleme aufgetreten sind, konnten die Infrastrukturmaßnahmen mit deutlich weniger Mitteln als beantragt durchgeführt werden. Das erzielte Ergebnis des reibungslosen Verkehrs auf der Teststrecke wurde durch den geringeren Mittelabruf nicht beeinflusst.
0843	Sonstige allgemeine Verwaltungsausgaben	Bei der Beantragung des Projektes war noch unklar, was an weiteren allgemeinen Verwaltungsausgaben, je nach Personal und durchzuführenden Maßnahmen, anfällt. Der Aspekt der Sachausgaben beschränkte sich auf ca.

		500€ Druckkosten. Somit wurden in dem Bereich im Vergleich zum Antrag deutlich weniger Gelder benötigt.
0846	Dienstreisen	Vorgesehen waren Dienstreisen nach Berlin zu den Konsortialsitzungen sowie Exkursionen zu verschiedenen Teststrecken. Dienstreisen sind aufgrund der Covid-19 Pandemie nicht erfolgt, da die Konsortialsitzungen sowie weitere Veranstaltungen fast ausschließlich digital abgehalten wurden. Die wenigen Vor-Ort Begehungen/Treffen fanden ausschließlich in Soest statt. Es fand im Projekt aufgrund der Covid-19 Pandemie lediglich eine Exkursion im kleinen Rahmen statt, an der die Stadt Soest nicht teilgenommen hat.

## 2.11 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

### Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Innerhalb des gesamten Projektes durchgeführten Arbeiten bildeten Pionierarbeit im Bereich der Erforschung der Barrierefreiheit von autonomen Fahrzeugen. Mit der Erstellung des Konzeptes zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz wurde eine Grundlage für die zukünftige Gestaltung von Verkehrssystemen gelegt.

### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Die durchgeführten Arbeiten von eagle eye technologies im Projekt Ride4All waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag formulierten Planung entsprachen und die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben im Wesentlichen erfolgreich bearbeitet wurden. Da keine zusätzliche Sensorik verbaut werden durfte, sind nur Teile in den Test und in den Betrieb eingeflossen.

### Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Die durchgeführten Forschungsarbeiten von Fraunhofer FOKUS im Verbundprojekt Ride4All sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag formulierten Planung entsprachen und alle wesentlichen im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden. Bei den Reisekosten sowie Investitionen konnten pandemiebedingt bzw. aufgrund der Montagebeschränkungen am Shuttlebus nicht alle geplanten Mittel umgesetzt werden. Darüber hinaus waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt notwendig.

### Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Die durchgeführten Arbeiten an den Komponenten des ivanto Systems, sowie die vorbereitenden Arbeiten am Lastenheft und die anschließende Evaluation des Systems waren notwendig und angemessen. Eine Umsetzung im geringeren Umfang wird durch die Komplexität und Vielfalt der verbundenen Teilsysteme unmöglich. Die technischen Herausforderungen bei der Entwicklung von barrierefreien vernetzten Systemen mit Hard- und Software Komponenten und einem Fokus auf Smartphone basierter Mensch-Maschine-Interaktion, insbesondere für sehingeschränkte bzw. blinde Personen, sind enorm.

### Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Gemäß der Förderrichtlinie zielt das Projekt „Ride4All“ auf eine Analyse der potenziellen Wirkungen der „Digitalisierung einschließlich Automatisierung und Vernetzung auf die Gesellschaft in den

Bereichen Sicherheit, Umwelt und Verkehr“ ab. Das LWL-BBW Soest führte im Rahmen seines Teilvorhabens erstmals praktische Erprobungen bzgl. der Nutzung automatisierter Fahrzeuge im Linienverkehr durch Menschen mit Behinderungen durch und konnte so zur Entwicklung von Kriterien für die barrierefreie Ausgestaltung von Fahrzeugen sowie der materiellen und digitalen Infrastruktur, wie z. B. Applikationen beitragen. Gerade Menschen mit einer visuellen Behinderung sind dauerhaft auf die öffentlichen Verkehrsmittel angewiesen. Umso wichtiger ist für diese Nutzergruppe eine frühzeitige Mitgestaltung digitalisierter und automatisierter Prozesse im ÖPV und die Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse. Durch eine nutzerfreundliche Gestaltung wird die gesellschaftliche Akzeptanz dieser neuen Technologie allgemein gesteigert.

Dasselbe gilt für die „Hebung verkehrlicher und gesellschaftlicher Potenziale“. Mit Hilfe eines frühzeitigen Einbezugs der unterschiedlichen Nutzergruppen, insbesondere derjenigen mit besonderen Bedürfnissen, sowie eine Abstimmung der unterschiedlichen Komponenten eines automatisierten Linienverkehrs kann die Akzeptanz durch die potentiellen Nutzerinnen und Nutzer erhöht werden.

Aufgrund des aktuellen technischen Entwicklungsstandes sowie der Ausgestaltung der Gesetze und Verordnungen das autonome Fahren betreffend, war es allerdings nur näherungsweise möglich, eine selbständige Nutzung ohne potentielle und tatsächliche Unterstützung durch Dritte zu erproben. Neben dem teilnehmenden Beobachter war immer auch ein Sicherheitsfahrer an Bord, wie es zurzeit noch vorgeschrieben – und bei der eingesetzten Technologie im öffentlichen Straßenraum – auch noch erforderlich ist. Ferner bewegte sich das Fahrzeug mit maximal 15 km/h noch sehr langsam, so dass es einerseits wenig attraktiv war im Vergleich zum Fahrrad oder zum zu-Fuß-Gehen und andererseits ein unrealistisches Sicherheitsgefühl vermittelte. Im Rahmen der Gruppendiskussion konnten auf der Grundlage der praktischen Erfahrungen der Probanden trotzdem wertvolle Hinweise für Kriterien für eine selbständige Fahrzeugnutzung durch Menschen mit Behinderungen gesammelt werden. Unter dem Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden konkrete Beispiele genannt.

#### Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Alle Aufträge der RLG in diesem Projekt konnten zeitgerecht und erfolgreich abgeschlossen werden. Der dafür geplante Kostenrahmen wurde nicht in vollem Umfang ausgeschöpft. Daher sehen wir die Notwendigkeit und Angemessenheit der von uns geleisteten Arbeit als gegeben.

#### Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Bei der Streckenfestlegung gab es diverse Streckenvarianten, die im Konsortium diskutiert wurden. Da die Rahmenbedingungen, die die Strecke erfüllen muss, zu Beginn noch nicht definiert waren, musste verschiedene Varianten geprüft und eine Abwägung vorgenommen werden. Die gründliche und zeitaufwändige Festlegung und Abstimmung der Strecke zwischen den Konsortialteilnehmern und den externen Partnern hat abschließend dazu geführt, dass trotz der sehr anspruchsvollen Strecke in Soest der Betrieb des Busses sehr gut funktioniert hat. Durch die gesammelten Erfahrungen im Bereich der Abstimmung und der Rahmenbedingungen an die Strecke können zukünftige Projekte profitieren. Die Prozesse können durch die erlernten Erkenntnisse optimiert und zielgerichteter auf das Ergebnis hingearbeitet werden, da Grundlagen vorhanden sind. Für nachfolgende Projekte ist es daher ratsam, die Erfahrungen und Probleme anderer Projekte frühzeitig mit einzubeziehen und möglichst eng zu verzahnen.

Da der Kern der Aufgaben der Stadt Soest in der Erhebung und Umsetzung der Infrastrukturmaßnahmen lag, hat die Stadt Soest bereits früh begonnen mögliche Maßnahmen aufzulisten. Dies war notwendig um einen Überblick über mögliche anstehende Aufgaben zu erlangen. Da zu diesem Zeitpunkt

der Fahrzeughersteller noch nicht feststand, konnten die Maßnahmen mithilfe des Fachbüros AutoBus nur abgeschätzt und nicht konkret festgehalten werden, bis das Fahrzeug und damit die genauen Anforderungen an die Strecke bekannt wurden. Erschwert wurde das Thema Strecke zudem durch eingeschränkte Möglichkeiten der Streckenbesichtigung aufgrund der Covid 19 Pandemie und den Witterungsbedingungen im Februar. Aufgrund der zeitintensiven Vorarbeiten und der notwendigen abschließenden Beauftragung der Prüforganisation TÜV Nord, welcher die finalen Vorgaben an die Strecke stellt, um diese abzunehmen, konnten die endgültigen Infrastrukturmaßnahmen sehr spät definiert werden. Der langwierige Prozess war in diesem Projekt aufgrund fehlender Erkenntnisse aus ähnlichen Projekten allerdings notwendig um die anspruchsvolle Strecke, die das Konsortium gewählt hat, zu realisieren und einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Durch eine aus der Erfahrung heraus bessere zeitliche Planung und Abfolge kann der Arbeitsaufwand zur Festlegung der Infrastrukturmaßnahmen im Bereich des autonomen Fahrens zukünftig reduziert werden. Ein Beispiel wäre im Nachgang, die deutlich frühere Einbindung des TÜV, der abschließend die Strecke beurteilen und abnehmen muss, um die Maßnahmen frühzeitiger klären zu können.

## 2.12 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

### Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Tabelle 19: Verwertung Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Integration eines autonomen Fahrzeugs in den ÖPNV in Soest	Das Vorhaben wurde erfolgreich umgesetzt. Es gab keine nennenswerten Ausfälle.
Erstellung eines Konzeptes zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen	Das Konzept steht der Öffentlichkeit zur Verfügung.

### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Tabelle 20: Verwertung Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Erstellung und Modellierung eines digitalen Zwillings zur Verortung und Navigation	Die Modellierung und die entsprechende Objekterkennung in der Realität soll für verschiedene Anwendungsbereiche weitergeführt und entsprechend getestet werden
Erstellung und Modellierung eines digitalen Zwillings	Nutzung des digitalen Zwillings für weiteres Verwaltungshandeln

### Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Tabelle 21: Verwertung Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
App zur Erkennung von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen	Die App identifiziert zuverlässig Rollstuhlfahrer und Kinderwagen an der Haltestelle und kann damit nachfolgende Aktionen, wie das Ausfahren der Rampe am Fahrzeug triggern. Die Objekterkennung soll für verschiedene Mobilitätsbereiche weitergeführt werden. Neben Shuttle-Bussen bestehen auch an Schienenfahrzeuge besondere Anforderungen für

	<p>mobilitätseingeschränkte Personen. Die Erkennung von Rollstuhlfahrern und Kinderwagen kann dort in Zukunft auch eingesetzt werden (z.B. Projekt BerDiBa).</p> <p>So sind mobilitätseingeschränkte Personen auch im Straßenverkehr besonderen Gefahren ausgesetzt. Bisherige Fahrerassistenzsysteme berücksichtigen z.B. Rollstühle oder Kinderwagen nicht gesondert. Die Erkennung kann also auch im Automotive-Bereich zu Verbesserungen führen.</p>
App zur barrierefreien Zielführung	<p>Mit der App können Personen mit und ohne Behinderungen zuverlässig und genau an ihr Ziel geführt werden. Die App erfüllt insbesondere auch die hohen Anforderungen an die Navigation von sehbehinderten und blinden Nutzenden. Die App wird laufend weiterentwickelt, so dass sie zukünftig eine überganglose Zielführung innerhalb und außerhalb von Gebäuden ermöglicht. Es sind in einem breiten Anwendungsfeld unterschiedliche Umsetzungen in der Planung.</p>

#### Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Tabelle 22: Verwertung Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

<b>Projektergebnis/ Inhalt</b>	<b>Nutzen/ Verwertung</b>
Verbesserung der Barrierefreiheit der ivanto Systemlösung, insbesondere der App	Potenzielle Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der ivanto Systemlösung, Beitrag zur Barrierefreiheit und damit Stärkung des ÖPNV und der Teilhabe von Seh- und Mobilitätseingeschränkten Nutzern
Verbesserung der ivanto Hardware und Hintergrundsystem in zukünftigen Iterationen des Systems durch Erfahrungen im Projekt	Potenzielle Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der ivanto Systemlösung, Beitrag zur Barrierefreiheit und damit Stärkung des ÖPNV und der Teilhabe von Seh- und Mobilitätseingeschränkten Nutzern

#### Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Tabelle 23: Verwertung Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

<b>Projektergebnis/ Inhalt</b>	<b>Nutzen/ Verwertung</b>
Manual zur Beschreibung von Anforderungen an autonome ÖPNV-Systeme.	Grundlegende Kriterien für eine barrierefreie Ausgestaltung von autonomen Fahrzeugen im ÖPNV wurden gesammelt und formuliert.
Manual zur Beschreibung der Anforderungen an Web-Applikationen zur barrierefreien Nutzung von autonomen Fahrzeugen.	Funktionen zur Barrierefreiheit der mobil info-App wurden mit Menschen mit Behinderungen in Zusammenhang mit dem verwendeten Fahrzeug überprüft. Die Ergebnisse wurden durch GeoMobile GmbH festgehalten.
Didaktisches Material zur Anleitung von Nutzerinnen und Nutzern mit Behinderungen.	Hinweise für die Entwicklung von didaktischem Material konnten trotz des niedrigen Entwicklungsstandes des Fahrzeuges und der restriktiven gesetzlichen Rahmenbedingungen abgeleitet werden.

Die ausführliche Darstellung der Projektergebnisse zu 1 und 2 ist im Gesamtbericht dargestellt.

Menschen mit Beeinträchtigungen und Experten für die Mobilität blinder und sehbehinderter Menschen benannten im Kontext der Workshops die folgenden Punkte die Entwicklung autonomer Fahrzeuge für den Linienverkehr betreffend:

- Durchgängige Berücksichtigung des Zwei-Sinne Prinzips
- Hörbarkeit des Fahrzeuges durch das AVAS-System
- Normung der akustischen Warn- und Fahrsignale (AVAS-System, Abbiegegeräusche, Warn-töne, Türfindesignal, Ausfahren der Rampe, etc.)
- Haltestellenansagen im Fahrzeug und per Applikation
- Richtungs- und Linienansage außerhalb des Fahrzeuges
- Eigenständige Sicherungsmöglichkeiten von Rollstühlen/Rollatoren durch deren Nutzer
- Verwendung von Drucktasten, um Fehlbedienungen zu vermeiden
- Einheitliche Struktur zum Auffinden wichtiger Elemente, wie Druckknöpfe, Informationen, etc.
- Erreichbarkeit der Bedienelemente von jeder Position aus (z.B. unter jedem Sitz)
- kontrastreiche Displayanzeigen im Fahrzeug
- Check-In/Be-Out-Systeme zugänglich für Jedermann
- Verwendung leichter Sprache oder einheitlicher Symbole
- Anzeigen ohne Laufschrift
- Seitliche Beleuchtung der Rampe zusätzlich zur farbigen Abhebung
- Niveaugleicher Zugang
- Vereinheitlichung zur Nutzung von Features für Menschen mit Behinderungen in Apps für den ÖPV (z. B. Bus-Radar in der mobil info). Darüber hinaus müsse das Auffinden des richtigen Busses auch ohne Nutzung eines Smartphones möglich sein.
- Barrierefreiheit von Apps und Webseiten (Nutzung von üblichen Hilfsmittelunterstützungssystemen wie z.B. Sprachausgabe, Vergrößerung, Leichte Sprache, etc.)

Eine ausführliche Darstellung befindet sich im Bericht der Interlink GmbH.

Neben den oben bereits ausführlich beschriebenen Aktivitäten zur Erreichung der Ziele 1 und 2 des Teilvorhabens bestand das dritte Ziel darin, ein didaktisches Manual zur Einweisung blinder und sehbehinderter Menschen in die Nutzung autonomer Fahrzeuge zu erstellen. Es erwies sich jedoch als nicht sinnvoll, auf dem aktuellen Entwicklungsstand der Technik der Automatisierungsstufe 2 (kein autonomes Fahren ohne Operator) ein Manual auszuformulieren. Zudem wich die Innenraumgestaltung des Versuchsfahrzeugs von den zukünftig im Regelverkehr verwendeten Fahrzeugen ab. Normen und Vorschriften, wie z. B. aus dem „Handbuch Barrierefreiheit im Fernbuslinienverkehr“ gelten nicht für autonome Kleinbusse im Experimentalstadium. An dieser Stelle müssen neue Normen und Richtlinien geschaffen werden, um ein einheitliches Gesamtbild in den zukünftigen Fahrzeugen entwickeln zu können, aus denen übertragbare Muster für die Orientierung und Mobilität blinder Menschen abgeleitet werden können.

Neben den Veränderungen der Fahrzeuge ist es ebenfalls wichtig, die O & M-Angebote insbesondere für blinde und sehbehinderte Menschen weiterzuentwickeln. Folgende Aspekte sind bei der Entwicklung geeigneten didaktischen Materials und bei der Unterrichtsgestaltung für die Gewährleistung einer sicheren Nutzung autonomer Fahrzeuge durch blinde und sehbehinderte Menschen zu berücksichtigen:

- **Auswahl einer Applikation:** Vermittlung von Kriterien für die Auswahl einer Applikation einschl. Barrierefreiheit und Nutzbarkeit, behinderungsspezifische Features, Kompatibilität mit dem zu nutzenden Verkehrssystem und dem eigenen Smartphone, integrierte Routenplanung einschl. Fußweg zum und vom Fahrzeug etc.
- **Applikation:** Kennenlernen und Einübung der Nutzung der gewählten Applikation und ihrer Features incl. der Grundeinstellung für die behinderungsspezifischen Features, Identifikation des richtigen Fahrzeugs, Auslösen des Türfindesignals, Starten der Haltestellen-Ansage, Auslösen des Haltewunsches etc.
- **Fußgängernavigation:** Kennenlernen und Einüben der mit der Applikation verbundenen Fußgängernavigation zum und vom Fahrzeug einschl. Optimierung der Informationsübertragung (per Vibration oder akustisch), Richtungsfindung an Startpunkten, Entwicklung des Verständnisses für technisch und umweltbedingte Positionsabweichungen, Persönliche Sicherung etc.
- **Fahrzeuge:** Kennenlernen der eingesetzten Fahrzeuge, insbesondere Ein- und Ausgänge, Position der Sitzplätze für Schwerbehinderte, Position der SOS-Taste und der Notbremse, Position und Funktion weiterer Funktionstasten, Zuordnung der Bedeutung unterschiedlicher Signaltöne (AVAS, Türfindesignal, Schließsignal, ggf. Abfahrtsignal, Ankündigung von Durchsagen etc.), Information über den technischen Stand der Fahrzeuge (Verfügen alle Fahrzeuge über dieselben Funktionen? Wenn nein, welche Funktionen werden in welchem Fahrzeug (nicht) angeboten?), Kontaktaufnahme mit der Leitstelle, alternative Nutzungsmöglichkeit ohne Smartphone-Applikation etc.
- **Bei On-Demand-Verkehren:** Kennenlernen der Optionen für die Bestellung eines Fahrzeuges (Ort und Zeit) sowie Angabe des Reiseziels.
- **Praktische Einübung:** Entscheidung über die beste angebotene Route treffen (insbesondere unter dem Aspekt der Sicherheit), Informationsbeschaffung im Fahrzeug bzw. an der Haltestelle, Sicherheit während der Fahrt sicherstellen (Sitzplatz auffinden, Hilfsmittel wie Blindenführhund, Rollator, Rollstuhl etc. sichern), Informationsbeschaffung während der Fahrt (insbesondere Haltestellenansage), Haltewunsch auslösen, Tür öffnen, sicheren Ausstieg prüfen und ausführen, Position bestimmen.
- **Troubleshooting:** Reaktionsmöglichkeiten bei besonderen Vorkommnissen im Fahrzeug, Handlungsmöglichkeiten bei Versagen des Smartphones, Entscheidung über alternative Route, wenn das Fahrzeug die Zielhaltestelle (z. B. wegen Umleitung) nicht anfährt.

Die vorstehende Auflistung fasst die im Rahmen des Modellvorhabens Ride4All gesammelten Erfahrungen zusammen. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr ist die Unterweisung in Orientierung und Mobilität von den konkreten Gegebenheiten, insbesondere vom Stand der technischen Entwicklung und den Mobilitätsbedarfen der betroffenen Personen abhängig

Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Im Rahmen des Vorhabens in Soest konnten für den aktuellen Stand der Technik wichtige Erkenntnisse zur Konzeptionierung, Genehmigung, Einführung und Durchführung eines teilautomatisierten Linienbetriebs gesammelt werden. Bestätigt haben sich einerseits die Zuverlässigkeit und Sicherheit des Systems, andererseits aber auch dessen Grenzen insbesondere im Hinblick auf die Reisegeschwindigkeit und auf das Erfordernis von manuellen Eingriffen.

Tabelle 24: Verwertung Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Hohe Verfügbarkeit	Betriebssicherheit ist gegeben
Keine sicherheitsrelevanten Vorfälle	Betriebssicherheit ist gegeben
Niedrige Geschwindigkeit, regelmäßige Zwangsbremungen aufgrund von Hindernissen	Der verkehrliche Nutzen des Systems ist noch sehr begrenzt.
Keine autonome Umfahrung von Hindernissen	Ein Betrieb ohne Begleitpersonal ist noch nicht möglich.
Begrenzung der maximalen Streckenlänge	Der verkehrliche Nutzen des Systems ist noch sehr begrenzt.

#### Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Tabelle 25: Verwertung Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Integration autonomes Fahrzeug in den ÖPNV	Die Integration von autonomen Fahrzeugen in den ÖPNV bedarf noch einiger Anpassung an der Infrastruktur sowie am Fahrzeug selber, damit es nicht als Verkehrshindernis wahrgenommen wird. Auf Grundlage der Ergebnisse des Projektes im Teilbereich der Stadt Soest wird v.a. die Anforderung an die Infrastruktur deutlich. Die aktuelle Infrastruktur lässt ohne vorherige Maßnahmen einen Betrieb autonomer Fahrzeuge noch nicht bzw. nur eingeschränkt zu. Ebenso muss der Rechtsrahmen noch weiter an die Erfordernisse autonomer Fahrzeuge (z.B. eine erleichterte Anordnung von Tempo 30) angepasst werden.
Optimierung Interaktion von mobilitätseingeschränkten Personen mit autonomen Fahrzeugen	Durch die Workshops des LWL mit mobilitätseingeschränkten Personen im autonomen Bus konnten weitreichende Erfahrungen gesammelt werden, welche Anforderungen dieser Personenkreis an automatisierte Fahrzeuge „ohne Fahrer“ stellt. Diese Erfahrungen können in den weiteren Arbeiten zur allgemeinen Strategie der Barrierefreiheit einfließen und diese weiter verbessern. Beispielhaft wurde der Betrieb in Soest an vollständig barrierefreien Haltestellen und Haltestellen an normalen Gehwegen durchgeführt. Die unterschiedliche Einstiegshöhe in den Bus in Verbindung mit der Rampe am Fahrzeug wurde im Rahmen der Workshops getestet.
Erfassung/Herstellung von Teilstrecken im Soester Stadtgebiet für autonome Fahrzeuge	Durch das Projekt Ride4All ist bekannt, welche Anforderungen autonome Busse (Level 2) an die bestehende Infrastruktur haben. Daher müssen weitere Teilstrecken mit Bedacht gewählt und u.a. auf die Verkehrsstärke,

	Geschwindigkeit oder Verkehrshindernisse geachtet werden, damit ein reibungsloser Betrieb möglich wäre.
Autonomes Fahren als zusätzliche Mobilitätsoption	Das autonome Fahren stellt erst eine zusätzliche Option dar, wenn die Fahrzeuge mithilfe der Studien weiterentwickelt werden und z.B. eine höhere Geschwindigkeit fahren oder ohne das Eingreifen eines Operators im Bus auskommen. Aktuell übersteigen die Kosten den Nutzen enorm. Aber bereits zum jetzigen Zeitpunkt sollte diese Möglichkeit in strategischen Konzepten des ÖPNV als Mobilität der Zukunft mitgedacht werden. Vor allem in dünn besiedelten Gebieten, welche nicht wirtschaftlich durch den normalen ÖPNV bedient werden können, könnte der autonome Busverkehr ein großes Potenzial darstellen.

## 2.13 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

### Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Dem Kreis Soest sind keine Fortschritte bekannt geworden.

### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Der eagle eye technologies GmbH sind keine Fortschritte bekannt geworden.

### Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Fraunhofer FOKUS hat während der Projektlaufzeit keine Kenntnis zu Fortschritten auf den Gebieten der barrierefreien Navigation sowie zur Erkennung von Fahrgästen mit Rollstühlen oder Kinderwagen im Zusammenhang mit autonom fahrenden Bussen erlangt.

### Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Der GeoMobile GmbH sind keine Fortschritte bekannt geworden.

### Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Parallel zu Ride4All wurde das im Rahmen des Horizon 2020-Programms EU-geförderte Projekt PAsCAL ([www.PAsCAL-Project.eu](http://www.PAsCAL-Project.eu)) durchgeführt. Im Zentrum dieses Projektes stand die Akzeptanzforschung automatisierter und vernetzter Fahrzeuge. Hierbei wurde auch die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im Linienverkehr durch blinde und sehbehinderte Menschen beleuchtet. Eine Pilotstudie widmete sich dem Erleben einer Fahrt in einem (angeblich) autonomen Bus auf dem Betriebsgelände eines Fahrzeugherstellers. Darüber hinaus wurden Befragungen und Fokusgruppendifkussionen durchgeführt. Erste Ergebnisse wurden zwischenzeitlich publiziert. Aktuell wird ein internetbasierter „Guide to Autonomie – G2A“ erstellt, den zukünftig unterschiedlichen Stakeholdern die Möglichkeit geben soll, die aus dem Projekt PAsCAL gewonnenen Erkenntnisse zu nutzen.

Hinsichtlich der Akzeptanz autonomer Fahrzeuge decken sich die Erkenntnisse beider Projekte bzgl. blinder und sehbehinderter Menschen weitgehend.

### Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Der Austausch mit einem Kollegen von Bahnen der Stadt Monheim ergab erwartungsgemäß einen vergleichbaren technischen und betrieblichen Stand beider Vorhaben. Für den Vertreter aus Monheim waren insbesondere die Erkenntnisse zur Barrierefreiheit aus Soest neu und von Interesse. Von unserer Seite ergaben sich neue Erkenntnisse im Hinblick auf einen längerfristigen Betrieb und Personaleinsatz. So wenden die Bahnen der Stadt Monheim ein abweichendes Schichtmodell mit häufigerem Personalwechsel für die Begleitpersonale an, und die Bedienung erfolgt antizipativ mit häufigeren manuellen Eingriffen als in Soest, insbesondere um starke Bremsvorgänge möglichst frühzeitig abzufangen.

Auch die Beobachtung weiterer vergleichbarer Projekte (insbesondere HEAT in Hamburg, TaBuLa in Lauenburg, SAM in Drolshagen und Lennestadt, a-Bus in Iserlohn) ergab für den derzeitigen Zeitpunkt keinen grundsätzlich neuen Stand bei der technischen Entwicklung.

#### Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Im Bereich des Teilvorhabens der Stadt Soest wurde während der Durchführung des Vorhabens kein Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt.

## 2.14 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

#### Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Tabelle 26: Veröffentlichungen Teilvorhaben A „Kreis Soest“

Titel	Datum	Ort (Zeitungname, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
Projekt Ride4All - SOfia unterwegs	Dezember 2021	E-Mobility-Magazin 2021	Vorstellung Projekt
Handlungsempfehlungen zur barrierefreien Nutzbarkeit von autonom fahrenden Straßenfahrzeugen im ÖPNV	2022	DVWG Journal für Mobilität und Verkehr	Vorstellung Forschungsergebnisse
Barrierefreiheit von autonomen Shuttle-Bus-Verkehren	13.-15.06.2022	Deutscher Nahverkehrstag 2022	Vorstellung Forschungsergebnisse

#### Teilvorhaben B „eagle eye technologies GmbH“

Veröffentlichungen zu dem Vorhaben sind seitens eagle eye technologies zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht geplant.

#### Teilvorhaben C „Fraunhofer FOKUS“

Veröffentlichungen zu dem Vorhaben sind seitens Fraunhofer FOKUS zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht geplant.

Teilvorhaben D „GeoMobile GmbH“

Veröffentlichungen zu dem Vorhaben sind seitens der GeoMobile GmbH zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht geplant.

Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk Soest“

Tabelle 27: Veröffentlichungen Teilvorhaben E „LWL Berufsbildungswerk“

<b>Titel</b>	<b>Datum</b>	<b>Ort (Zeitungsname, ISBN, ggf. Link etc.)</b>	<b>Inhalt (kurz)</b>
Umsetzung des „Design for All“ bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge	15.10.2021	2. Coburger Mobilitätskongress Online: <a href="https://www.hs-coburg.de/ueberuns/veranstaltungen/coburger-mobilitaets-kongress.html">https://www.hs-coburg.de/ueberuns/veranstaltungen/coburger-mobilitaets-kongress.html</a>	Referat zur Umsetzung des "Design for All" bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge mit Blick auf Barrierefreiheit für Menschen mit Behinderungen
Auf dem Weg zum autonomen Fahren	12/2021	Visus – Zeitschrift des Bundes zur Förderung Sehbehinderter e. V.	Auf dem Hintergrund des Design-for All-Konzeptes werden Erkenntnisse aus dem Projekt Ride4All dargestellt.
Autonomous and connected vehicles and visual impairment: opportunities and challenges	Geplant 07.2022	Kongress der französischsprachigen Experten für Ergonomie (SELF), 2022, Genf	Darstellung der Ergebnisse aus den Projekten PAsCAL und Ride4All unter dem Aspekt der Zugänglichkeit autonomer Fahrzeuge durch Menschen mit Behinderungen
Arbeitstitel: Bericht über das Projekt Ride4All – Konsequenzen für die Unterweisung in Orientierung und Mobilität	Geplant 05.2023	Orientierungshilfe, Fachzeitschrift des Bundesverbandes der Rehabilitationslehrer/-lehrerinnen für Blinde und Sehbehinderte e. V.	Umsetzung der Erkenntnisse durch Mobilitätsexperten in der Unterweisung blinder Menschen
Arbeitstitel: Perspektiven autonomer Fahrzeuge für blinde und sehbehinderte Menschen	Geplant 08.2023	XXXVII. Kongress für Blinden- und Sehbehindertpädagogik, Marburg, 2023 <a href="http://www.VBS.eu">www.VBS.eu</a>	Darstellung der Projektergebnisse und ihrer Bedeutung für die Pädagogik bei Blindheit und Sehbehinderung

Teilvorhaben F „Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH“

Veröffentlichungen zu dem Vorhaben sind seitens der RLG zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht geplant.

Teilvorhaben G „Stadt Soest“

Veröffentlichungen zu dem Vorhaben sind seitens der Stadt Soest zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht geplant.

## Literaturverzeichnis

Bharathy, Aravind; D'Souza, Clive (2018): Revisiting Clear Floor Area Requirements for Wheeled Mobility Device Users in Public Transportation. In: *Transportation research record* 2672 (8), S. 675–685. DOI: 10.1177/0361198118787082.

Bin-Nun, Amitai; Claypool, Henry; Gerlach Jeffrey (2017): SELF-DRIVING CARS: THE IMPACT ON PEOPLE WITH DISABILITIES. Hg. v. Ruderman Family Foundation. Online verfügbar unter [https://rudermanfoundation.org/white\\_papers/self-driving-cars-the-impact-on-people-with-disabilities/](https://rudermanfoundation.org/white_papers/self-driving-cars-the-impact-on-people-with-disabilities/)

Cash, Andrew T.G.; Castle, Claire L.; Fairchild, Richard G.; Gomes, Renata S.M.; Hussain, Syeda F.; Kempapidis, Theofilos (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. In: *Journal of Transport & Health* 19 (2020), DOI: 10.1080/10447318.2018.1561787.

Cory, Dennis; Denninghaus, Erwin (2016): Action for Accessibility and Usability Action for Accessibility and Usability of Public and Private Transport of the Future by People with Visual Impairment and Blindness. unpublished. Hg. v. European Blind Union.

Groenewold Hilke; Heinke Stephan; Tölke Ebehard; Woltersdorf Peter (2019): Anforderungskatalog von blinden und sehbehinderten Nutzern an das Autonome Fahren. Hg. v. Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V. Online verfügbar unter <https://www.dbsv.org/anforderungskatalog-an-das-autonome-fahren.html>, zuletzt geprüft am 05.02.2022.

National Council on Disability (2015): Self-Driving Cars: Mapping Access to a Technology Revolution. Hg. v. National Council on Disability. Online verfügbar unter [https://ncd.gov/sites/default/files/NCD\\_AutomatedVehiclesReport\\_508-PDF.pdf](https://ncd.gov/sites/default/files/NCD_AutomatedVehiclesReport_508-PDF.pdf), zuletzt geprüft am 07.02.2022.

Office of Disability Employment Policy: Autonomous Vehicles: Driving Employment for People with Disabilities. Hg. v. Office of Disability Employment Policy. Online verfügbar unter <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pj5bgk-67usJ:https://www.dol.gov/sites/dolgov/files/odep/topics/av-info-guide-revised.doc+&cd=1&hl=de&ct=clnk&gl=de>, zuletzt geprüft am 05.02.2022.

Tabattanon, Kamolnat; D'Souza, Clive (2021): Accessibility Retrofit of a Shared Automated Vehicle: Challenges and Lessons Learned. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 65 (1), S. 385–389. DOI: 10.1177/1071181321651168.

UN-Behindertenrechtskonvention (2009): Zugänglichkeit, vom Artikel 9 Absatz 1. Online verfügbar unter <https://www.behindertenrechtskonvention.info/zugaenglichkeit-3790/#:~:text=Der%20innerhalb%20der%20UN%2DBehindertenrechtskonvention,von%20einer%20zug%C3%A4nglichen%20Umwelt%20abh%C3%A4ngt.&text=Barrierefreiheit%20ist%20eine%20Zielvorgabe%20f%C3%BCr%20die%20Gestaltung%20aller%20Lebensbereiche.>, zuletzt geprüft am 05.02.2022.

Weiß-Gschwendtner, Rosa Maria (Hg.) (2001): *Mobilität und lebenspraktische Fertigkeiten im Unterricht mit sehgeschädigten Kindern und Jugendlichen*. Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung. 2. Aufl. Würzburg: Ed. Bentheim.

## Anhang

### Anhang 1: Fragebogen

#### LWL Berufsbildungswerk Soest

- Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen -



Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

herzlich willkommen und vielen Dank für Ihr Interesse an unserem Fragebogen!

Das Projekt „Ride4All“ beschäftigt sich thematisch mit dem autonomen Fahren im öffentlichen Personennahverkehr. Hierbei sollen zukünftig Fahrzeuge ohne Fahrzeugführer in den Straßenverkehr integriert werden. Jedermann sollte in der Lage sein, autonome Fahrzeuge selbstständig und barrierefrei nutzen zu können. Dieses wird im Rahmen des Projektes testweise mit einem Kleinbus eruiert. Aus diesem Grund ist es wichtig, den aktuellen Unterstützungsbedarf, wie auch die Herausforderungen im Bereich der Mobilität zu ermitteln. Ihre Angaben ermöglichen eine größtmögliche realistische Bestandserhebung des momentanen Ist-Zustandes im ÖPNV-Bereich.

Mit Ihnen wollen wir zusammen erforschen, wie die Nutzung autonomer Fahrzeuge in Zukunft für Jedermann möglich ist. Hierbei heißt das Motto:

#### **Nicht abgehängt werden, sondern neue Möglichkeiten erschließen!**

Um alle Fragebögen erfolgreich auswerten zu können, bitten wir diesen sorgfältig zu bearbeiten.

Es werden circa 15 Minuten Zeitaufwand bei dem Ausfüllen benötigt.

#### **Fragebogen:**

##### **Persönliche Angaben:** (freiwillige Angabe)

Füllen Sie den Fragebogen als Begleitperson aus?  Ja  Nein

Geschlecht:  weiblich  männlich  divers

Name  Vorname

Alter:  18 – 35  36 – 50  51 – 65  ab 65

Von welcher der folgenden Fähigkeiten sind Sie vorübergehend oder dauerhaft beeinträchtigt? (Mehrfachnennung möglich)

- Sehen
- Hören
- Gehen

- Geistig
- Emotional
- Andere

Geben Sie bitte zusätzlich an, welche Funktionen am meisten eingeschränkt ist? (Mehrfachnennung möglich)

- Sehen
- Hören
- Gehen
- Geistig
- Emotional
- Andere

**1. Nutzungsverhalten im öffentlichen Nahverkehr**

1.1 Welche Fahrzeuge nutzen Sie im Alltag? (Mehrfachnennung möglich)

- Auto
- Bus
- Schienenfahrzeuge
- Bürgerbus
- Taxi / Taxibus
- Fahrrad

1.2 Was ist Ihnen am wichtigsten bei der Wahl eines Verkehrsmittels? (max. 3 Auswahlmöglichkeiten)

- Flexibilität
- Komfort
- Zuverlässigkeit
- Schnell von A nach B
- Spaß beim Fahren
- Geringe Kosten
- Sicherheit
- Moderne Technik
- Umweltverträglichkeit

1.3 Wie oft nutzen Sie die folgenden Fahrzeuge? (Bitte zutreffendes ankreuzen)

- |                   |                                  |                                               |                              |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| Auto              | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |
| Bus               | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |
| Bahn /Straßenbahn | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |
| Bürgerbus         | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |
| Taxi /Taxibus     | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |
| Fahrrad           | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |
| zu Fuß            | <input type="checkbox"/> täglich | <input type="checkbox"/> mehrmals wöchentlich | <input type="checkbox"/> nie |

1.4 In welchem Lebensbereich benutzen Sie diese? (Bitte zutreffendes ankreuzen)

- |                   |                                 |                                    |
|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Auto              | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |
| Bus               | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |
| Bahn /Straßenbahn | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |
| Bürgerbus         | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |
| Taxi / Taxibus    | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |
| Fahrrad           | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |
| zu Fuß            | <input type="checkbox"/> privat | <input type="checkbox"/> beruflich |

1.5 Fahren Sie nur die Ihnen bekannten Strecken? (bitte zutreffendes ankreuzen und kurze begründen)

- Ja, weil

- Nein, da

1.6.1 Welche Fußgängernavigations- App nutzen Sie?

- |                                       |                                  |                                      |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Google Maps  | <input type="checkbox"/> Karten  | <input type="checkbox"/> Via Optanav |
| <input type="checkbox"/> Blind Square | <input type="checkbox"/> Routago | <input type="checkbox"/> Sonstige    |

1.6.2 Welche Apps nutzen Sie derzeit für den ÖPNV?

- |                                       |                                       |                                     |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> DB Navigator | <input type="checkbox"/> Bahnhof Live | <input type="checkbox"/> mobil info |
| <input type="checkbox"/> Google Maps  | <input type="checkbox"/> Sonstige     |                                     |

**2. Assistenz**

2.1 Wenn Sie Unterstützung benötigen, wie oft nehmen Sie diese in Anspruch? (Bitte zutreffendes ankreuzen)

- |                   |                                |                                |                              |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Auto              | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Bus               | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Bahn /Straßenbahn | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Bürgerbus         | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Taxi / Taxibus    | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Fahrrad           | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Fuß               | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |

2.2 In welchen Situationen benötigen Sie Unterstützung durch Fachpersonal/fremde Personen? (bitte zutreffendes ankreuzen und Situation/Fallbeispiel als Fließtext ergänzen)

- |                                    |                                        |                                            |
|------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Auto      | <input type="checkbox"/> Bus           | <input type="checkbox"/> Bahn /Straßenbahn |
| <input type="checkbox"/> Bürgerbus | <input type="checkbox"/> Taxi /Taxibus |                                            |

**3. Herausforderungen**

3.1 Wie häufig werden Sie mit Herausforderungen (z.B. Hilfestellung beim Ausfahren der Rampe; Hilfestellung beim Erfragen der richtigen Buslinie) im Bereich der Mobilität konfrontiert?

- |                   |                                |                                |                              |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Auto              | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Bus               | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Bahn /Straßenbahn | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Bürgerbus         | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Taxi/Taxibus      | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Fahrrad           | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |
| Fuß               | <input type="checkbox"/> immer | <input type="checkbox"/> öfter | <input type="checkbox"/> nie |

3.2 Welche sind diese?

3.3 Wie könnten aus Ihrer Sicht die Herausforderungen beseitigt werden?

#### **4. Zukunft**

4.1 Wie könnte das Benutzen von Fahrzeugen verändert und optimiert werden?

4.2 Was wünschen Sie sich zukünftig im Bereich Mobilität?

## Anhang 2: Beobachtungsbogen

### LWL Berufsbildungswerk Soest

- Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen -



Für die Menschen.  
Für Westfalen-Lippe.

### Beobachtungsprotokoll „Ride4All“

Datum: \_\_\_\_\_ Fahrtrunde (1 oder 2): \_\_\_\_\_

Person	Alter	Art der Behinderung	Genutzte Hilfsmittel	App-Nutzung [ja/nein]
1				
2				
3				
4				

Handlungsschritt	Person	Bemerkungen
Lokalisation Haltestelle	1	
	2	
	3	
	4	

Positionierung	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	
Einsteigen/Auf- finden der Tür	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	

Kontrolle Buslinie	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	
Haltewunsch	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	

Sitzplatz	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	
Aussteigen	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	

Sonstiges:	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	

## Anhang 3: Präsentation „Einstieg autonomes Fahren“



### Inhalt

1. Was beinhaltet das Forschungs- und Entwicklungsprojekt?
2. Wer ist am Projekt beteiligt?
3. Was sind die Ziele?
4. Auf dem Weg zur autonomen Mobilität
5. Wie sieht Sofia aus?

2 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen

LWL

### Inhalt

6. Wieso autonom Fahren?
7. Welche Felder werden erforscht?
8. Warum gibt es das Projekt?
9. Welche Fragen bleiben offen?

3 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen

LWL

### 1. Was beinhaltet das Forschungs- und Entwicklungskonzept?

- **Projektlaufzeit:** 01.01.2020 – 31.12.2021
- **Fördermittelgeber:** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

4 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen

LWL

## 2. Wer ist am Projekt beteiligt?

### **Projektkonsortium:**

- Kreis Soest
- Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (RLG)
- Stadt Soest
- LWL-Berufsbildungswerk Soest – Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen (LWL-BBW Soest)
- GeoMobile GmbH
- Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS)
- eagle eye technologies GmbH

## 2. Wer ist am Projekt beteiligt?

### **Projektkonsortium:**

- Kreis Soest
- Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (RLG)
- Stadt Soest
- LWL-Berufsbildungswerk Soest – Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen (LWL-BBW Soest)
- GeoMobile GmbH
- Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS)
- eagle eye technologies GmbH

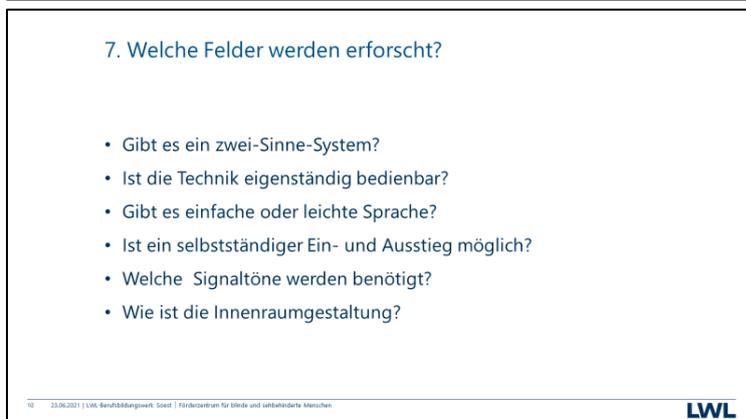
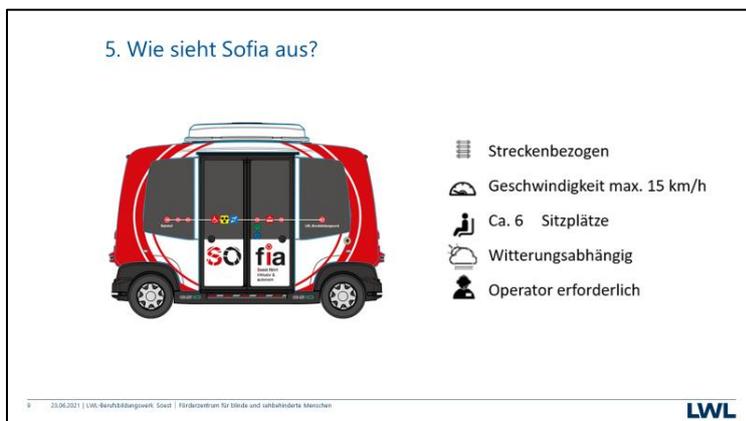
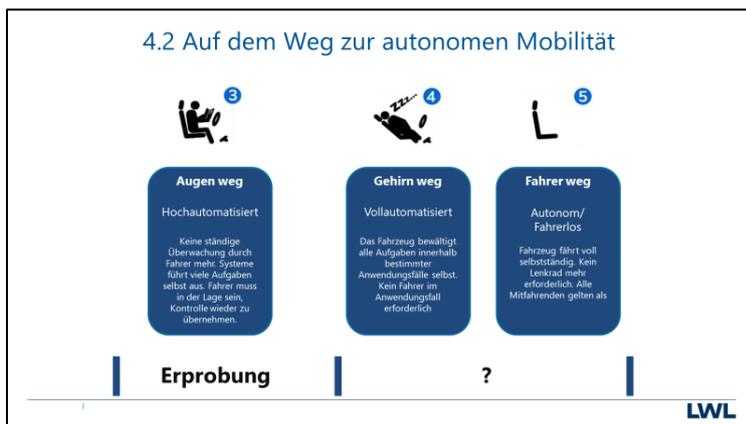
## 2. Wer ist am Projekt beteiligt?

### **Projektkonsortium:**

- Kreis Soest
- Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (RLG)
- Stadt Soest
- LWL-Berufsbildungswerk Soest – Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen (LWL-BBW Soest)
- GeoMobile GmbH
- Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS)
- eagle eye technologies GmbH

## 3. Was sind die Ziele?

- Vernetzung und Verknüpfung autonom fahrender elektrischer Busse im Regelbetrieb des ÖPNV
- Erforschung inklusiver Rahmenbedingungen für die Nutzung autonomer Fahrzeuge durch Menschen mit Sinnes- und Mobilitätseinschränkungen
  - Erstellung eines Konzepts zur sozialen Akzeptanz und Barrierefreiheit von autonomen Kleinbussen



### 8.1 Warum gibt es das Projekt?

- Seit Ende 2006 Durchführung verschiedener Förderprojekte
- Schwerpunkt Mobilität zum Ausbau des barrierefreien ÖPNVs im Kreis Soest




11 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen LWL

### 8.2 Die „mobil-info“ App

Barrierefreie Steuerung	Verbindungs-auskunft mit Fahrtbegleitung	Start – Ziel Fußgänger Navigation
Individuelle Nutzerprofile	Echtzeit-informationen	Bus-Radar



12 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen LWL

### 8.3 Die „mobil info“-App



- Implementierung von „Sofia“ in den Bus-Radar
- Besonderheit: keine direkte Anbindung an den Bordrechner möglich
- Erforschung und Entwicklung der notwendigen Schnittstellen und Möglichkeiten zur Kommunikation zwischen Smartphone und Fahrzeug

13 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen LWL

### 9. Welche Fragen bleiben offen?



14 23.06.2021 | LWL-Berufsbildungswerk Soest | Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen LWL

## Anhang 4: Ablauf Workshops

### Ride4All – Forschungsdesign/Ablauf Workshops

#### Methodisches Vorgehen

1. **Teilstandardisierte Befragung in Kleingruppen** nach einer Testfahrt mit Personen aus allen 6 Nutzergruppen, um Anforderungen („Hypothesen“) zu generieren, ähnlich wie „Anforderungskatalog von blinden und sehbehinderten Nutzern an das Autonome Fahren“ des BDSV
  - Anzahl Workshops: 11-13 (4.8 bis 3.11.)
  - Umfang: 1 (bei Rollstuhlfahrendem) bis 4 Personen pro Testfahrt (+ Beobachter + Operator), 2 Testfahrten pro Workshop → 2-8 Personen pro Workshop insgesamt (möglichst nicht 2 Rollstuhlfahrende am gleichen Tag)
  - Zeitpunkt der Befragung: gemeinsame Fragerunde beider Gruppen nach der 2. Fahrtrunde
  - Ergebnis: Gesprächsprotokoll und Aufzeichnung; Erfahrungen aus der experimentellen Nutzung zu Akzeptanz und Handlungsbedarf in Soest, die als Grundlage für Normungen/Richtlinien dienen kann + Abfrage Zustimmung zu DBSV-Forderungen + Abfrage für GeoMobile (App-Nutzung)
  - Verifizierung: Andere räumliche Rahmenbedingungen und andere Apps schaffen andere Eindrücke. Aber die Ergebnisse in Soest können als Grundlage dienen und gelten demnach so lange bis neue Forschungsergebnisse existieren. Transparente Darstellung der Zusammensetzung der Teilnehmenden als Forschungsgrundlage (Repräsentativität dagegen nicht praktikabel umsetzbar).
2. Pause, wenn die andere Gruppe die Testfahrt durchführt: Ausfüllen eines **Fragebogens** für soziodemografische Angaben und Nutzungsverhalten ÖPNV
3. **Beobachtungen** während der Fahrt (und auf dem Weg zur Haltestelle) → Beobachtungsleitfaden mit Angabe, ob App genutzt wurde (Teilnehmender muss entspr. Smartphone besitzen und App bereits genutzt haben)
4. **Einzelinterviews** von (ca. 10) Schüler/innen des LWL, welche App-Nutzer/innen sind durch Studenten von GeoMobile (Testfahrten im Regelbetrieb)
5. Auswertung

- **Auswertung der Gruppendiskussionen sowie der Beobachtungen:** Herleitung von Anforderungen („Hypothesen“) (im Falle der Sehbehinderten: Abgleich mit dem DBSV-Papier)
- Zusammenführung der Anforderungen der verschiedenen Nutzergruppen (inkl. Inhalte aus dem DBSV-Papier) und Formulierung entsprechender Empfehlungen/Forderungen

### **Nächste Schritte**

- Fragebogen, Leitfragen, Beobachtungsbogen und PowerPoint-Folien durch Interlink (IL) → Abstimmung ab **12.7.** mit Herrn Denninghaus
- LWL stimmt sich ab, wer ein Einladungsschreiben erstellt
- LWL organisiert Teilnehmer (wie bisher)
- IL stimmt sich mit Fraunhofer und GeoMobile über weitere Fragestellungen ab
- Methode Einzelinterviews mit GeoMobile klären
- Rollstuhlfahrer kann nur allein mit Beobachter im Fzg. sein → Erich Herguijuela testet Befestigung im Fahrzeug

### **Generelles zum Workshop**

- APP soll bis 1.8. funktionsfähig sein (außer Stopp-Taste), Probelauf der App am Vortag zum 2. WS (3.8.)
- Im Vorfeld die App installieren und auf Probleme hinweisen
- Beobachtungsbogen: 8 Leitthemen vorhanden beim LWL
- In Beobachtungsbogen notieren, wie viele Probanden die App nutzen
- Leitfragen: nicht fragen, wie ihnen die App gefällt, sondern die Funktionen der App in den Mittelpunkt stellen
- Probeworkshop: 28.7.
- IL ist am 28.7. und 4.8. vor Ort
- Begleitung: Je WS 3-4 Personen vom LWL + Kreis Soest für App-Einführung
  - 1 Moderator:in
  - 1 Protokollant:in
  - 1 Beobachter:in

**Ablauf | Workshop Ride4All - SOfia (Soest fährt autonom und inklusiv)**

<b>Zeit</b>	<b>Übung</b>	<b>Ablauf / Fokus / Auswertung</b>	<b>Medien / To-Do</b>
<b>Mittwochs, ab 28.07.2021, 9.00 – 13.00 Uhr, LWL-Berufsbildungswerk Hattroper Weg 57, 59494 Soest</b>			
ab 8.00 30'	Vorbereitung	<u>Vorbereitung des Raumes:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tischinseln à 2-8 Plätze</li> <li>• 1 Moderatorentisch</li> <li>• Beamer/Präsentationswand, Laptop (Moderator:in)</li> <li>• Aufzeichnungstechnik</li> <li>• Laptop/Tablet für Gesprächsprotokoll (Protokollant:in)</li> <li>• 1 Pinnwand</li> <li>• 1 Flip-Chart</li> <li>• Evtl. 2 Smartphones mit installierter App</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TN-Liste vorbereiten (mit Feld negativem Corona-Test)</li> <li>• Corona-Selbsttests als Backup bereithalten</li> <li>• Materialien für Namensschilder</li> <li>• Klebepunkte zur Aufteilung der Gruppen (blau/grün)</li> <li>• Leitfragen</li> <li>• Agenda auf Pinnwand platzieren</li> <li>• Aufsteller vor den Haupteingang stellen (Hinweisschild)</li> <li>• Catering: Kaffee/Kaltgetränke</li> <li>• Präsentationsmaterial: PPP</li> <li>• Technik: Beamer, Laptop</li> <li>• Flipchart, Blöcke und Stifte Moderatorenkoffer</li> </ul>
08.30 Uhr 15'	Vorbereitung	<b>Team-Meeting</b> (LWL, Moderator:in, Betreuer:innen) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Letzte Einweisung in den Ablauf der Veranstaltung</li> <li>• Technik-Check</li> <li>• Präsentation starten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilnehmerliste auslegen</li> <li>• Blanko Namensschilder und Stifte auslegen</li> <li>• Klebepunkte auf Namensschild kleben (durch LWL)</li> </ul>
Ab 08.45 Uhr 15'	Vorbereitung	Einlass der Teilnehmer:innen <ul style="list-style-type: none"> <li>• TN ggf. zum Platz begleiten (LWL)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschrift TN-Liste</li> <li>• Namensschilder beschriften</li> <li>• Platz nehmen</li> </ul>
<b>9.00 Uhr – Veranstaltungsbeginn &amp; Einführung</b>			

Zeit	Übung	Ablauf / Fokus / Auswertung	Medien / To-Do
9.05 Uhr 5'	Begrüßung Plenum	Begrüßung Moderator:in, LWL-Mitarbeitende	Präsentation – Startseite, Agenda
9.10 Uhr 40'	Einführung Plenum	Moderator:in <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurze Vorstellung Projekt Ride4All (Impulsvortrag)</li> <li>• Ziel des Workshops klar definieren <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Unter der eigenen Wahrnehmung autonomes Busfahren erleben (Handlungsschritte)</li> <li>○ Gesammelte Eindrücke dokumentieren (Eigenwahrnehmung/Fremdwahrnehmung)</li> <li>○ Ziel: Hinweise zur Erstellung eines Handouts zur Benutzung autonomer Fahrzeuge im Blick auf die Barrierefreiheit für Jedermann (Experten in eigener Sache)</li> </ul> </li> <li>• Vorstellung mobil-info-App (max. 15 Minuten)</li> </ul>	Präsentation – Projekt, Ziele, App Presenter  Im Vorfeld: Schulung/Erklärung der Moderator:in durch mobil-Info-Mitarbeitende
9.50 Uhr 10'	Weiterer Ablauf Plenum	Moderator:in <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erklärung des Vorgehens zur Probefahrt in 2 Kleingruppen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Erster Durchgang: grüner Punkt</li> <li>○ Zweiter Durchgang: blauer Punkt</li> </ul> </li> <li>• Erklärung, dass danach die Eindrücke gesammelt werden</li> </ul>	Inhalte der Erklärung zusammenstellen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestaffelter Gang zur Haltestelle</li> <li>• Sammeln von Eindrücken, um diese im Nachgang per Gruppeninterview zu besprechen</li> <li>• Nutzung der APP</li> <li>• ...</li> </ul>
	Optional/bei Bedarf	LWL <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ggf. Unterstützung bei Installation und Start der App</li> </ul>	
<b>10.00 Uhr Erste Proberunde &amp; Ideensammlung</b>			

Zeit	Übung	Ablauf / Fokus / Auswertung	Medien / To-Do
10.00 Uhr 60'	Proberunde Gruppe grün	Teilnehmende, Gruppe grün <ul style="list-style-type: none"> <li>Ggfs. App starten</li> <li>Mit App oder angeleitet zur Haltestelle (individuell, gestaffelt im Minutentakt)</li> <li>Einstieg, Platz nehmen, orientieren, Eindrücke sammeln</li> <li>Möglichst wenig reden</li> <li>Durchführung der Fahrt</li> </ul> LWL-Begleitung <ul style="list-style-type: none"> <li>Beobachtungen notieren</li> <li>Themen der Unterhaltungen notieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beobachtungsbogen vorbereiten</li> <li>Klemmbrett, Stift</li> <li>Nachgang: Beobachtungsbogen durch Verfasser:in digitalisieren</li> </ul>
10.00 20'	Pause Gruppe blau		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ggf. Personen, die mehr Pausen brauchen, in Gruppe blau einsortieren</li> </ul>
10.20 30'	Fragebogen und Pause Gruppe blau	Ausfüllen des soziodemografischen Fragebogens	
10.50 10'	Vorbereitung Befahrung Gruppe blau	Teilnehmende, Gruppe blau <ul style="list-style-type: none"> <li>Ggfs. App starten</li> <li>Mit App oder angeleitet zur Haltestelle (individuell, gestaffelt im Minutentakt)</li> </ul>	
10.50 10'	Rückkehr Gruppe grün	Sammeln im Catering-Bereich	
<b>11.00 Uhr Zweite Proberunde &amp; Ideensammlung</b>			
11.00 Uhr 60'	Proberunde Gruppe blau	Teilnehmende, Gruppe blau <ul style="list-style-type: none"> <li>Ggfs. App starten</li> <li>Mit App oder angeleitet zur Haltestelle (individuell, gestaffelt im Minutentakt)</li> <li>Einstieg, Platz nehmen, orientieren, Eindrücke sammeln</li> <li>Möglichst wenig reden</li> <li>Durchführung der Fahrt</li> </ul> LWL-Begleitung <ul style="list-style-type: none"> <li>Beobachtungen notieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beobachtungsbogen vorbereiten</li> <li>Klemmbrett, Stift</li> <li>Nachgang: Beobachtungsbogen durch Verfasser:in digitalisieren</li> </ul>

Zeit	Übung	Ablauf / Fokus / Auswertung	Medien / To-Do
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Themen der Unterhaltungen notieren</li> </ul>	
11.00 50'	Fragebogen und Pause Gruppe grün	Ausfüllen des soziodemografischen Fragebogens	
11.50 10'	Rückkehr Gruppe blau	Sammeln im Catering-Bereich, kurze Pause	
11:50 10'	Absprache	Moderator:in und Beobachter:in tauschen sich über dominante Ereignisse während der Fahrt aus, damit diese in die Leitfragen integriert werden können	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ergänzung durch weitere, neue Eindrücke aus der Beobachtung</li> </ul>
<b>12.00 Uhr Auswertung</b>			
12.00 55'	Gruppengespräch	Moderator:in und Beobachter:in <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchführung der Leitfragen gestützten Befragung</li> </ul> LWL: <ul style="list-style-type: none"> <li>Protokollant:in erstellt Gesprächsprotokoll</li> <li><i>Zusatz: Mitschreiben der wesentlichen Ergebnisse auf Flip-Chart durch Moderation</i></li> </ul>	PPP  Gesprächsprotokoll: aufzeichnen, mitschreiben und digitalisieren (keine Transkription)
12.55 5'	Verabschiedung	Moderator:in <ul style="list-style-type: none"> <li>Verabschiedung und Klärung, wie die TN abreisen (Fahrservice, Bahnhof etc.)</li> </ul>	
<b>Interne Feedbackrunde</b>			
ab 13.15 Uhr		Gemeinsame Auswertung internes Team  Versenden der digitalisierten Ergebnisse an Interlink	

## Anhang 5: Leitfaden Gruppendiskussion

### LWL Berufsbildungswerk Soest

- Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen -



Für die Menschen.  
Für Westfalen-Lippe.

#### 1. AKZEPTANZ

- Denken Sie bitte zunächst ganz allgemein, also unabhängig von der Testfahrt: Wie ist Ihre Einstellung zu autonomen Fahrzeugen?
- Welche Gefühle haben Sie bezüglich der Nutzung von autonomen Fahrzeugen?
  - Sind Sie eher neugierig, misstrauisch, positiv überrascht oder genervt gewesen?
- Jetzt zur Testfahrt mit SOfia:
  - Haben Sie sich sicher gefühlt bei der Fahrt?
  - Finden Sie die Fahrzeuge nützlich, ausgereift und einfach zu bedienen oder eher nicht?
  - Warum sind Sie heute mit SOfia mitgefahren (technisches Interesse, Neugier, Vorbehalte, Kritik äußern)?
- Auf der anderen Seite: Würden Sie sich auch ohne Operator an Bord und mit 50 km/h Fahrtgeschwindigkeit sicher fühlen? Vertrauen Sie der Technik?
- Vertrauen Sie eher einem Fahrer/einer Fahrerin, ohne zu wissen, ob er oder sie ausgeschlafen oder nüchtern ist oder einem ausgereiften technischen System?
- Welche Bedenken haben Sie noch bezüglich der Nutzung?

#### 2. TESTFAHRT

##### a. Fahrzeug

- Welche positiven und negativen Aspekte sind Ihnen aufgefallen?
- Auf welche Probleme sind Sie gestoßen und wie haben Sie diese gelöst?
- Wie war der Zustieg in den Bus und das Einnehmen eines Sitzplatzes?
- Sind die Tasten innen und außen gut positioniert?
- Entspricht das Haltestellendisplay Ihren Anforderungen?
- Bei Rollstuhl: Rampe, Befestigung mit Gurten, Position der Taster nahe genug?
- An wen hätte/habe ich mich bei Problemen gewendet?
- Was, glauben Sie, ist unserem Versuchsfahrzeug geschuldet und was ist Ihrer Ansicht nach charakteristisch für autonome Fahrzeuge?

##### b. Weg zur Haltestelle und Haltestellenbereich

- Welche positiven und negativen Aspekte sind Ihnen aufgefallen?
- War das Fahrzeug gut erkennbar/hörbar, als es sich der Haltestelle näherte (oder z. B. künstlich erzeugtes akustisches Geräusch nötig)?
- War die Buslinie gut erkennbar?
- War das Auffinden der Tür leicht möglich?
- Würden Sie ein akustisches Türfinde-Signal nützlich finden oder ist dies nicht erforderlich?
- Auf welche Probleme sind Sie gestoßen und wie haben Sie diese gelöst?
- Wie müssen die Haltestelle und das Umfeld gestaltet sein?
- An wen hätte/habe ich mich bei Problemen gewendet?

#### 3. OPTIMIERUNGSBEDARF

- Was sollte zukünftig verändert und optimiert werden?
- Welche **technischen Hilfsmittel** wären sinnvoll? Was sollte eine App können, um Sie bei der ÖPNV-Nutzung zu unterstützen?

- Können Sie sich vorstellen, Ihr **Ticket** nur noch online oder vorab kaufen zu können oder muss es dazu eine Möglichkeit im Fahrzeug geben?
- Welche **Informationen** brauchen Sie vor Fahrtantritt, im Haltestellenbereich und im Fahrzeug? Waren diese alle für Sie zugänglich?
  - Wünschen Sie sich vor Fahrtantritt über den **Besetzungsgrad** des Fahrzeuges informiert zu werden?
  - Stimmen Sie zu, dass es während der Fahrt innerhalb des Fahrzeuges eine Möglichkeit zur **Verfolgung des Fahrtverlaufes** sowie einer Standortbestimmung des autonom fahrenden Verkehrsmittels geben muss?
  - **Smartphone-Apps** können dabei helfen, die Abfolge der Haltestellen zu kontrollieren, den Haltewunsch auszulösen oder aktuelle Informationen zu erhalten. Stimmen Sie zu, dass für diese Funktionen auch immer Lösungen für Menschen angeboten werden müssen, die kein Smartphone nutzen?
  - Auf welche Art möchten Sie über **betriebliche Störungen/Verzögerungen** informiert werden?
  - Für welche Zwecke würden Sie eine Kommunikationseinrichtung zur **Kontaktaufnahme mit der Leitzentrale** gern nutzen?
- Stimmen Sie zu, dass für Fahrgäste mit Behinderung barrierefrei zugängliche **Vorrangplätze** in der Nähe der Fahrzeugaußentür vorgehalten werden müssen?
- Stimmen Sie zu, dass in unmittelbarer Nähe von Haltestellen immer **sichere Straßenüberquerungsmöglichkeiten** bereitzustellen sind?
- Stellen Sie sich vor, dass fast nur noch Fahrzeuge ohne menschliche Fahrzeugführer/innen unterwegs sind. Sind autonome Fahrzeuge aus Ihrer Sicht eine **gute Lösung für die Zukunft** oder sehen Sie die Entwicklungen **eher kritisch**?
- Werden Sie den Bus in Zukunft noch **öfter nutzen**?
- Werden Sie Ihren Freundinnen und Freunden, Verwandten oder Bekannten die Nutzung des autonomen Busses **empfehlen**?

## Anhang 6: Protokoll Gruppendiskussion

### LWL Berufsbildungswerk Soest

- Förderzentrum für blinde und sehbehinderte Menschen -



Für die Menschen.  
Für Westfalen-Lippe.

### Protokoll Gruppendiskussion

#### Datum:

Start der Befragung:       Uhr

Ende der Befragung:       Uhr

Protokoll erstellt von:

#### 1. AKZEPTANZ

- ...
- ...
- ...

#### 2. TESTFAHRT

##### a. Fahrzeug

- ...
- ...
- ...

##### b. Weg zur Haltestelle und Haltestellenbereich

- ...
- ...
- ...

#### 3. OPTIMIERUNGSBEDARF

- ...
- ...
- ...

## Anhang 7: Datenschutzhinweise

### Datenschutzhinweise:

Verantwortlich für die Datenerhebung:

LWL-Berufsbildungswerk Soest

Hattroper Weg 57

59494 Soest

Tel.: 02921 684-0

Fax: 02921 684-109

[bbw-soest@lwl.org](mailto:bbw-soest@lwl.org)

Verantwortlich für die Datenverarbeitung:

Interlink GmbH

Wallstraße 57

10179 Berlin

Tel.: 030 280 351 411

[boeckler@interlink-verkehr.de](mailto:boeckler@interlink-verkehr.de)

Grundsätze und Zweck der Verarbeitung:

Ihre Daten werden im Zusammenhang des Forschungsprojekts "Ride4All" gesammelt, um Ihre Einstellung zum Thema Mobilität mit Schwerpunkt ÖPNV analysieren zu können. Ihre Teilnahme ist freiwillig. Durch Nicht-Teilnahme oder Abbruch entstehen Ihnen keinerlei Nachteile. Wir ermitteln in der Umfrage keine Daten, die einen Rückschluss auf Ihre Person zulassen. Bitte geben Sie keine personenbezogenen Daten wie Ihren Namen, Ihre Kontaktdaten etc. an, da sonst Ihre Anonymität nicht mehr gewährleistet werden kann. Die anonymisierten Daten werden unter Wahrung des Datenschutzes 10 Jahre gespeichert und für wissenschaftliche Publikationen genutzt.

Folgende personenbezogene Daten werden verarbeitet:

- Geschlecht
- Alter
- Bildungsabschluss
- Art der Behinderung
- Persönliche Meinung

Empfänger der personenbezogenen Daten:

Ihre personenbezogenen Daten werden ohne Rückschlussmöglichkeit auf Ihre Person an die Interlink GmbH, das im Projekt für die wissenschaftliche Begleitung beauftragte Unternehmen, zum Zwecke der Auswertung weitergegeben. Analysierte Ergebnisse werden am Ende des Projekts in Handlungsempfehlungen eingearbeitet und veröffentlicht.

Widerrufsrecht bei Einwilligung:

Wenn Sie in die Verarbeitung Ihrer Daten eingewilligt haben, können Sie die Einwilligung jederzeit für die Zukunft widerrufen. Die Rechtmäßigkeit der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Datenverarbeitung wird durch diesen nicht berührt.

## Anhang 8: Flyer SOfia



### Design für alle

Alle Menschen sollen SOfia nutzen können – ohne individuelle Anpassung oder besondere Assistenz.



### Navigation per App

Für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen ist die mobil info App ein hilfreicher Begleiter.



### Autonome Fahrt

SOfia kennt ihre Strecke und fährt selbständig.



### Umweltschonend

Durch einen elektrischen Antrieb ist SOfia emissionsfrei und klimafreundlich unterwegs.



### Sicher

Umfangreiche Sensorik und ein Operator an Bord sorgen für eine sichere Fahrt.



Gefördert durch:



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



## Soests autonomer Shuttlebus

Mehr Infos unter [www.ride4all.nrw](http://www.ride4all.nrw)





### Sofia – Soests autonomer Shuttlebus

Wie sieht die Mobilität der Zukunft aus? Und welche Anforderungen und Bedürfnisse haben mobilitätseingeschränkte Fahrgäste? Mit dem Einsatz eines autonomen Kleinbusses im Soester Stadtverkehr sollen diese Fragen beleuchtet werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes Ride4All wird neben den verkehrlichen Aspekten auch untersucht, wie der Zugang zu und die Nutzung von Mobilitätsangeboten für jedermann leichter und einfacher gestaltet werden kann.

So erklärt sich auch der Name des autonomen Shuttles: **S**ofia – **S**oest fährt **i**nklusiv und **a**utonom.

Bis Ende des Jahres ist Sofia im Soester Stadtverkehr unterwegs. Der Kreis Soest, die Stadt Soest, die Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH und das LWL-Berufsbildungswerk laden alle Bürgerinnen und Bürger ein, sich selbst ein Bild von Sofia zu machen und kostenlos mitzufahren.

### Sofia – hier fährt das Shuttle

Das Shuttle Sofia wird auf der Linie A1, so heißt die Teststrecke offiziell, im Einsatz sein. Die Teststrecke verbindet den Soester Bahnhof mit dem LWL-Berufsbildungswerk. Entlang der Linie A1 werden fünf Haltestellen bedient.

**Aus Sicherheitsgründen ist Sofia mit max. 15 km/h unterwegs.**

Sofia fährt montags bis freitags zwischen 8.00 Uhr und 17.00 Uhr vom Soester Bahnhof zum LWL-Berufsbildungswerk und wieder zurück. Mittwochvormittags legt Sofia eine Pause ein. Am Nachmittag ist das Shuttle dann wieder im Einsatz. Am Wochenende werden keine Fahrten angeboten.



### Sofia – Ihr Fahrplan: Montag – Freitag

Hinweise	1	1	1	1	1				
Bahnhof E - ⚡	8:10	9:10	10:10	11:10	12:10	14:10	15:10	16:10	
Schwemckerweg	8:16	9:16	10:16	11:16	12:16	14:16	15:16	16:16	
Feldmühlenweg - ⚡	8:19	9:19	10:19	11:19	12:19	14:19	15:19	16:19	
Blindenschule - ⚡	8:22	9:22	10:22	11:22	12:22	14:22	15:22	16:22	
LWL-Berufsbildungswerk	8:24	9:24	10:24	11:24	12:24	14:24	15:24	16:24	
LWL-Berufsbildungswerk	8:40	9:40	10:40	11:40	12:40	14:40	15:40	16:40	
Blindenschule - ⚡	8:41	9:41	10:41	11:41	12:41	14:41	15:41	16:41	
Oelmüllerweg	8:43	9:43	10:43	11:43	12:43	14:43	15:43	16:43	
Feldmühlenweg - ⚡	8:47	9:47	10:47	11:47	12:47	14:47	15:47	16:47	
Schwemckerweg	8:50	9:50	10:50	11:50	12:50	14:50	15:50	16:50	
Bahnhof E - ⚡	8:56	9:56	10:56	11:56	12:56	14:56	15:56	16:56	

**1** nicht Mittwoch

Die Linie wird mit einem automatisiert fahrenden Bus mit begrenztem Platzangebot betrieben. Die Mitnahme von Fahrrädern und E-Scootern ist nicht möglich.

Die Fahrten mit Sofia sind kostenlos.

0 800 3 / 50 40 30 elektronische Auskunft (kostenlos)  
 0 180 6 / 50 40 30 persönl. Auskunft  
 (pro Verbindung: 20 ct/mobil max. 60 ct)

Mehr Infos unter [www.ride4all.nrw](http://www.ride4all.nrw)



## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel  <b>Schlussbericht des Verbundes</b>  Ride4All - Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Beyer, Axel Borg, Lennart Denninghaus, Erwin Fehrmann, Lena Ludwig, Johannes Möller, Hauke Pfahlberg, Patrick Schlösser, Laura Schmidt, Matthias Schulte, Hanna	5. Abschlussdatum des Vorhabens Dezember 2021
	6. Veröffentlichungsdatum März 2022
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Kreis Soest (Hoher Weg 1-3, 59494 Soest) eagle eye technologies GmbH (Haubachstraße 8, 10585 Berlin) Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS) (Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin) GeoMobile GmbH (Emil-Figge-Straße 80, 44227 Dortmund) LWL-Berufsbildungswerk Soest (Hattroper Weg 57, 59494 Soest) Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (Krögerweg 11, 48155 Münster) Stadt Soest (Am Vreithof 8, 59494 Soest)	9. Ber. Nr. Durchführende Institution Version 4
	10. Förderkennzeichen <b>01MM19009A</b> <b>01MM19009B</b> <b>01MM19009C</b> <b>01MM19009D</b> <b>01MM19009E</b> <b>01MM19009F</b> <b>01MM19009G</b>
	11. Seitenzahl 115
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) Invalidenstraße 44 10115 Berlin	13. Literaturangaben 10
	14. Tabellen 27
	15. Abbildungen 45
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

#### 18. Kurzfassung

Im Rahmen des Projektes „Ride4All - Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse“ erforschte das Projektkonsortium, zu dem neben dem Kreis Soest, die Stadt Soest, die Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (RLG), das LWL-Berufsbildungswerk Soest, die GeoMobile GmbH, das Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS) und die eagle eye technologies GmbH gehörten, die inklusiven Rahmenbedingungen für autonom fahrende Busse im ÖPNV. Die Projektlaufzeit erstreckte sich vom 01.01.2020 bis zum 31.12.2021. Der Echtbetrieb des automatisierten Kleinbusses erfolgte vom 07.07. – 17.12.2021.

Mit einer klaren Ausrichtung auf die Erforschung der inklusiven Rahmenbedingungen und der anschließenden Erstellung eines Konzeptes zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonomen Kleinbussen wurde zur Durchführung der Forschungsaufgaben ein automatisierter Kleinbus in das bestehende ÖPNV-Netz der RLG in Soest integriert.

Für die Abwicklung des Forschungsschwerpunktes zum inklusiven Fahren wurden im Projektzeitraum mehrere Workshops durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im „Konzept zur Barrierefreiheit und sozialen Akzeptanz von autonomen Fahrzeugen“ zusammengefasst und sind nicht Bestandteil dieses Abschlussbericht.

#### 19. Schlagwörter

Autonomes Fahren, Barrierefreiheit, Inklusion, ÖPNV, Digitalisierung, Verkehrswende, Mobilität

#### 20. Verlag

#### 21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Final report  Project Ride4All - Development of an integrated and inclusive transport system for autonomous buses	
4. author(s) (family name, first name(s)) Beyer, Axel Borg, Lennart Denninghaus, Erwin Fehrmann, Lena Ludwig, Johannes Möller, Hauke Pfahlberg, Patrick Schlösser, Laura Schmidt, Matthias Schulte, Hanna	5. end of project December 2021
	6. publication date March 2022
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address)  District of Soest (Hoher Weg 1-3, 59494 Soest)  eagle eye technologies GmbH (Haubachstraße 8, 10585 Berlin)  Fraunhofer Institute for Open Communication Systems (FOKUS) (Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin)  GeoMobile GmbH (Emil-Figge-Straße 80, 44227 Dortmund)  LWL-Berufsbildungswerk Soest (Hattroper Weg 57, 59494 Soest)  Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH (Krögerweg 11, 48155 Münster)  City of Soest (Am Vreithof 8, 59494 Soest)	9. originator's report no.
	10. reference no. <b>01MM19009A</b> <b>01MM19009B</b> <b>01MM19009C</b> <b>01MM19009D</b> <b>01MM19009E</b> <b>01MM19009F</b> <b>01MM19009G</b>
	11. no. of pages 115
12. sponsoring agency (name, address)  Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) Invalidenstraße 44 10115 Berlin Germany	13. no. of references 10
	14. no. of tables 27
	15. no. of figures 45
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	

18. abstract

The project Ride4All was focused on the inclusive framework for autonomous buses in public transport. The project duration extended from January 1st, 2020 to December 31st, 2021. The real operation of the vehicle took place from July to December.

With a clear focus on researching the inclusive framework and the subsequent creation of a concept for accessibility and social acceptance of autonomous buses, an automated bus was integrated into the existing public transport network of the RLG in Soest to carry out the research tasks.

19. keywords

Autonomous driving, accessibility, inclusion, public transport, mobility

20. publisher

21. price