

SCHLUSSBERICHT

FE-Projekt 70.0969

„Integration automatisierter Verkehrsmittel in den städtischen öffentlichen Raum“

**im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV),
Forschungsprogramm Stadtverkehr (FoPS)**

Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich bei den Autorinnen und Autoren.

20. November 2024

Inhalt

1. Aufgabenstellung.....	3
Chancen eines autonomen und vernetzten ÖV-Betriebs.....	3
Fokus des Handbuchs	4
Adressatinnen und Adressaten des Handbuchs	4
Ziele des Handbuchs.....	5
2. Planung und Ablauf der Arbeiten	6
AP 1 Literaturanalyse und Bestandsaufnahme	7
AP 1.1 Literatur und Internetanalyse	7
AP 2 Beteiligungsformate zur Bewertung	8
AP 3 Diskussion zur Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	13
AP 4 Erstellung des Handbuchs.....	15
AP 5 Präsentation vor der Fachöffentlichkeit.....	18
AP 6 Inhaltliche Ergänzung des Handbuchs um Ergebnisse zur Bund-/Länder Arbeitsgruppe in Bezug auf Festlegung Betriebsbereiche	19
3. Wissenschaftliche und technische Methoden zur Erarbeitung.....	20
4. Angabe der verwendeten Fachliteratur.....	22
II. Anlagen	28

1. Aufgabenstellung

Mobil zu sein, ist ein wesentlicher und notwendiger Bestandteil unseres gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens. Mobilität zu gewährleisten, ist daher eine wesentliche Aufgabe kommunaler Gebietskörperschaften.

Der Einsatz des autonomen und vernetzten Fahrens (avF) im Bereich öffentlicher Verkehrsmittel und dessen Integration in den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) eröffnet neue Optionen für eine gemeinwohlorientierte und nachhaltige Mobilität.

Bereits frühzeitig einen strategischen Ansatz zum avF in den Städten und Kommunen zu entwickeln, stärkt die Handlungs- und Gestaltungsfähigkeit von morgen. Darunter fällt auch, Wissen und Erfahrungen zum Betrieb vor Ort zu sammeln und ein lokales Netzwerk aufzubauen. Die neuen Möglichkeiten durch die Automatisierung und Vernetzung helfen dabei, die kommunale Mobilitätsaufgabe besser und nachhaltiger zu lösen.

Chancen eines autonomen und vernetzten ÖV-Betriebs

Mit dem avF ergeben sich für Kommunen und Mobilitätsanbietende vielfältige neue Möglichkeiten zur Gestaltung eines nachhaltigen und zukunftsfähigen öffentlichen Verkehrs.

Kurzfristig **umsetzbar**:

- Durch den frühzeitigen Dialog mit potenziellen Kundinnen und Kunden sowie Stakeholdern zur Entwicklung einer kommunalen Vision für den Einsatz von autonomen und vernetzten Fahrzeugen (av-Fahrzeuge) können strategische und betriebliche Planungen noch besser an spezifischen Bedürfnissen ausgerichtet werden. So kann die Akzeptanz des Einsatzes gesteigert werden.

Mittelfristig **umsetzbar**:

- AvF kann die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit und dadurch auch die Bedarfsgerechtigkeit im ÖV steigern. Neue Einsatz- und Geschäftsfelder könnten aufgrund des wirtschaftlicheren Einsatzes mit kleineren Fahrzeugeinheiten und dem Wegfall fahrpersonalbedingter Restriktionen entstehen. Das reicht von der Tür-zu-Tür-Bedienung im Flächenbetrieb über Zubringerverkehre zum nahegelegenen Bahnhof bis hin zur tangentialen Verbindung von Nebenzentren.
- AvF-Angebote im ÖV können einen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten. Die persönliche Sicherheit gegenüber unerwünschten Interaktionen von anderen Fahrgästen im Fahrzeug kann durch optional buchbare Alleinfahrten, z. B. in den Nachtstunden, gewährleistet werden.

Langfristig umsetzbar:

- Ein bedarfsorientiertes Angebot kann einem erweiterten Personenkreis einen verbesserten Zugang zum ÖV ermöglichen und soll so die Erreichbarkeit erhöhen. Denn mit kleineren Fahrzeugeinheiten können Personen auch außerhalb der stark nachgefragten Gebiete und Zeiten befördert werden. Dies betrifft etwa den ländlichen Raum, den Stadtrand oder die Abend- und Nachtstunden. Aufgrund des höheren Komforts der bedarfsgesteuerten avF-Angebote könnten diese ein großes Potenzial bieten, den Verkehr wie gewünscht zu verlagern.
- Die Umwelt- und Klimawirkungen des avF-Angebots können positiv beeinflusst werden, wenn planerisch-betriebliche Vorgaben gemacht werden, wie Fahrtwünsche zu bündeln oder begleitende Regulierungsmaßnahmen einzuführen. Durch die Integration des neuen avF-Angebots in den ÖPNV und dessen Tarifstruktur kann die Attraktivität der Angebote deutlich gesteigert werden.

Fokus des Handbuchs

Das im Rahmen des FoPS-Programms erarbeitete Handbuch „**Autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr. Ein Handbuch mit Vorschlägen für die Umsetzung in der kommunalen Praxis**“ beleuchtet die Einführung des avF zur Personenbeförderung im öffentlichen Straßenverkehr. Betrachtet werden dabei öffentlich zugängliche Fahrzeuge mit Automatisierungsfunktion des SAE-Level 4. Insbesondere handelt es sich hierbei um Klein- und Standardbusse, die innerhalb eines örtlich begrenzten Betriebsbereichs keine menschliche Unterstützung bei der Fahraufgabe bedürfen. Das Handbuch gewährleistet einen leichten Einstieg in die Thematik.

Das Handbuch nimmt eine interdisziplinäre Perspektive ein und fokussiert strategische und betriebliche Aspekte, die mit der Einführung des avF einhergehen. Insbesondere werden notwendige Planungs- und Prozessschritte sowie Grundlagenwissen nähergebracht.

Adressatinnen und Adressaten des Handbuchs

Das erarbeitete Handbuch soll Kommunen sowie Bestellende und Anbietende von Verkehren dabei unterstützen, die positiven Effekte des Betriebs von autonomen, vernetzten ÖV-Angeboten zu fördern. Es soll eine Einstiegshilfe in das Thema autonomer und vernetzter Verkehre und deren Integration in den ÖV bieten.

Mit dem Handbuch sollen Kommunen, Mobilitätsanbietende und Verkehrsverbände befähigt werden, eine eigene Strategie hinsichtlich der Automatisierung und Vernetzung im ÖV zu entwickeln.

Das Handbuch bietet zudem eine Hilfestellung zum Aufbau eines Betriebs von av-Fahrzeugen im ÖV.

Somit stellt das im Anhang angeführte Handbuch (Anhang 1) den gesamten zielorientierten Planungs- und Umsetzungsprozess dar: von der Vorbereitung über die Strategieentwicklung, den Aufbau eines Betriebs von av-Fahrzeugen im ÖV bis hin zur Umsetzung samt Erfolgskontrolle.

Das Handbuch richtet sich

- an Kommunen in ihrer Verantwortung als Aufgabenträger des ÖPNV, als Straßenbaulastträger sowie als mögliche Verkehrsbehörde,
- an Mobilitätsanbieter, die kofinanzierte Linien- und Linienbedarfsverkehre oder gewerbsmäßig Gelegenheitsverkehre betreiben,
- an Verkehrsverbände als ein organisatorischer wie rechtlicher Zusammenschluss von Gebietskörperschaften und/oder Verkehrsunternehmen, um gemeinsam und abgestimmt den ÖPNV durchzuführen,
- an sonstige Dienstleistende, welche Einzelleistungen, wie die Bereitstellung von plattformbasierten Mobilitätsdiensten übernehmen und
- an alle Personen und institutionellen Akteure, die am Einsatz des avF interessiert sind.

Ziele des Handbuchs

Ziel des Projekts ist es, ein Handbuch zu entwickeln, das politisch Verantwortlichen, Verkehrsplanenden und -managenden aus den Kommunen sowie Mitarbeitenden in den Verkehrsunternehmen und -verbänden dabei unterstützt, sich einen Überblick über das Themenfeld Vernetzung und Automatisierung im kommunalen Straßenverkehr zu verschaffen. Zu diesem Zweck wurde die Genese, aber insbesondere auch die derzeitigen und künftigen Herausforderungen beleuchtet. Typische Fragen zur Einführung und Etablierung des Fahrzeugeinsatzes und des Flottenbetriebs innerhalb des kommunalen ÖPNV wurden mit dem Handbuch beantwortet.

Das Handbuch soll darüber hinaus Kommunen helfen, eine eigene Position zu finden, bzw. eine eigene Vision und Strategie gegenüber dem automatisierten Fahren entwickeln zu können. Das Handbuch kann somit zur Einordnung des Themas innerhalb der Kommune beitragen. Konkret kann das Handbuch die Basis für die Bewertung eines möglichen Fahrzeugeinsatzes, einer Flottenenerneuerung und der notwendigen Infrastrukturanpassungen bilden. Kommunalen Mitarbeitenden u.a. aus der Verkehrs- und Stadtplanung, dem Verkehrsmanagement sowie Vertreterinnen

und Vertretern von kommunalen Eigenbetrieben und Verkehrsunternehmen, aber auch Verkehrsverbänden wird mithilfe des Handbuchs ein frühzeitiges und intrinsisches Planen sowie in der Folge ein auf Langfristigkeit orientiertes Handeln ermöglicht.

Die Grundlage für die im Handbuch abgeleiteten Gestaltungsoptionen und Handlungsempfehlungen bildet eine systematische Zusammenstellung und Analyse bisheriger Ansätze. Darauf aufbauend, liefert das Handbuch Empfehlungen für notwendige Voraussetzungen zur sicheren und nachhaltigen Gestaltung des ÖPNV und zeigt mögliche Regulierungs- und Gestaltungsoptionen zur Integration automatisierter und vernetzter Fahrzeuge und von Verkehrsanlagen auf. Darüber hinaus beinhaltet das Handbuch Handlungsempfehlungen für die Erarbeitung von Regeln für den vernetzten und automatisierten Verkehr zur Anpassung an örtliche Gegebenheiten. Das Handbuch dient als Handreichung für kommunale Akteurinnen und Akteure in der aktiven Gestaltung eines sicheren und nachhaltigen Einsatzes automatisierter und vernetzter Fahrzeuge und unterstützt sie darin, ihre Rolle als Mobilitätsanbieterinnen und -anbieter von Verkehrsinfrastruktur einzunehmen und zielgerichtete Rahmenbedingungen für weitere Mobilitätsangebote vorzugeben.

Das Handbuch bietet Empfehlungen und Gestaltungsoptionen für einen sicheren, effizienten und umweltfreundlichen Einsatz von vernetzten und automatisierten Fahrzeugen im kommunalen ÖPNV. Neue Geschäftsmodelle und eine mögliche Integration weiterer gewerblicher Anbieterinnen und Anbieter von Personenbeförderung werden dabei berücksichtigt.

Um die Anwendbarkeit und Nutzendenorientierung sowie die höchste fachliche Korrektheit und Aktualität bestmöglich zu gewährleisten, wurde eine Expertinnen- und Expertengruppe mit Vertretenden der Branche und der Wissenschaft ins Leben gerufen, die in mehreren Workshops gezielt zu Fragestellungen des Handbuchs beriet. Ergänzend wurden die Adressatinnen und Adressaten des Handbuchs zu Beginn und im Verlauf der Erarbeitung einbezogen, um Zielsetzungen zu definieren und die Praxistauglichkeit zu bewerten.

2. Planung und Ablauf der Arbeiten

Das Projekt gliederte sich in sechs originäre Arbeitspakete (AP) sowie das Projekt-Management (AP0).

Die fachliche und inhaltliche Grundlage der Projektbearbeitung stellte das AP1, dessen Ergebnisse sowohl in die Erstellung des Handbuchs (AP4) einfließen, als auch als Grundlage für die Beteiligung in AP2 dienen. Die Ergebnisse aus den im AP2 durchgeführten Beteiligungsformaten bildeten eine weitere wichtige Grundlage für die Formulierung des Handbuchs (AP4), dessen Entwurf

in AP3 geprüft, weiterentwickelt und mit Handlungsempfehlungen versehen wurden. Die Ergebnisse des AP3 dienten schließlich der Finalisierung des fachlichen Teils des Handbuchs (AP4). AP 5 diente der Präsentation und Diskussion von Zwischen- und Endergebnissen im Rahmen von nationalen Konferenzen und Veranstaltungen im Mobilitätsbereich. Im Laufe der Projektbearbeitung wurde neben den fünf Arbeitspaketen ein zusätzliches Arbeitspaket AP6 vereinbart, welches der nachträglichen Einarbeitung der Ergebnisse einer Bund-/Länder Arbeitsgruppe über Vorgaben zur Festlegung von Betriebsbereichen zum autonomen Fahren diente.

Die geleisteten Arbeiten innerhalb der APs werden im Folgenden dargestellt.

AP 1 Literaturanalyse und Bestandsaufnahme

Ziel des AP 1 war es, mit einer umfassenden Literaturanalyse und Bestandsaufnahme bisheriger Praxiserfahrungen und Studien die Basis für die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen und Gestaltungsoptionen zu schaffen. Die wichtigsten Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum sowie die jeweils nächsten Schritte werden nachfolgend aufgeführt.

AP 1.1 Literatur und Internetanalyse

- Durchführung einer umfassenden Literatur- und Internetrecherche (u.a. Abgleich der Listen zu Testbetrieben von BAST und VDV).
- Aufbau einer Microsoft Excel-basierten Literaturdatenbank durch PTV GmbH.
- Einpflege relevanter Literaturquellen in Datenbank und Aufteilung auf die Partner durch PTV GmbH, KIT FAST und Rödl & Partner.
- Sichtung und Analyse der Quellen in Bezug auf für das Handbuch relevante Inhalte.

AP 1.2 Genese und künftige Entwicklungen (Szenarienbetrachtung)

- Relevante Ziele einer Szenarienentwicklung wurden identifiziert.
- Eine Analyse von Szenarien, Roadmaps und Vorhersagen aus der Literatur wurde vorgenommen. Dazu wurden mitunter relevante Teile aus Studien exzerpiert und vergleichend betrachtet.
- Anschließend wurden mögliche Entwicklungspfadvarianten, mögliche Einfluss- und Wirkungsbereiche, auch in ihren zeitlichen Varianten sowie mögliche Meilensteine diskutiert.
- In Abstimmung mit dem AG wurde die vertiefte Darstellung möglicher Entwicklungsszenarien jedoch nicht weiterverfolgt. Im Handbuch werden stattdessen Handlungs- und Gestaltungsoptionen aufgezeigt.

AP 1.3 Ziele, Rolle und Einfluss der Kommunen durch PTV GmbH, KIT FAST und Rödl & Partner

- Erörterung von kommunalen Zielen im Rahmen der Literatur- und Internetanalyse. Dazu erfolgte u.a. ein Expertinnen- und Expertengespräch mit der Landeshauptstadt München.
- Ausarbeitung von der Rolle bzw. den Rollen der Kommunen im Zuge der Integration von automatisierten und vernetzten Mobilitätsangeboten in den konventionellen ÖPNV.
- Die Einflussbereiche und Gestaltungsspielräume von Kommunen wurden auf Basis von AP 1.1 erörtert und beim Adressatinnen- und Adressatenworkshop gemeinsam mit den teilnehmenden Kommunen diskutiert.
- Im Rahmen der fortwährenden Literaturanalyse wurden mögliche Ziele, Rollen und Einflussmöglichkeiten recherchiert und analysiert. Dieser Themenkomplex wurde zudem in Expertengespräche und im Rahmen des ersten Fachworkshops diskutiert.

AP 1.4 Analyse von Zielbildern

- Im Zuge der Literaturanalyse wurde gezielt nach strategischen Ansätzen, Leit- und Zielbildern recherchiert. Im Rahmen der Szenarienentwicklung wurden auf dieser Basis mögliche Zielbilder für die Entwicklungspfade entworfen. Unter anderem erfolgte ein Expertinnen und Expertengespräch zu strategischen Ansätzen und dem Vorgehen mit der Landeshauptstadt München.
- Im Adressatinnen- und Adressatenworkshop wurde explizit darauf aufmerksam gemacht, mögliche Visionen, Leit- und Zielbilder oder sonstige strategische Ansätze dem Projektteam zu benennen.
- Im Rahmen der fortwährenden Literaturanalyse wurden mögliche Zielbilder recherchiert und analysiert.

AP 2 Beteiligungsformate zur Bewertung

Ziel des AP 2 war es, durch eine sorgsame und strategische Auswahl relevanter Stakeholder, einen möglichst passgenauen Entwurf des Handbuchs gemeinsam mit den Adressatinnen und Adressaten sowie Fachexpertinnen und Experten zu erarbeiten.

Im Projektzeitraum wurden ein Adressatinnen- und Adressatenworkshop sowie drei Workshops mit dem Expertinnen- und Expertengremium durchgeführt. Ergänzend fand im Rahmen von AP 3.1 ein „Werkstattgespräch“ mit den Adressatinnen und Adressaten des Handbuchs statt (siehe unten). Da aufgrund der politisch-administrativen Entwicklungen rund um die AFGBV ein ursprünglich geplanter vierter Termin mit dem Expertinnen- und Expertengremium für nicht sinnvoll erachtet

wurde, wurden stattdessen zusätzliche Interviews durchgeführt. Das angepasste Vorgehen wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt. Eine Auflistung der im Rahmen des AP 2.2 geführten Expertinnen- und Experteninterviews ist untenstehend aufgeführt.

Die Arbeitsschritte des AP 2 werden im Folgenden beschrieben:

AP 2.1 Stakeholder-Auswahl

- Im AP 2 wurden auf Basis eines Auswahlsystems relevante Adressatinnen- und Adressatengruppen und Fachexpertinnen- und Experten ausgewählt sowie spezifische Verteiler aufgebaut und gepflegt. In einzelnen Fällen von Austritten aus dem Gremium des Expertinnen- und Expertenkreises wurden Nachfolgende identifiziert und eingebunden.
- Mögliche Ansprechpersonen wurden durch ifok, PTV GmbH, KIT FAST und Rödl & Partner identifiziert, mit dem BMDV abgestimmt und anschließend kontaktiert.

Zusammensetzung des Expertinnen- und Expertenkreises

- ADAC e.V.
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- DB Regio AG, Ressort Straße
- Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung e.V. (DASL)
- Deutsche Bahn AG
- Deutscher Städte- und Gemeindebund
- Deutscher Städtetag
- Deutsches Institut für Urbanistik GmbH (difu)
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrsforschung
- EasyMile
- Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS
- Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
- Unfallforschung der Versicherer (UDV) im Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)
- Hamburger Hochbahn AG
- Interlink GmbH
- ioki GmbH
- Mobileye Germany GmbH
- PTV Transport Consult GmbH

- Rupprecht Consult Forschung und Beratung GmbH
- Telekom AG
- Technische Universität Berlin, Zentrum Technik und Gesellschaft, Bereich Mobilität und Raum
- TÜV Süd AG
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)
- Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD)
- Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH (WZB)
- ZF Friedrichshafen AG

AP 2.2 Beteiligungsprozess, -formate und methodisches Vorgehen

- Der erste **Adressatinnen- und Adressatenworkshop** wurde am 28.09.2021 als Online-Veranstaltung durchgeführt. Ziel des Workshops war die Identifikation von relevanten Themenschwerpunkten und Inhalten des Handbuchs. Zu diesem Zweck wurde den Teilnehmenden Zielsetzung, Strategie und Vorgehen des Projektvorhabens dargestellt und Hinweise zur möglichen inhaltlichen Anpassung des Handbuchs aufgenommen.
- In Vorbereitung auf den Adressatinnen- und Adressatenworkshop wurden ein Grob- sowie ein Feinkonzept (Regieplan) durch ifok in Abstimmung mit dem Konsortium erarbeitet. Der Fokus des Adressatinnen- und Adressatenworkshops wurde auf die Beteiligungsebenen Information, Konsultation und Mitgestaltung der Adressatinnen- und Adressaten gelegt und dementsprechend durchgeführt.
- Vorgehen, Inhalte und Ergebnisse Adressatinnen- und Adressatenworkshop wurden im Rahmen eines Ergebnisprotokolls, sowie mittels des ersten Sachstandsberichts (10.11.2021) dokumentiert und mit dem Auftraggeber abgestimmt.
- Ergebnisse der Sitzung wurden den angemeldeten Vertretenden von Städten, Gemeinden und Kreisen im Nachgang zur Verfügung gestellt.
- Ergänzend zum Adressatinnen- und Adressatenworkshop wurden drei Fachworkshops mit dem Expertinnen- und Expertengremium, sogenannte „**Expertinnen- und Expertenworkshops**“ durchgeführt. Diese hatten das Ziel, für spezifische Fragestellungen klare Empfehlungen für Kommunen und Mobilitätsanbieter zu entwickeln. Die Expertinnen und Experten kommentierten die Einschätzungen der Projektpartner, diskutierten offene Fragen

und Aspekte und brachten eigene Impulse ein. Folgende Themen wurde in den drei Workshops behandelt:

Erwartungen an die automatisierte, vernetzte Personenbeförderung (24.11.2021)

Der Fokus der ersten Sitzung lag auf der Vorstellung und Initiierung des Expert*innenkreises, der Projektstruktur und deren Inhalte sowie den Erwartungen an die Automatisierung und Vernetzung. Zudem wurde diskutiert, wie Kommunen derartige Mobilitätsangebote implementieren können und welche Chancen nachhaltiger Mobilitätsentwicklungen gesehen werden.

Wie können Kommunen Verlagerungseffekte durch automatisierte, vernetzte ÖV-Angebote erzielen? (07.04.2022)

Ziel der zweiten Sitzung war es zu erörtern, welche Verlagerungseffekte zum ÖPNV durch neuartige automatisierte Mobilitätsangebote erzielt werden können und wie Kommunen dazu beitragen können, neue Nutzende zu gewinnen.

Besondere Anforderungen des automatisierten, vernetzten Fahrens an die kommunale Infrastruktur im öffentlichen Raum (29.06.2022)

Im Rahmen des dritten Workshops wurde diskutiert, welche besonderen infrastrukturellen Anforderungen und Voraussetzungen automatisierter und vernetzter Verkehre identifiziert werden und wie diese möglichst stadtverträglich durch die Kommunen integriert werden können. Dabei ging es sowohl um Anforderungen an den ruhenden als auch an den fließenden Verkehr und um die Frage, wo die jeweiligen Verantwortlichkeiten für notwendige Anpassungen liegen. Die Diskussionen nahmen sowohl die physische- als auch die digitale Infrastruktur in den Blick.

- Zu den Inhalten und den Strukturen der **drei Expertinnen- und Expertenworkshops** wurden durch ifok in Abstimmung mit PTV GmbH, KIT FAST und Rödl & Partner jeweils spezifische Grob- und Feinkonzepte (Regiepläne) erarbeitet und dem AG vorgelegt.
- Aufgrund der Covid19-Pandemie konnte der erste initiale Fachworkshop mit dem Expertengremium am 24.11.2021 nicht wie geplant in Präsenz in den Räumlichkeiten des BMDV durchgeführt werden. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde vereinbart, die Workshops mit dem Expertinnen- und Expertengremium digital, über ein geeignetes Konferenztool durchzuführen.

- Die Ergebnisse der Workshops wurden umfassend protokolliert und nach Abstimmung mit dem Auftraggeber an den Teilnehmendenkreis versandt. Spezifische Ergebnisse der Workshops flossen in die Erstellung des Handbuchs ein.
- Zusätzlich wurde auf Wunsch des Auftraggebers vereinbart, die letzte, abschließende „Reflexionssitzung“ mit dem Expertinnen- und Expertengremium in Präsenz durchzuführen.
- Ergänzend zu den Expertinnen- und Expertenworkshops wurden insgesamt **10 Interviews** durchgeführt. Damit wurden die ursprünglich angebotenen 4 Interviews um weitere 6 Gespräche ergänzt. Die Gespräche dienten der fachlichen Adjustierung des Handbuchs sowie der Aufnahme von Hintergrundinformationen durch das Autorinnen und Autorenteam des Handbuchs (AP 2.2). Mit den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Organisationen wurden Expertinnen- und Experteninterviews geführt.

Organisation	Interviewte Person
<i>FZI Karlsruhe (EVA-Shuttle)</i>	Projektteam
<i>Uni und Stadt Kassel</i>	Herr Prof. Hoyer, Herr Miltner
<i>Camo-Netzwerk</i>	Frau Lutscher, Herr Koch
<i>Innocam.NRW</i>	Herr Kohl, Herr Schroll
<i>Uni Wuppertal</i>	
<i>Hessen Mobil</i>	Frau Heiduk
<i>Landeshauptstadt München</i>	Frau Hanke, Herr Helf, Herr Rehan
<i>ZF-Friedrichshafen</i>	Frau von Rolbeck, Herr Kniebel
<i>Rupprecht Consult</i>	Herr Backhaus
<i>Interlink</i>	Herr Michelmann
<i>PTV Transport Consult</i>	Herr Reuter
<i>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR - Länderübergreifendes Projekt zur automatisierten und vernetzten Mobilität,)</i>	Herr Ortgiese, Frau Viergutz, Herr Asbach

Zusätzlich nahm das Projekt- und Autorenteam an zahlreichen **Fachveranstaltungen** hinsichtlich der im Handbuch behandelten Inhalte und aktuellen Fachdiskurse teil.

AP 3 Diskussion zur Ableitung von Handlungsempfehlungen

Der Erfolg des Handbuchs ist von seinem Gebrauchswert für die Kommunen und seiner Akzeptanz in der Fach-Community abhängig. Im AP 3 wurden der Entwurf des Handbuchs (AP 4) unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorausgegangenen Beteiligungsformate (AP 2) sowohl mit den Adressaten (AP 3.1 „Werkstattgespräch“; November 2022) als auch mit den Fachexpertinnen- und Experten (AP 3.2 „Reflexionssitzung und Peer Review“; April 2023) gespiegelt. Daraus abgeleitete Ergebnisse und Handlungsempfehlungen wurden in das Handbuch (AP 4) eingearbeitet.

Folgende Arbeitsschritte wurden im AP 3 durchgeführt:

AP 3.1 „Werkstattgespräch mit Adressatinnen und Adressaten des Handbuchs“

Das Werkstattgespräch mit Städten, Gemeinden und Kreisen (Adressatinnen- und Adressaten) diente der Vorstellung und Diskussion der erstellten Inhalte des Handbuchs. Ziel war es, durch eine erneute Beteiligung der Kommunen (Vergleich AP 2 Adressatinnen- und Adressatenworkshop), die Passgenauigkeit und Nutzbarkeit der Inhalte für eine möglichst breite Adressatinnen- und Adressatengruppe zu gewährleisten. Das AP 3.1 umfasste die folgenden Arbeitsschritte:

- In Vorbereitung auf das Werkstattgespräch wurden ein Grob- und Feinkonzept (Regieplan) durch ifok und PTV GmbH sowie KIT FAST und Rödl & Partner entwickelt. Fokus des Workshops war die Adjustierung der bisher erarbeiteten Inhalte anhand der Rückmeldungen der Adressatinnen und Adressaten (Städte, Gemeinden und Kreise sowohl „mit“ als auch „ohne“ Erfahrungen im avF).
- Zu diesem Zweck wurde ein 36-seitiger Entwurfsauszug des Handbuchs, bestehend aus den Kapiteln Einführung in das Handbuch, Gliederung, Anforderungen an die konkreten Betriebsbereiche sowie Physische Infrastruktur erstellt und den angemeldeten Teilnehmenden vorab zur Verfügung gestellt. Im Rahmen des Workshops fand dann eine Diskussion zu den Entwurfsauszügen hinsichtlich deren Lesbarkeit, Verständlichkeit, Nutzerfreundlichkeit, Praxistauglichkeit und Passgenauigkeit statt.
- Ein mehrschrittiges Teilnehmemanagementverfahren mit Warteliste wurde konzipiert und durchgeführt, um eine passgenaue und diverse Teilnehmendengruppe für den Workshop zu gewährleisten. Insbesondere wurde hier Wert daraufgelegt, möglichst viele Perspektiven

zur Nutzbarkeit und Praxistauglichkeit des Handbuchs aus Sicht einer heterogenen Teilnehmendengruppe aufzunehmen.

- Die Teilnehmenden wurden anhand der Variablen Kommunengröße (Einwohnerzahl), Bundesland (mit dem Ziel einer möglichst gleichmäßigen Verteilung) sowie Vorerfahrungen mit avF ausgewählt.
- Neben zwei Impulsbeiträgen aus der Perspektive einer Kommune und eines Verkehrsunternehmens zum praktischen Einsatz von avF in bestehenden Verkehrssystemen wurde den Adressatinnen- und Adressaten im Rahmen des Workshops Raum gegeben, Rückmeldungen zur Gliederung und den ausgewählten Texten zu geben und Rückfragen direkt mit dem Autorinnen- und Autorenteam zu diskutieren. Gleichzeitig diente der Beteiligungsprozess der Bestätigung von Praxistauglichkeit und Anwendbarkeit des Handbuchs. Entsprechende Hinweise der Teilnehmenden wurden durch das Autorinnen und Autorenteam festgehalten, geprüft und nach Möglichkeit umgesetzt.
- Eine umfassende Dokumentation des Workshops wurde erarbeitet, mit dem Auftraggeber abgestimmt und den Teilnehmenden sowie weiteren Interessierten der Warteliste (s.o. Teilnahmemanagementverfahren) zur Verfügung gestellt.

AP 3.2 „Reflexionssitzung mit dem Expertinnen und Expertengremium“ (Peer-Review)

- Als abschließende Reflexionssitzung mit dem Expertinnen- und Expertengremium diente das AP 3.2 der finalen Diskussion der erarbeiteten Fachinhalte des Handbuchs sowie einem formellen Abschluss des Beteiligungs- und Erarbeitungsprozesses. Aufgrund des Netzwerk- und Austauschcharakters der Veranstaltung sowie auf Wunsch des Auftraggebers wurde die Reflexionssitzung am 27. April 2023 in Präsenz in den Räumlichkeiten des BMDV durchgeführt.
- In Vorbereitung auf die Reflexionssitzung wurden ein Grob- und Feinkonzept (Regieplan) durch ifok und PTV GmbH sowie KIT FAST und Rödl & Partner entwickelt und organisatorische Vorkehrungen zur Präsenzveranstaltung in Abstimmung mit dem BMDV getroffen.
- Durch ein umfassendes Teilnehmenden- und Einladungsmanagement wurde sichergestellt, alle relevanten Perspektiven aus der Expertinnen- und Expertengruppe zur abschließenden Reflexion einzubinden.
- Zur Bewertung des zu erarbeitenden Handbuchs wurde eine umfassende Vorabversion erstellt und den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt.
- Im Rahmen der Reflexionssitzung wurden alle Bausteine des Handbuchs vorgestellt und in Gruppen inhaltlich, detailliert diskutiert.

- Die Ergebnisse des Peer-Reviewprozesses und Ergänzungen der Fach-Community wurden zur Überarbeitung des Entwurfs geprüft und im Handbuch aufgenommen.
- Im Rahmen eines kostenneutralen Leistungstauschs wurde formal vereinbart, dass ergänzend zu den ursprünglich angebotenen vier Interviews zusätzlich 7 weitere Expertinnen und Experteninterviews durchgeführt werden (in der Summe also 11). 10 dieser Interviews wurden bereits im Rahmen von AP 2 durchgeführt. Ein weiteres, 11. Interview fand im Rahmen von AP 3 mit Sönke Beckmann vom Institut für Logistik und Materialflusstechnik (ILM) der Uni Magdeburg statt. Die Interviews dienten der fachlichen Einschätzung und Ergänzung des Handbuchs sowie der Aufnahme von Hintergrundinformationen durch das Autorinnen und Autorenteam des Handbuchs.

AP 4 Erstellung des Handbuchs

Die zentralen Projektergebnisse inkl. entsprechender Empfehlungen wurden im Rahmen dieses AP in einem Handbuch als Publikation aufbereitet. Das Handbuch, welches diesem Bericht angehängt ist (Anhang 1) und als Hauptprodukt des Vorhabens fungiert, ist so konzipiert, strukturiert und inhaltlich ausgestaltet, dass es Mitarbeitende und politisch Verantwortliche aus Kommunen, aber auch Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbänden dabei unterstützt, eine eigene Position und Strategie gegenüber dem avF zu entwickeln. Das Handbuch bietet zudem eine Hilfestellung zum Aufbau eines Betriebs von av-Fahrzeugen im ÖV. Somit stellt das im Anhang angeführte Handbuch (Anhang 1) den gesamten zielorientierten Planungs- und Umsetzungsprozess dar: von der Vorbereitung über die Strategieentwicklung, den Aufbau eines Betriebs von av-Fahrzeugen im ÖV bis hin zur Umsetzung samt Erfolgskontrolle.

Zudem wurde auf die Verwendung einer einfachen und verständlichen Sprache sowie eines angemessenen Umfangs und eine ansprechende grafische Aufbereitung geachtet.

Die Arbeiten des AP 4 betreffen die Konzeption und Erstellung des Handbuchs. Die inhaltliche Beteiligung der Adressatinnen und Adressaten sowie der und Expertinnen und Experten erfolgte im Rahmen des AP 2 und AP 3 (siehe oben). Die unten aufgeführten Arbeiten des AP 4 (Erstellung eines Handbuchs) wurden im Projektzeitraum geleistet.

AP 4.1 Konzeption

Im Rahmen des AP 4.1 wurde die Grundkonzeption des Handbuchs entwickelt und mit dem Auftraggeber abgestimmt. Das finale Handbuch verfolgt eine prozessorientierte Strukturierung des Handbuchs und gliedert sich daher in vier Phasen mit je drei Prozessschritten und diversen Teilschritten.

- Die 1. Phase Planungsentschluss & Vorbereitung erörtert grundlegende erste Überlegungen einer Kommune oder eines Mobilitätsanbieters zu den Chancen und Herausforderungen eines Einsatzes von avFs im öffentlichen Verkehr. Nach der Entscheidung für eine Strategie und/oder der Planung eines konkreten Einsatzkonzeptes werden die ersten grundlegenden Schritte zur Planungsvorbereitung erläutert (Planungsteam, Beteiligungs-, Informations- und Datenmanagement).
- Die 2. Phase Strategieentwicklung zeigt den Weg auf, wie avF eingesetzt werden sollte, damit sich die gewünschten verkehrlichen Wirkungen im jeweiligen Einsatzraum erzielen lassen. Ausgehend von der Status Quo- und Bedarfsanalyse beschreibt das Kapitel, warum und wie eine Mobilitätsvision sowie Leitziele und operationalisierbare Ziele zur Umsetzung der Mobilitätsvision erarbeitet werden können. Letztlich erfolgt im Rahmen der integrierten Angebotsplanung die Erarbeitung möglicher Einsatzfelder, die überschlägige Kapazitätsplanung und die rahmengebende Steuerung durch flankierende Maßnahmen und die Einbettung in konzeptionelle Planungsinstrumente.
- Die 3. Phase Betriebsplanung gibt einen vertieften Einblick in die Änderungen, die sich durch die Automatisierungs- und Vernetzungstechnologie bei der Betriebsplanung ergeben. Das Handbuch gibt einen Überblick zur Auswahl konkreter Strecken und Betriebsbereiche, zu möglichen Fahrzeugen sowie der notwendigen physischen und digitalen Infrastruktur. Anpassungen im Rahmen von Betriebsmanagement und Personalplanung werden aufgezeigt, erwartbare Kosten und Finanzierungsoptionen umfassend dargestellt. Hier liegt der Schwerpunkt des Handbuchs.
- Die 4. Phase Umsetzung & Erfolgskontrolle beschreibt, wie sich Zuständigkeiten für einzelne Arbeitsschritte definieren lassen, welche Genehmigungen und Zulassungen benötigt werden und welche Güter und Dienstleistungen zu beschaffen sind. Darüber hinaus wird aufgezeigt, wie ein begleitendes Monitoring und eine periodische Evaluation des Fahrbetriebs erfolgen kann, um eine stetige Prozess- und Betriebsoptimierung sicherzustellen.

AP 4.2 Redaktion

Über den Projektzeitraum hinweg, wurden seitens des Projektkonsortiums redaktionelle Arbeiten durchgeführt und Textinhalte erstellt. Die erstellten Inhalte wurden regelmäßig aktualisiert und angepasst. Anpassungen und Kürzungen, die im Rahmen einer Mitprüfung im BMDV seitens der beteiligten Fachreferate vorgeschlagen wurden, wurden redaktionell eingearbeitet.

In der Finalisierungsphase wurde das erstellte Handbuch gesamthaft lektoriert und qualitätsgesichert. Zudem wurde durch die Grafikabteilung des AN eine für die Veröffentlichung geeignete, grafisch aufbereitete Version des Handbuchs erstellt. Layout, Satz und Abbildungen basieren dabei auf den Vorgaben des BMDV und wurden abgestimmt.

Mit dem Projektabschluss wurde dem AG die finale Version des Handbuchs in einer digitalen, barrierefreien Version und einer druckfähigen Version übergeben.

AP 4.3 Koordination

- In der Projektlaufzeit wurde die Koordination der Handbucherstellung durch ifok übernommen und regelmäßig dokumentiert.
- Mit dem AG wurden Layout- und Gestaltungsrichtlinien des Handbuchs abgestimmt und angewandt.
- Zudem wurde eine geeignete Publikation des fertigen Handbuchs mit dem AG abgestimmt. Da eine Bestellmöglichkeit per ISBN-Nummer im Laufe der Abstimmung als nicht zielführend erkannt wurde, wurde eine Onlinebereitstellung vereinbart.

AP 4.4 Bekanntmachung des Handbuchs (Abschlussveranstaltung)

In Abstimmung mit dem AG wurde statt einer Abschlussveranstaltung zur Publikation des finalen Handbuchs ein Kommunikationsplan zur Veröffentlichung und Bekanntmachung des finalen Handbuchs entwickelt und mit dem AG abgestimmt. Dieser beinhaltet auch Aufgaben, die vom Konsortium zusätzlich übernommen wurden. Der Kommunikationsplan beinhaltet folgende Bausteine, die das Handbuch bei den Adressatinnen und Adressaten bekanntmachen und bewerben sollen:

- Ansprache der an der Erstellung beteiligten Akteurinnen- und Akteure und Organisationen in den Kommunen (Adressatinnen und Adressaten) und dem Fachexpertinnen- und Fachexpertenkreis, bestehend aus wissenschaftlichen Einrichtungen und Fahrzeugherstellern (Expertinnen- und Expertenkreis) durch das Konsortium.
- Direkte Ansprache kommunaler Spitzenverbände und Netzwerke (Städtetag, NaKoMo-Netzwerk) durch das Konsortium.
- Pressemitteilung zur Veröffentlichung des Handbuchs zur Bewerbung durch das BMDV.
- Socialmedia-Posts reichweitenstarker Akteure auf Geschäftsführungsebene durch Konsortialpartnerinnen und -Partner in Abstimmung mit dem AG.
- Bewerbung und Bereitstellung des Handbuchs auf Fachtagungen im Zeitraum der Veröffentlichung:
POLIS Conference, Karlsruhe 27./28.11. 2024

Fachtagung Autonomes Fahren, Berlin 27./28.11. 2024

AP 5 Präsentation vor der Fachöffentlichkeit

AP 5 diente der Präsentation und Diskussion von Zwischen- und Endergebnissen im Rahmen von nationalen Konferenzen und Veranstaltungen im Mobilitätsbereich. Die Vorstellung und Diskussion von Zwischenergebnissen dient dabei der Einbindung einer weiteren/breiteren Fachöffentlichkeit in die Erstellung des Handbuchs.

Folgende Arbeitsschritte wurden im AP 5 durchgeführt:

Präsentation des Projekts auf der polisMOBILITY am 24.05.2023 in Köln:

Die polisMOBILITY Konferenz will einen Beitrag zu einer nachhaltigen und erfolgreichen Verkehrswende in Städten und Regionen leisten. Sie wirkt als Begegnungsort für Akteure aus Wirtschaft, Kommunen, Politik, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, um die Komplexität der technischen und sozialen Aufgaben gemeinsam zu entwickeln und voranzutreiben. Mit einem kooperativen Selbstverständnis fungiert die polisMOBILITY so als Plattform zur Förderung des aktiven Wandels und integrierter Lösungen: Über Branchengrenzen hinweg und in Ergänzung zu bestehenden Netzwerken.

PTV GmbH / Frau Inga Luchmann und Rödl & Partner / Frau Ricarda Bans haben auf der Messe & Kongress polisMOBILITY am 24.05.2023 in Köln das Handbuch für autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr vorgestellt. Der Impulsvortrag führte in eine Podiumsdiskussion zum Thema Autonom und On-Demand - Die Zukunft öffentlicher Anbindung? ein. Der gut besuchte Vortrag leistete einen Beitrag dazu das Handbuch bereits im Vorfeld der Veröffentlichung in der Fachöffentlichkeit bekannt zu machen. Aus der Podiumsdiskussion konnten wertvolle Hinweise für die Erarbeitung des Handbuchs (AP 4) gewonnen werden. Darüber hinaus wurde die Teilnahme am Kongress dazu genutzt, projektrelevante Kontakte zu knüpfen und Informationen zum autonomen und vernetzten Fahren im Rahmen des ÖV zu zusammenzutragen.

8.VDV-Zukunfts-Kongress „mobility move“ 2024 am 05.03. – 07.03.2024 in Berlin

Die erarbeiteten Inhalte des Handbuchs wurden im Rahmen des 8. VDV-Zukunfts-kongress Autonomes Fahren im Öffentlichen Verkehr im Rahmen der mobility move '24 (05.03. – 07.03.2024, Berlin) gegenüber der Fachöffentlichkeit vorgestellt und diskutiert. Der Vortrag wurde durch Frau Inga Luchmann, PTV Group übernommen und im Vorfeld mit dem AG abgestimmt.

Im Rahmen des Vortrags wurde die Veröffentlichung des Handbuchs angekündigt und entsprechend beworben. Frau Luchmann betonte dabei, dass das Handbuch Kommunen, aber auch Verkehrsunternehmen dabei unterstützt, den Einsatz autonomer und vernetzter Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr auf strategischer und operativer Ebene nachhaltig zu planen. Es beschreibe Arbeitsschritte und Anpassungserfordernisse sowie alle relevanten Fragestellungen auf Basis der in Kommunen üblichen Prozesse. Das Handbuch soll Mut machen, sich mit der Thematik des autonomen Fahrens zu beschäftigen.

AP 6 Inhaltliche Ergänzung des Handbuchs um Ergebnisse zur Bund-/Länder Arbeitsgruppe in Bezug auf Festlegung Betriebsbereiche

Das AP 6 diente der Einarbeitung des durch eine Bund-/Länder-Arbeitsgruppe erstellten Leitfadens zur einheitlichen Genehmigung von Betriebsbereichen in das Handbuch. Dieser Leitfaden ist für die Genehmigung von Betriebsbereichen autonomer Fahrzeuge im ÖPNV zentral, da sich Antragsteller für eine erfolgreiche Bescheidung darauf einstellen können müssen. Aus diesem Grund wurde der Leitfaden sowie die sich daraus ableitbaren Voraussetzungen an entsprechend geeigneten Stellen des Handbuchs eingebunden.

Um die Einarbeitung des durch die Bund-/Länder-Arbeitsgruppe entwickelten Leitfadens in das Handbuch zu erbringen, wurde der AN am 21.09.2023 mit der inhaltlichen Ergänzung des Handbuchs um die Ergebnisse zur Bund-/Länder-Arbeitsgruppe in Bezug auf die Festlegung der Betriebsbereiche gem. der angepassten Leistungsbeschreibung vom 14.07.2023 beauftragt.

Das entsprechende Kapitel über die konkreten Einsatzbereiche, deren Genehmigung und entsprechende Anforderungen an die Betriebsbereiche konnte, auf Grundlage der Ergebnisse der Bund-/Länder-Arbeitsgruppe unter Vorsitz des KBA, wie folgt ergänzt und finalisiert werden:

- Zur Gewinnung der benötigten Informationen wurden die Publikation samt Anhängen sowie begleitende verfügbare Literatur gesichtet und ausgewertet.
- Die Anforderungen und Empfehlungen des Leitfadens zur Genehmigung von Betriebsbereichen wurden mit Blick auf einen technisch reibungslosen Betriebsablauf und vor dem Hintergrund der Einhaltung aller rechtlichen Vorschriften analysiert und eingearbeitet.
- Auf Grundlage des Leitfadens und ergänzender Literatur wurden zwei zentrale Kapitel verfasst. Das Kapitel "Anforderungen an die konkreten Betriebsbereiche" enthält im Hinblick auf die Betriebsplanung Inhalte zur Wahl und zu einer gegebenenfalls erforderlichen Anpassung von Betriebsbereichen. Das Kapitel "Zulassung von Betriebsbereichen" beschreibt

die notwendigen Voraussetzungen und Erfordernisse zur Einholung der Genehmigung der konkreten Betriebsbereiche bei den zuständigen Behörden.

- Alle übrigen relevanten Textabschnitte des Handbuchs, die sich inhaltlich mit Betriebsbereichen befassen oder auf Betriebsbereiche referenzieren, wurden entsprechend an den Leitfaden angepasst.
- Die erarbeiteten Inhalte wurden dem AG zur Abstimmung zur Verfügung gestellt und sind Teil des Handbuchs. Das Handbuch wurde final redaktionell überarbeitet und lektoriert.

3. Wissenschaftliche und technische Methoden zur Erarbeitung

Die Erarbeitung des Handbuchs erfolgte über drei wesentliche Stränge: eine umfassende Literatur- und Internetanalyse, mehrere Workshops mit Fachexpertinnen und -Experten und Adressatinnen und Adressaten des Handbuches sowie zahlreichen Expertengesprächen (siehe oben). Im Zuge eines ineinandergreifenden, voneinander lernenden und sich gegenseitig prüfenden, iterativen Vorgehens wurden Inhalte und Empfehlungen abgeleitet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Methodisches Vorgehen zur Erarbeitung des Handbuchs

Literatur- & Internetanalyse

Zunächst erfolgten eine sehr ausführliche Recherche und Analyse einschlägiger nationaler und internationaler Fachliteratur zum Thema avF und dessen Einsatz samt strategischer und betrieblicher Planung. Dazu wurden wissenschaftliche Fachbeiträge, Projektberichte zu Forschungs- und Demonstrationsvorhaben, Pressemitteilungen und -artikel sowie Internetseiten von Bundes- und Landesministerien, von avF-Testbetrieben und Testfeldern und von Herstellern avF-Fahrzeugen herangezogen. Insgesamt wurden mehrere Hundert relevante, v. a. deutsch- und

englischsprachige Dokumente ausgewertet. Große Wert wurde bei der Wahl der Quellen auf Seriosität, Aktualität und Anwendbarkeit in der deutschen Praxis gelegt.

Beteiligungsprozess

Die Erarbeitung des vorliegenden Handbuchs wurde durch einen umfassenden Beteiligungsprozess begleitet. Dazu fanden sowohl Workshops mit Vertretenden aus Kommunen und Verkehrsunternehmen als auch mit Fachexpertinnen und -Experten und Stakeholdern aus Politik, Industrie, Wissenschaft und Verbänden statt.

Die dazu entwickelten Beteiligungsformate verfolgten folgende Prämissen:

- Die Adressatinnen und Adressaten des Handbuchs verfügen über eine eigene Perspektive auf das Mobilitätssystem und den ÖPNV und kennen die Anforderungen ihrer Kommunen an das automatisierte und vernetzte Fahren. Diese Perspektiven und Anforderungen einzubeziehen und so ein praxisnahes Handbuch erstellen zu können war Ziel des Beteiligungsprozesses.
- Einige Städte und Gemeinden verfügen bereits über Testbetriebe und weit fortgeschrittene Erfahrungen aus Reallaboren, in denen erste automatisierte und vernetzte Fahrzeuge getestet wurden. Die so gesammelten Erfahrungen sollten durch einen Wissenstransfer auch weniger erfahrenen Kommunen zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig soll das Handbuch auch für erfahrene Kommunen einen Mehrwert darstellen. In einem mehrstufigen Auswahlprozess wurde auf eine heterogene Zusammensetzung der Adressatinnen- Adressatengruppe geachtet und sichergestellt, dass Vertreterinnen und Vertreter verschiedener Perspektiven gehört werden.
- Ein Handbuch zum komplexen Thema des automatisierten und vernetzten Fahrens findet nur dann Anwendung, wenn es inhaltlich hilfreich und praxisnah empfunden wird. Im engen Austausch mit den Vertretenden aus Kommunen, Verkehrsbetrieben sowie kommunalen Spitzenverbänden wurde schon früh eruiert, welche Fragestellungen im Handbuch adressiert werden sollen und in welcher Form diese aufbereitet werden sollen, um einen höchstmöglichen Nutzwert darzustellen.

Expertinnen- und Expertenkreis zur fachlichen Qualifizierung des Handbuchs

Neben den Adressatinnen- und Adressatenworkshops wurden im Rahmen des Erarbeitungsprozesses vier Workshops mit Expertinnen und Experten durchgeführt, die jeweils auf spezifische Fragestellungen des Handbuchs ausgerichtet waren. Ziel dabei war es, die Expertise dieser Stakeholder regelmäßig und über den gesamten Erarbeitungsprozess hinweg einzubeziehen und so

eine hohe fachliche Qualität sicherzustellen. Dadurch flossen neue Entwicklungen und technische Innovationen ebenso regelmäßig in den Entwicklungsprozess des Handbuchs ein, wie die jeweils aktuellen Ergebnisse der Forschung. Die Inhalte des erstellten Handbuchs wurden abschließend in einer Reflexionssitzung im Peer-Reviewverfahren mit den Vertreterinnen und Vertretern der Fachexpertinnen und -Expertengruppe diskutiert und die fachliche Richtigkeit sichergestellt.

Qualitative Interviews mit Fachexpertinnen und Experten

Ergänzend zu den Sitzungen des Expertinnen- und Expertenkreises wurden 10 qualitative Interviews mit einzelnen Vertreter:innen geführt. Sie dienten der Analyse von Einfluss- und Wirkungsfaktoren von Automatisierung und Vernetzung im öffentlichen Verkehr sowie der themenspezifischen Erörterung und Validierung von herausgearbeiteten Änderungen, Anpassungsbedarfen und Handlungsmöglichkeiten für Kommunen und Verkehrsanbieter.

Die Ergebnisse der Einzelgespräche und Workshops flossen in die Erarbeitung des Handbuchs ein und trugen wesentlich zu dessen Qualität, Vollständigkeit und Nutzendenfreundlichkeit bei.

4. Angabe der verwendeten Fachliteratur

Agora Verkehrswende (2023): Mobilitätsoffensive für das Land. Wie Kommunen mit flexiblen Kleinbussen den ÖPNV von morgen gestalten können, Berlin.

Anon, F. et al. (2020): Publications of BRAVE guidelines. Deliverables 7.3 of the EU-project Bridging gaps for the adoption of Automated Vehicles.

AustriaTech – Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen GmbH (2021): Mobilität findet Stadt. Fokus: Automatisierte Mobilität, Wien.

AustriaTech – Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen GmbH (2019): Globaler BürgerInnen-Dialog. Automatisierte Mobilität, Wien.

Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (2023): Autonomes Fahren, Zugriff: <https://autonomes-fahren.bayern.de/>, 04.12.2023

Beckmann, K.J. (2020): Automatisierter Verkehr und Einsatz autonomer Fahrzeuge - (mögliche) Folgen für die Raum- und Verkehrsentwicklung, in: Reutter, Ulrike; Holz-Rau, Christian Albrecht; Hülz, Martina (Ed.): Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels, Verlag der ARL - Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft, Hannover, S. 244-269.

Beck`sche Online-Kommentare Straßenverkehrsrecht, 21. Edition vom 15.10.2023

Bitkom e.V. (2023): Die Zukunft fährt selbst. Anwendungsfälle, Chancen, Herausforderungen und Handlungsempfehlungen für die autonome Mobilität der Zukunft, Berlin. Zugriff: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-03/WhitepaperDieZukunftfaehrtselfbst.pdf>, 02.05.2023.

Bosserhoff, D. (2006): Hinweise zur Schätzung des Verkehrsaufkommens von Gebietstypen, Köln.

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2011): SP-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten im Personenverkehr, Zürich.

Bundesanstalt für Straßenwesen BASt (2021): Selbstfahrende Autos – assistiert, automatisiert oder autonom. Zugriff: <http://www.bast.de>, Presse, Selbstfahrende Autos – assistiert, automatisiert oder autonom.

Bundesrat (24.02.2022): Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion und zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. Anlage I Anforderungen an Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion. Drucksache 86/22.

Bundestag (09.03.2021): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren. Drucksache 19/27439

camo.nrw (2021): Automatisierte Shuttlebusse. Leitfaden für Kommunen und kommunale Betriebe zur Einführung automatisierter Shuttlebusse. Zugriff: <https://www.camo.nrw/wp-content/uploads/2021/09/Automatisierte-Shuttlebusse-Leitfaden-fuer-Kommunen-und-kommunale-Betriebe-zur-Einfuehrung-automatisierter-Shuttlebusse.pdf>, 30.11.2021

DLR (2020): Projekt "DiVA - Gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren", Berlin.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) (2011): Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM); Rationale for and guidance on standardization. Technischer Bericht: ETSI TR 102 863. Zugriff: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102800_102899/102863/01.01.01_60/tr_102863v010101p.pdf, 23.11.2021

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2012a): Empfehlungen für Verkehrserhebungen, FGSV EVE, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2012b): Hinweise zur Beteiligung und Kooperation in der Verkehrsplanung, FGSV Nr. 161, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2018): Empfehlungen für Verkehrsplanungsprozesse - EVP, FGSV Nr. 116, Köln.

Fraedrich, E.; Lenz, B. (2015): Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In: Maurer, M.; Gerdes, J.C.; Lenz, B.; Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Heidelberg.

Freie und Hansestadt Hamburg (2018): Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Fortschrittsbericht der ITS-Strategie. In: Drucksache 21/13503 sowie Anlage zur Drucksache 21/13503 der Freien und Hansestadt Hamburg vom 19.06.2018, Hamburg.

Gath, N.; Kath, J.; Kürschner, M.; Schendzielorz, T.; Unger, T. (2016): Leitfaden für die Einrichtung kooperativer Systeme auf öffentlicher Seite. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/312215403_Leitfaden_fur_die_Einrichtung_kooperativer_Systeme_auf_offentlicher_Seite, 12.08.2021.

Gertz, C.; Maaß, J.; Grote, M. et al. (2021): Endbericht des Projektes TaBuLa, Hamburg.

Grote, M.; Röntgen, O. (2021): Kosten autonom fahrender Minibusse. ECTL Working Paper 54.

Grunwald, A. (2015): Gesellschaftliche Risikokonstellation für autonomes Fahren – Analyse, Einordnung und Bewertung. In: Maurer, M.; Gerdes, J.C.; Lenz, B.; Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Heidelberg.

Hartl, M. (2020): Integrierte ÖV-Planung – Entwurf, Vergleich und Bewertung von planerischen und algorithmischen Lösungsverfahren. In: Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, Heft 29 Januar 2020, Stuttgart.

Heinrichs, D. (2017): Autonomes Fahren findet Stadt. Szenarien, Wirkungen und Bedeutung für kommunale Stadt- und Verkehrsplanung, Berlin.

Hochbahn (2024): Flexibel und emissionsfrei fährt die HOCHBAHN Richtung Mobilitätswende. Wie das Projekt ALIKE mit autonomen Kleinbussen den ÖPNV ergänzen soll. Zugriff: <https://www.hochbahn.de/de/projekte/autonome-on-demand-shuttles>, 29.08.2024

Initio (2022): Strategieprozesse richtig durchführen. Zugriff: <https://organisationsberatung.net/vorgehen-strategieentwicklung-strategieprozess/>, 09.02.2022.

KIRA (2024): Die Zukunft fährt vor. Zugriff: <https://kira-autonom.de>, 29.08.2024

Knie, A.; Canzler, W.; Ruhrort, L. (2019): Autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr – Chancen, Risiken und politischer Handlungsbedarf, Gutachten der Fraktion Grüne im Landtag Baden-Württemberg, Stuttgart.

Kolodge, K.; Cicotte, S.; Peng, H. (2020): Mcity Driverless Shuttle: What We Learned About Consumer Acceptance of Automated Vehicles, o.O.

Koopmann, P.; Fratik, F. (2019): How Many Operational Design Domains, Objects, and Events? PREPRINT: Safe AI 2019: AAAI Workshop on Artificial Intelligence Safety, Jan 27, 2019. Zugriff: https://users.ece.cmu.edu/~koopman/pubs/Koopman19_SAFE_AI_ODD_OEDR.pdf, 06.07.2022.

Krail, M.; Hellekes, J.; Schneider, U.; Dütschke, et al. (2018): Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr; Studie im Rahmen der wissenschaftlichen Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, Karlsruhe.

Landeshauptstadt München (2020): TEMPUS – Testfeld München – Pilotversuch Urbaner automatisierter Straßenverkehr. Teilnahme der Landeshauptstadt München am Kooperativen Forschungsprojekt TEMPUS der Förderrichtlinie „Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Mobilitätssystem durch automatisiertes Fahren und Vernetzung“ (BMVI): Personaleinrichtung und Vergaben, Sitzungsvorlage zum Beschluss der Vollversammlung des Stadtrates vom 16.12.2020. Zugriff: <https://www.muenchen-transparent.de/dokumente/6389070>, 05.03.2022.

Lemmer, K. (Hrsg.)(2019): Neue autoMobilität II. Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft (acatech Studie), München.

Luchmann, I.; Reuter, C.; Karthaus, D.; et al. (2019a): LEA(Klein-)Bus - Erforschung der Voraussetzungen und Einsatzmöglichkeiten von automatisiert und elektrisch fahrenden (Klein-)Bussen im ÖPNV, Handreichung, Berlin/Karlsruhe/Hamburg.

Luchmann, I.; Reuter, C.; Karthaus, D.; et al. (2019b): Endbericht des Forschungsvorhabens FE 70.941/17. LEA(Klein-)Bus - Erforschung der Voraussetzungen und Einsatzmöglichkeiten von automatisiert und elektrisch fahrenden (Klein-)Bussen im ÖPNV, Berlin/Karlsruhe/Hamburg, Zugriff: <https://fops.de/forschungsergebnisse/>, 20.08.2024.

MERGE Greenwich (2018): Report 2b: City Compatibility: How AV ride-sharing could be implemented, o. O. Zugriff: <https://mergegreenwich.com/category/news/>, 29.08.2018.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2020): Strategie zur automatisierten und vernetzten Mobilität. Zugriff: https://stm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/SDA_BW/200917_SDA_Strategie_zur_automatisierten_und_vernetzten_Mobilitaet_AVM.pdf, 27.04.2022.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2023): Einordnung. Zugriff: <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/zukunftskonzepte/autonomes-fahren/einordnung/>, 16.05.23.

mobil.nrw - Verkehrsverbund Rhein-Sieg GmbH (2022): mobil.nrw. Zugriff: <https://www.mobil.nrw/index.html>, 19.12.22.

NAF-Bus Projektkonsortium (2021): Abschlussbericht Verbundprojekt: Entwicklung und Evaluierung eines ÖPNV-on-demand-Angebots mit autonomen Fahrzeugen im öffentlichen Personennahverkehr in ländlichen Regionen (NAF-Bus), o.O.

Navigation Data Standard Association (NDS) (2024): The worldwide standard for map data in automotive eco-systems. Zugriff: <https://nds-association.org>, 27.03.2024.

Neuner, M.; Grünfeld, H.; Kanngießner, V. et al. (2020): Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Verkehrssysteme. Zugriff: https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Publications/DIK-OVE_Leitfaden_01-00-00.pdf, 12.08.2021.

Oehme, M.; Scherf, C.; Emmerich, J. et al. (2024): Zwischenbericht. Digitale Mobilitätsplattformen. Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

PHINEO gAG (2021): Kursbuch Wirkung. Das Praxisbuch für alle, die Gutes noch besser tun wollen, Berlin.

Projektteam Hubchain (2021): Leitfaden für den Betrieb von On-Demand-Bussen im suburbanen und ländlichen Raum. Erkenntnisse aus dem Hub Chain-Reallabor für Forschung und Praxis, o.O.

Pucihar, A.; Zajc, I.; Serbec, R. et al. (2019): Living Lab as an Ecosystem for Development, Demonstration and Assessment of Autonomous Mobility Solutions, Kranj, Ljubljana/Slowenien.

Raposo, A.; Grosso, M.; Després, J. et al. (2018): An analysis of possible socio-economic effects of a Cooperative, Connected and Automated Mobility (CCAM) in Europe, o.O.

Rehrl, K.; Zankl, C (2018): Digibus 2017: Erfahrungen mit dem ersten selbstfahrenden Shuttlebus auf öffentlichen Straßen in Österreich. Zugriff: https://www.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/2018/04/Digibus_2017_Endbericht_final.pdf, 07.07.2021.

Rentschler, C.; Herrmann, L.; Kurth, D.; Manz, W.; Rumberg, M. (2020): Technische und rechtliche Systemgrenzen in der Routenplanung autonomer Shuttlebusse. In: Neue Dimensionen der Mobilität. Springer Gabler, Wiesbaden. Zugriff: https://doi.org/10.1007/978-3-658-29746-6_28

Rupprecht Consult - Forschung & Beratung GmbH (Hg.) (2019/2021): Leitlinien für nachhaltige urbane Mobilitätsplanung. (SUMP), Köln/Frankfurt.

SAE International (2023): SAE J3016 Levels of Driving Automation. Zugriff: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>, 07.06.2023.

SMO Shuttle Modellregion Oberfranken (2023): Fragen & Antworten - Erklärung der Technik. Zugriff: www.shuttle-modellregion-oberfranken.de, FAQ, 16.01.2023.

Soteropoulos, A.; Bruck, E.A.; Berger, M.; et al. (2021a): Automatisierung, öffentlicher Verkehr und Mobility as a Service: Erfahrungen aus Tests mit automatisierten Shuttlebussen. In: Mitteregger, M.; Bruck, E. M.; Soteropoulos, A.; et al. (2021): AVENUE21. Politische und planerische Aspekte der automatisierten Mobilität. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg.

Soteropoulos, A. (2021b): Automated Drivability und straßenräumliche Verträglichkeit im Stadt-Land-Kontinuum am Beispiel der Stadtregion Wien. In: Mitteregger, M.; Bruck, E. M.; Soteropoulos, A. et al. (2021): AVENUE21. Politische und planerische Aspekte der automatisierten Mobilität. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg.

SPACE, UITP (2021): How to place public transport at the centre of the automated vehicle revolution. Project Brief from September 2021, Brussels.

SPACE (2022): Practical scenarios and how to get there. Abgerufen unter: <https://space.uitp.org/toolkit/practical-scenarios-and-how-to-get-there>, am 01.09.2022.

Stadt Wien (2024): Grundpositionen zum automatisierten Fahren. Abgerufen unter: wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/autonomes-fahren.html, am 03.09.2024.

Tilg, G.; Stüger, P.; Spangler, M. (o. J.): Leistungssteigerung städtischer Straßennetze. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben FE70.970/2019. Zugriff: https://fops.de/wp-content/uploads/2023/03/70970_Schlussbericht.pdf, 03.09.2024.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (2019): Individuelle und öffentliche Mobilität aus einem Guss. Flyer, Köln.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (2020): VDV Statistik 2019, Köln.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (2023): ÖV-LeitmotiF-KI - ÖV-LeitmotiF-KI. Zugriff: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/AVF-projekte/oev-leitmotif-ki.html>, 16.01.2023.

Verkehrsblatt, 2024: Verkehrsblatt, Amtsblatt des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr der Bundesrepublik Deutschland, Heft 3, 15.02.2024.

Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein (VHH) (2024): ahoi. Autonomes Fahren mit ahoi in Hamburg. Zugriff: <https://vhbus.de/hop/ahoi/>, 29.08.2024

Yen, R.; Braun Binder, N.; Pitzten, C., Schippl, J. (Hrsg.) (2024): Automatisierter ÖPNV. Hintergründe und praktische Ableitung zur Umsetzung in kleineren Städten und ländlichen Regionen, Berlin.

II. Anlagen

Anlage 1: Handbuch: Autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr

Anlage 2: Kurzbericht

Anlage 3: Summary