

Autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr

Ein Handbuch mit Vorschlägen für die Umsetzung
in der kommunalen Praxis



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Dieses Handbuch entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr beauftragten FE-Projektes 70.0969 „**Integration automatisierter Verkehrsmittel in den städtischen öffentlichen Raum**“ von Februar 2021 bis Dezember 2024, das aus dem Forschungsprogramm Stadtverkehr (FoPS) finanziert wurde. Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich bei den Autoren.

Autorinnen und Autoren

PTV Group, Berlin

Inga Luchmann
Dr. Alexander Dahl
Christian Reuter

Rödl & Partner, Berlin & Hamburg

Till Stegemann
Ricarda Bans
Jörg Niemann

KIT – Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe

Eva-Maria Knoch
Vivien Geenen
Robin Knebel

ifok GmbH, Bensheim & Berlin

Frank Zimmermann
Johannes Sternberger
Marvin Riedl

Die Erarbeitung des vorliegenden Handbuchs wurde durch einen umfassenden Beteiligungsprozess begleitet. Dazu fanden sowohl Workshops mit Vertreterinnen und Vertretern aus Kommunen und Verkehrsunternehmen statt als auch Workshops und Interviews mit Fachexpertinnen und -experten sowie Stakeholderinnen und Stakeholdern aus Politik, Industrie, Wissenschaft und Verbänden. Die Ergebnisse flossen in die Erarbeitung des Handbuchs ein und trugen wesentlich zu dessen inhaltlicher Qualität, Vollständigkeit und Nutzerorientierung bei.

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die Technologien rund um das autonome und vernetzte Fahren bergen ein enormes Potenzial, das besonders für den öffentlichen Verkehr von großer Bedeutung ist. Insbesondere Kommunen und Verkehrsbetriebe stehen vor der Herausforderung, die Chancen des autonomen Fahrens gezielt zu nutzen, um ihre verkehrs- und mobilitätsplanerischen Ziele zu erreichen. Dafür stellt dieses Handbuch gebündelt und anwenderorientiert wesentliche Informationen zur Verfügung, um den Einsatz autonomer Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr zu planen und umzusetzen.

Ein gut geplanter und bedarfsgerechter Einsatz autonomer Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr kann die Mobilität aller Einwohner erhöhen und gleichzeitig zur Reduktion des motorisierten Verkehrs und seiner sicherheits-, umwelt- und klimatechnischen Nachteile beitragen. Dies kann die Verkehrswende voranbringen und die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger spürbar steigern.

Fahrerlose Bedarfsverkehre können die Anbindung zentraler Orte auf dem Land sowie die Nahversorgung älterer oder mobilitätseingeschränkter Personen erheblich verbessern. Auch die Erreichbarkeit von Gewerbe und Geschäften für Mitarbeitende, Kunden und Lieferanten wird optimiert. Bestehende attraktive Angebote des öffentlichen Personennahverkehrs mit hohen Taktzeiten im Linienverkehr können gegen den Berufskraftfahrermangel abgesichert werden.

Die Innovation von Zukunftstechnologien im öffentlichen Raum betrifft uns alle. Deutschland

hat eine Führungsrolle beim autonomen Fahren und als erstes Land ein bundesweites Gesetz zum autonomen Fahren verabschiedet. Als Land der Mobilität, das immer wieder den Automobilbereich revolutioniert, steht Deutschland weiterhin an der Spitze der Automobilbranche. Diese Innovationsführerschaft war und ist das Fundament für Wachstum und Wohlstand in unserem Land. Die Einführung von autonomen und vernetzten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr kann ein neues Kapitel aufschlagen. Wir unterstützen daher unsere Kommunen und Verkehrsbetriebe auf dem Weg in die Mobilität 4.0.

Mein Dank gilt den zahlreichen beteiligten Fachleuten und Kommunen, deren Mitwirkung dieses Handbuchs ermöglicht hat. Erst durch diese vielfältigen Erfahrungen war es uns möglich, das Kompendium zu erstellen. Es vermittelt prägnant notwendiges technisches, betriebliches und rechtliches Wissen und enthält weiterführende Hinweise, um bei der Implementierung des autonomen und vernetzten Fahrens im öffentlichen Verkehr zu unterstützen. Dieses Handbuch soll als nützliche Unterstützung für gegenwärtige und zukünftige Vorhaben dienen. Ich wünsche Ihnen allen eine erkenntnisreiche Lektüre!



Staatssekretär Stefan Schnorr



1) Inhalt

1) Inhalt	5
2) Einführung in das Handbuch	8
Chancen eines autonomen und vernetzten ÖV-Betriebs	8
Fokus des Handbuchs.....	9
Ziele und Adressaten dieses Handbuchs.....	9
Aufbau des Handbuchs	11
3) Phase 1: Planungsrahmen & Vorbereitung	12
3.1 Chancen & Herausforderungen	13
3.1.1 Verkehrssicherheit	14
3.1.2 Wirtschaftlichkeit	14
3.1.3 Soziale Teilhabe und Daseinsvorsorge	15
3.1.4 Umwelt- und Klimawirkungen	15
3.1.5 Flächeninanspruchnahme.....	16
3.2 Festlegung des Planungsrahmens.....	16
3.3 Arbeits-, Informations- & Beteiligungsstrukturen	16
3.3.1 Einrichten einer Arbeitsgruppe	16
3.3.2 Entwicklung eines Kommunikations- und Beteiligungskonzeptes	19
3.3.3 Aufsetzen eines Informations- und Datenmanagements	20
4) Phase 2: Strategieentwicklung	22
4.1 Bedarfsermittlung	23
4.1.1 Mobilitätsanalyse	23
4.1.2 Ziel- und Stakeholdergruppenanalyse	24
4.2 Vision, Ziel & Einsatz- und Handlungsfelder.....	28
4.2.1 Vision.....	28

4.2.2 Zielstellung	29
4.2.3 Planung von Einsatz- und Handlungsfeldern	30
4.3 Festlegung, Kommunikation & Verankerung der Strategie	35
5) Phase 3: Betriebsplanung	36
5.1 Autonome & vernetzte Fahrzeuge.....	37
5.1.1 Grundlagen Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung	38
5.1.2 Barrierefreie und sichere Fahrzeuge	43
5.1.3 Haftung.....	44
5.1.4 Instandhaltung der Fahrzeuge.....	45
5.2 Betriebsbereiche	45
5.2.1 Auswahl und Beschreibung des Betriebsbereichs	46
5.2.2 Physische Infrastruktur	51
5.2.3 Digitale Infrastruktur	56
5.2.4 Datenkonzept.....	60
5.3 Personal & Finanzen.....	63
5.3.1 Personalplanung und -entwicklung	63
5.3.2 Finanzierung.....	66
6) Phase 4: Umsetzung & Erfolgskontrolle	72
6.1 Arbeitsplan, Genehmigung & Beschaffung	73
6.1.1 Erstellung eines detaillierten Arbeitsplans	73
6.1.2 Genehmigungen und Zulassungen	74
6.1.3 Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen	89
6.2 Umsetzung des Betriebs	91
6.3 Monitoring, Evaluation & Optimierung	91

7) Glossar	94
8) Literaturverzeichnis	102
9) Anlagen	108
9.1 Checklisten	108
9.1.1 Checkliste Phase 1: Planungsrahmen & Vorbereitung	109
9.1.2 Checkliste Phase 2: Strategieentwicklung	110
9.1.3 Checkliste Phase 3: Betriebsplanung	111
9.1.4 Checkliste Phase 4: Umsetzung & Erfolgskontrolle	113
9.2 Exkurse	114
9.2.1 Beispiele von Ansätzen zur strategischen Konzeption von avF	114
9.2.2 Weitere Ausführungen zur Finanzierung	117
9.3 Beteiligte Organisationen	119

2) Einführung in das Hand- buch

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.

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

Chancen eines autonomen und vernetzten ÖV-Betriebs

Mit dem avF ergeben sich für Kommunen und Mobilitätsanbieter vielfältige neue Möglichkeiten zur Gestaltung eines nachhaltigen und zukunftsfähigen öffentlichen Verkehrs (ÖV, vgl. Kapitel 3.1 Chancen & Herausforderungen).

Kurzfristig:

- Durch den frühzeitigen Dialog mit potenziellen Kundinnen und Kunden sowie Stakeholderinnen und 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 wird die Akzeptanz des Einsatzes gesteigert.

Mittelfristig:

- AvF kann die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit und dadurch auch die Bedarfsgerechtigkeit im ÖV steigern. Neue Einsatz- und Geschäftsfelder entstehen aufgrund des wirtschaftlicheren Einsatzes mit kleineren Fahrzeugeinheiten und dem Wegfall fahrpersonalbedingter Restriktionen. 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:

- Ein bedarfsorientiertes Angebot kann einem erweiterten Personenkreis einen verbesserten Zugang zum ÖV ermöglichen und 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 bieten diese ein großes Potenzial, 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 und beglei-

tende 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 Handbuch 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 (vgl. Kapitel 5.1 Autonome & vernetzte Fahrzeuge). Das Handbuch soll einen leichten Einstieg in die Thematik gewährleisten.

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.

Bei der Lektüre dieses Handbuchs sei auf Folgendes hingewiesen: Die Handlungsempfehlungen spiegeln den Stand der technologischen Entwicklung zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses des Handbuchs wider. Dementsprechend gibt es noch nicht auf jede Frage eine Antwort, wohl aber gibt es Aspekte und Fragestellungen, deren Betrachtung von hoher Bedeutung ist. Diese werden im Handbuch dargestellt.

Ziele und Adressaten dieses Handbuchs

Das vorliegende Handbuch soll Kommunen sowie Besteller und Anbieter von Verkehren dabei unterstützen, die positiven Effekte des

Betriebs von autonomen, vernetzten ÖV-Angeboten zu fördern. Es bietet eine Einstiegshilfe in das Thema autonomer und vernetzter Verkehre und deren Integration in den ÖV.

Mit dem Handbuch sollen Kommunen, Mobilitätsanbieter und Verkehrsverbünde 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 vorliegende Handbuch 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 Verkehrsverbünde als ein organisatorischer wie rechtlicher Zusammenschluss von Gebietskörperschaften und/oder Verkehrsunternehmen, um gemeinsam und abgestimmt den ÖPNV durchzuführen,
- an sonstige Dienstleister, welche Einzelleistungen, wie die Bereitstellung von plattformbasierten Mobilitätsdiensten übernehmen und
- an alle Personen und institutionellen Akteure, die am Einsatz des avF interessiert sind.

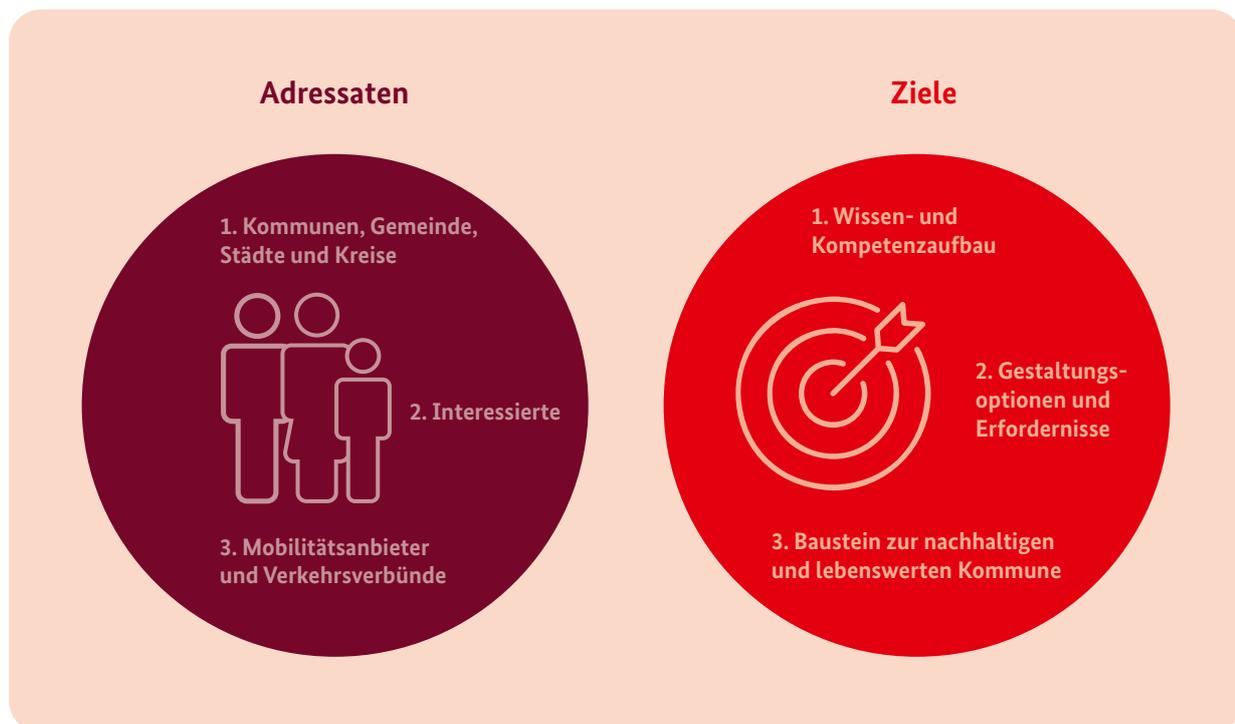


Abbildung 1: Adressaten und Ziele des Handbuchs

Aufbau des Handbuchs

Der Aufbau des Handbuchs orientiert sich an den Planungs- und Handlungsschritten zur avF-Integration in den ÖV in der Kommune:

1. Phase: **Planungsrahmen & Vorbereitung**
2. Phase: **Strategieentwicklung**
3. Phase: **Betriebsplanung**
4. Phase: **Umsetzung & Erfolgskontrolle**

Die vier Phasen sind in je drei Prozessschritte mit Teilschritten untergliedert (siehe Abbildung 2).

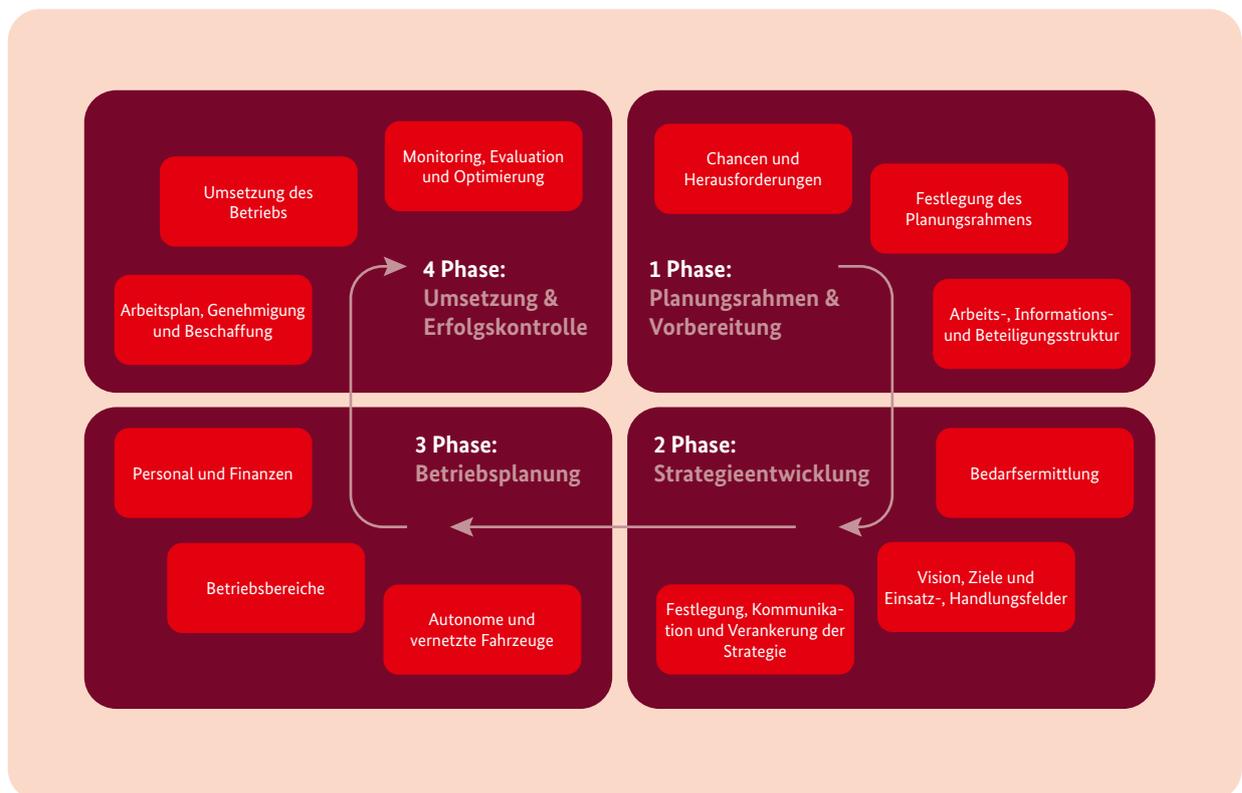


Abbildung 2: Aufbau des Handbuchs

Eine Zusammenfassung der einzelnen Planungsschritte mit den wichtigsten Punkten lässt sich den Checklisten in Kapitel 9.1 entnehmen.

3) Phase 1: Planungsrahmen & Vorbereitung



Zu Beginn der Auseinandersetzung mit dem autonomen Fahren im ÖV sollten Sie sich der Chancen und Herausforderungen bewusstwerden. Darauf aufbauend können Sie klar identifizieren, in welchem Rahmen Ihre Kommune oder Ihr Unternehmen sich mit der Thematik befassen wird.

3.1 Chancen & Herausforderungen

In den folgenden Abschnitten wird Ihnen ein genereller Überblick zu den Chancen und Herausforderungen gegeben. Die Erläuterungen sollen Ihnen dabei helfen, in eigene Analysen einzusteigen und sich der konkreten Auswirkungen des avF in Ihren Verantwortungsbereichen bewusst zu werden.

Untergliedert wird dabei in fünf entscheidende Aspekte, die sich aus den Ansprüchen an ein

nachhaltiges kommunales Mobilitätssystem ableiten lassen. Dazu zählen die Verkehrssicherheit, die Wirtschaftlichkeit, die soziale Teilhabe und Daseinsvorsorge, die Umwelt- und Klimawirkung sowie die Flächeninanspruchnahme (siehe Abbildung 3). Sofern in Ihrer Kommune weitere Zielvorgaben für das kommunale Mobilitätssystem bestehen, wird angeregt, entsprechende Chancen und Herausforderungen des avF zu identifizieren und in Ihrem Planungsprozess zu berücksichtigen.

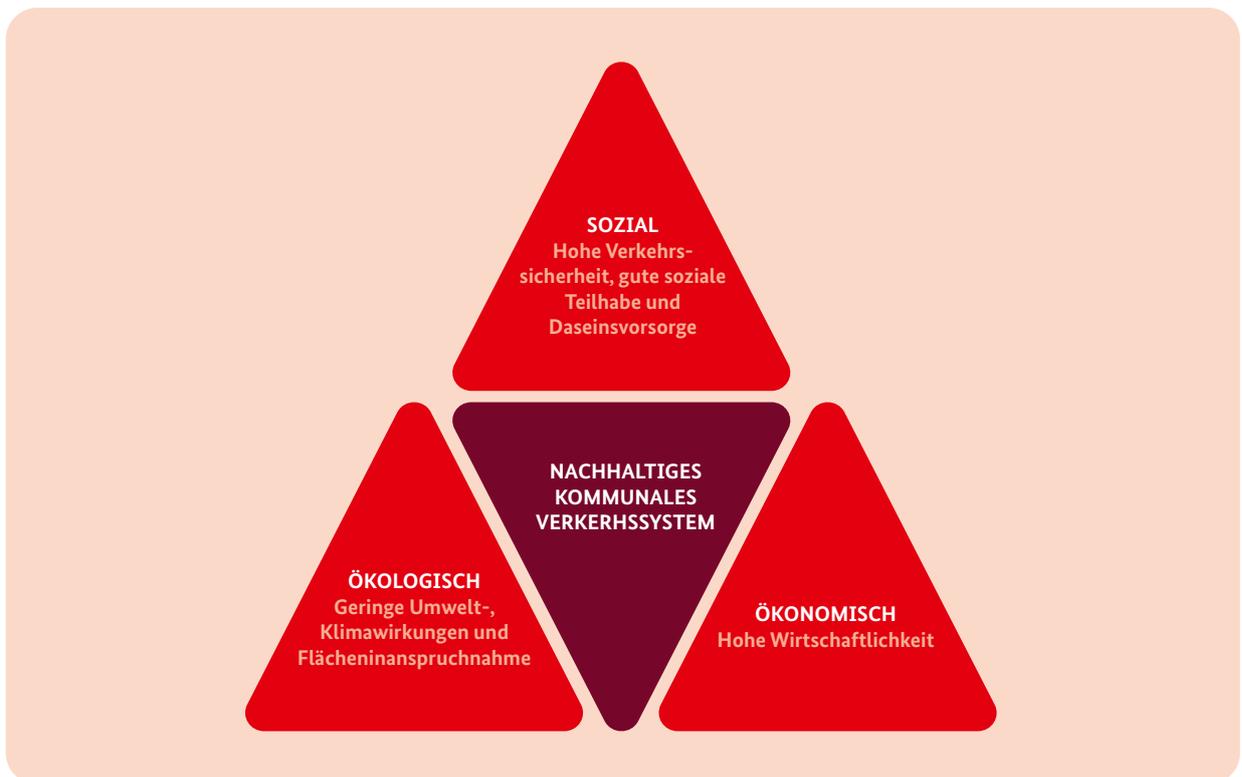


Abbildung 3: Zuordnung der fünf Aspekte innerhalb des Nachhaltigkeitsdreiecks

3.1.1 Verkehrssicherheit

Das avF soll den Straßenverkehr sicherer gestalten und so einen Beitrag zum Leitbild der „Vision Zero“ leisten. Mit der „Vision Zero“ verfolgt die Bundesregierung das Ziel, die Zahl der Verkehrstoten auf null abzusenken. Auf dem Weg dorthin haben Bund, Länder und Kommunen den „Pakt für Verkehrssicherheit“ geschlossen. Die Verkehrssicherheit von av-Fahrzeugen ist eine wesentliche Voraussetzung für die gesellschaftliche Akzeptanz.

Dafür müssen die Betriebsbereiche so gewählt und gestaltet werden, dass sie den Fähigkeiten der av-Fahrzeuge entsprechen (siehe Kapitel 5.2 Betriebsbereiche). So ist ein sicherer und störungsfreier Betrieb gewährleistet.

Zur Steigerung der Akzeptanz des avF wird Ihnen empfohlen, im Zuge eines Beteiligungsprozesses (siehe Kapitel 3.3.2 Entwicklung eines Kommunikations- und Beteiligungskonzeptes) aktiv zu kommunizieren, dass entsprechende Mobilitätsangebote nur zugelassen und eingeführt werden, wenn sie hohe Sicherheitsstandards erfüllen. Weiterhin sollten Sie kommunizieren, dass avF den Verkehr in dafür geeigneten Einsatzräumen sicherer machen kann. Nutzen Sie auch Verkehrssicherheitsstatistiken konventioneller Fahrzeuge, um einseitige Darstellungen zu vermeiden.

3.1.2 Wirtschaftlichkeit

Mobilitätsangebote mit av-Fahrzeugen haben das Potenzial, im Regelbetrieb langfristig geringere Betriebskosten als konventionelle ÖV-Angebote mit Fahrpersonal aufzuweisen. Einsparungen beim Fahrbetrieb ergeben sich vor allem durch Wegfall der Kosten für das Fahrpersonal und bei der Instandhaltung. Sie überwiegen voraus-

sichtlich die Mehrkosten, beispielsweise für die Fahrzeugbeschaffung. Dies eröffnet Spielräume für neue Einsatzräume und Bedienformen, die unter den heutigen Rahmenbedingungen und wirtschaftlichen Aspekten nicht angemessen sind. Hinzukommt, dass bereits heute Fahrpersonal vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels nicht in ausreichender Anzahl zur Verfügung steht. Demografische Effekte werden diese Situation in den kommenden Jahren voraussichtlich verschärfen, sodass der Entfall von Fahrpersonal beim Einsatz von av-Fahrzeugen neben Kosteneinsparungen zusätzliche positive Wirkungen entfalten wird.

- Einspareffekte können realisiert werden, wenn der Betreuungsschlüssel der Fahrzeuge durch Personal der technischen Aufsicht (siehe Kapitel 5.3.1 Personalplanung und -entwicklung), der Fahrzeugbegleitung und Kontrolle in entsprechenden Größenordnungen liegt. Dies wird – sowohl aus technischer Perspektive als auch aus Akzeptanzgründen – erst langfristig der Fall sein.
- Erfahrungen aktueller und abgeschlossener Pilot- und Testbetriebe zeigen, dass die Betriebskosten für av-Fahrzeuge derzeit noch höher liegen als im konventionellen ÖPNV. Mit der Marktreife der Fahrzeuge und ihrer Komponenten ist eine andere Skalierung zu erwarten, sodass Fachleute Einsparungen im avF-Linienbetrieb von 30 bis 40 Prozent pro Fahrplankilometer prognostizieren.¹⁾
- Der Bedarf an zusätzlicher Infrastruktur für den autonomen Fahrbetrieb hängt vom konkreten Einsatzraum und der Bedienform ab. Es ist zu erwarten, dass die av-Fahrzeuge weitgehend mit der bereits vorhandenen Infrastruktur zurecht kommen werden. Dennoch sollten Sie die Finanzierung für die Bereitstellung, Unterhaltung

1) vgl. Grote, Röntgen 2021, S. 69

- und Nutzung der Infrastruktur und die Zuständigkeiten der Kommunen, der Mobilitätsanbieter und Infrastrukturbetreiber klären.
- Bei der tariflichen Gestaltung sollten Sie die Anforderungen der Kommunen, der Mobilitätsanbieter und der Nutzenden in den Blick nehmen. Sofern eine ausreichende Nachfrage besteht, kann mit dem Einsatz von av-Fahrzeugen ein breiteres Spektrum von Bedienungskonzepten mit unterschiedlichen Fahrzeuggrößen und Komfortstufen sowie ausdifferenzierten Preismodellen angeboten werden. Mobilitätsanbieter können damit flexibler als bisher auf die Komforterwartungen verschiedener Zielgruppen eingehen und die jeweilige Zahlungsbereitschaft ausschöpfen. Dies gilt allerdings nur für Angebote, die das an der Daseinsvorsorge orientierte ÖPNV-Angebot, das im Deutschlandticket integriert sein sollte, erweitern oder ergänzen.

3.1.3 Soziale Teilhabe und Daseinsvorsorge

Insbesondere im ländlichen Raum stehen Politik und Verkehrsunternehmen vor der Herausforderung, ein ebenso attraktives wie wirtschaftlich vertretbares Mobilitätsangebot als Teil der kommunalen Daseinsvorsorge zu schaffen oder zu erhalten. AvF kann dabei vielfältig unterstützen:

- Zunehmender Personalmangel im ÖV: Av-Fahrzeuge könnten konventionelle Fahrzeuge ersetzen.
- Erweiterung des Mobilitätsangebots: Av-Fahrzeuge könnten eine räumliche und zeitliche Ausweitung sowie bedarfsgerechtere Gestaltung des ÖV ermöglichen.
- Ergänzung des bestehenden ÖPNV: Av-Fahrzeuge könnten als Zubringer zu überregionalen und schienengebundenen Verkehren dienen.
- Verbesserter Zugang zum ÖPNV: Av-Fahrzeuge

könnten den Zugang für einen erweiterten Personenkreis verbessern.

- Neue Fahrgastgruppen: Personen, die bisher nicht vom ÖPNV erreicht wurden, inklusive Menschen mit Mobilitätseinschränkungen, könnten erreicht werden. Dabei ist zu bedenken, dass av-Fahrzeuge barrierefrei sein müssen, um soziale Teilhabe zu ermöglichen.
- Vorteile für Mobilitätsanbieter: Zubringerverkehre könnten die Auslastung und Wirtschaftlichkeit von ÖV-Leistungen steigern.
- Ersatz klassischer Linienverkehre: In manchen Regionen könnten Bedarfsverkehre mit autonomen Kleinbussen oder Pkw die Effizienz von ÖV-Angeboten erhöhen.

3.1.4 Umwelt- und Klimawirkungen

Das avF hat in Bezug auf Umwelt und Klima zwei Wirkungsebenen. Der Einsatz von Automatisierungs- und Vernetzungstechnologien auf Fahrzeugebene stellt dabei die primäre Wirkungsebene dar. Eine optimierte Motorsteuerung und vorausschauendes Fahren sind die maßgeblichen Faktoren, die Energie einsparen werden.

Hinzu kommen auf sekundärer Wirkungsebene weitere verkehrliche Veränderungen. Sie werden durch den Einsatz der avF-Technologie ausgelöst. Betriebskosteneinsparungen sowie die Entkopplung des Betriebs vom Berufskraftfahrer-mangel kann einen Ausbau entsprechender Mobilitätsangebote befördern. Infolge eines höherwertigen ÖV-Angebots können Fahrten vom motorisierten Individualverkehr (MIV) zum ÖV verlagert und so Fahrleistungen reduziert werden. Derartige Wirkungen können sich grundsätzlich auch dann ergeben, wenn das ÖV-Angebot ohne Einsatz von av-Fahrzeugen ausgebaut wird. Sie sind daher nicht unmittelbar avF-spezifisch.

3.1.5 Flächeninanspruchnahme

Die Einführung von avF hat Auswirkungen auf die in Anspruch genommene Fläche:

- Kleinere Fahrzeuge, die im ÖV größeren Standardbusse ersetzen, beanspruchen eine geringere Straßen- und Stellplatzfläche.
- Zusätzliche Zu- und Ausstiegspunkte sowie Depots und Wartebereiche für die Fahrzeuge benötigen weitere Flächen.
- Fahrstreifen oder Betriebsbereiche, die av-Fahrzeugen des ÖV vorbehalten sind, erfordern weiteren Raum für die Abwicklung von Verkehren.
- Gebiete können durch eine bessere ÖV-Erschließung an Attraktivität gewinnen und zusätzliche Ansiedlungen nach sich ziehen (siehe auch Kapitel 3.1.3 Soziale Teilhabe und Daseinsvorsorge und Kapitel 3.1.4 Umwelt- und Klimawirkungen).

3.2 Festlegung des Planungsrahmens

Mit Blick auf die Chancen und Herausforderungen geht es weniger darum, ob Kommune, Verkehrsunternehmen oder Verkehrsverbund sich mit avF im Verkehr beschäftigen, denn avF wird in den kommenden Jahren deutschlandweit Einzug halten. Vielmehr wird empfohlen, die Frage zu beantworten, welchen konkreten Beitrag das avF für Ihr kommunales Mobilitätssystem leisten soll und wann und in welchem Ausmaß es in dieses System integriert wird. Durch die Auseinandersetzung mit diesen Themen legen Sie fest, wie viel Einfluss und Verantwortung Sie zukünftig bei der Ausgestaltung des avF in Ihrer Kommune nehmen wollen und mit welchen Kosten dies verbunden ist.

Mit der Festlegung eines Planungsrahmens schaffen Sie ein gemeinsames Verständnis über den Planungsgegenstand, das Planungsziel, das zu beplanende Gebiet und den dafür vorgesehenen zeitlichen und finanziellen Rahmen.

Das Festlegen des Planungsrahmens sollten Sie als iterativen, lernenden Prozess verstehen, in dessen Rahmen Sie relevante Personen, Entscheidungsträgerinnen und -träger sowie Bürgerinnen und Bürger aktiv informieren und um Feedback bitten. Es kann notwendig sein, zuvor getroffene Abstimmungsergebnisse anzupassen. Behalten Sie daher eine gewisse Flexibilität und kommunizieren Sie klar, dass es sich um einen vorläufigen Plan handelt, der im weiteren Planungsprozess verfeinert und angepasst werden kann.²⁾

Der Planungsrahmen kann die Integration des avF-Einsatzes in das kommunale Mobilitätssystem oder das Unternehmen auf einer konzeptionellen Ebene (Phase 2: Strategieentwicklung) und einer operativen Ebene (Phase 3: Betriebsplanung) beschreiben.

3.3 Arbeits-, Informations- & Beteiligungsstrukturen

Ist die Entscheidung für den Planungsrahmen zur Integration der av-Fahrzeuge getroffen, sollten Sie entsprechende Arbeits-, Informations- und Beteiligungsstrukturen einrichten.

3.3.1 Einrichten einer Arbeitsgruppe

Jede Planung erfordert eine integrierte Betrachtung der aufgabenrelevanten Bereiche.³⁾ Eine solche Betrachtung sollte in einer Arbeitsgruppe

2) vgl. Rupprecht Consulting 2019/2021

3) vgl. FGSV 2018

erfolgen, die den Prozess entwickelt und durchführt. Es wird empfohlen, die Arbeitsgruppe zu Beginn der Planung einzurichten und möglichst bereits in die Strategieentwicklung zu integrieren. Dies stärkt den Bezug der Beteiligten zur gemeinsamen Vision und Zielstellung. Sie sollten den Personenkreis sorgfältig auswählen, da die Arbeitsgruppe den gesamten Prozess bearbeitet und betreut: von der Strategieentwicklung, über die Betriebsplanung und Umsetzung bis zur Erfolgskontrolle und eventuellen Anpassung des Fahrbetriebs.

Zusätzlich kann die Einrichtung eines feststehenden Lenkungskreises, der sich aus Interessenvertreterinnen und -vertretern sowie Entscheidungsträgerinnen und -trägern zusammensetzt und welcher den gesamten Planungs- und Umsetzungsprozess beratend unterstützt, sinnvoll sein.⁴⁾

3.3.1.1 Fachliche Kompetenzen

Sie sollten sicherstellen, dass die Arbeitsgruppe interdisziplinär aufgestellt ist und über all die fachlichen Kompetenzen verfügt, die im Planungs- und Umsetzungsprozess vonnöten sind. Vertiefte Kenntnisse folgender Wissensbereiche sind erforderlich, bezogen auf Planung, Umsetzung oder Auswirkungen im avF-Kontext:

- Verkehrs-, Stadt- und Raumplanung sowie Verkehrsmanagement,
- Planung, Modellierung, Wirkungsabschätzung, Organisation, Finanzierung, Umsetzung und Betrieb öffentlicher Mobilitätsangebote,
- Planung, Bau, Betrieb und Erhalt von physischer und digitaler Infrastruktur,

- Recht und Genehmigung (insbesondere Straßenverkehrsrecht, Personenbeförderungsgesetz (PBefG) und Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO)),
- Technik autonomer und vernetzter Fahrzeuge,
- Soziales und Gesundheit,
- Umweltschutz,
- Wirtschaftspolitik und -förderung,
- Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben und kommunaler Ordnungsdienst.

3.3.1.2 Relevante Akteure der Institutionen und Verwaltungsebenen

Die für den Planungsraum relevanten Akteure der Institutionen und Verwaltungsebenen sollten in der Arbeitsgruppe vertreten sein. Sofern sinnvoll, sollten auch Personen über- und gegebenenfalls untergeordneter Verwaltungsebenen sowie benachbarter Verwaltungs- und Planungsräume in der Arbeitsgruppe mitarbeiten. Letzteres wird insbesondere dann empfohlen, wenn benachbarte Verwaltungs- und Planungsräume sowie deren öffentliche Mobilitätsangebote von der Integration des avF in Ihrer Kommune betroffen sind. In jedem Fall sollten Sie über- und untergeordnete sowie benachbarte Verwaltungsebenen im Rahmen des Beteiligungskonzepts berücksichtigen.

Darüber hinaus sollten in der Arbeitsgruppe Personen vertreten sein, die über ein gewisses Maß an Handlungsvollmacht innerhalb der Organisation verfügen. So ist die erforderliche Unterstützung des Prozesses durch Argumentation und

4) vgl. Hinweise zur Beteiligung und Kooperation in der Verkehrsplanung FGVS 2012b; camo.nrw 2021, S. 53; DLR 2020, S. 50f.; Rupprecht Consulting 2019/2021, S. 41ff.

Überzeugung der Steuerungsebene und politischer Entscheidungsträgerinnen und -träger sichergestellt.

Gleichzeitig sollten sich diejenigen von Anfang an einbringen, welche das Know-how über den Betrieb haben und die Umsetzung realisieren werden. Dazu gehören etwa die Betriebsleitung, die Technische Aufsicht oder das Personal der Leitzentrale und mögliches Werkstatt- und Servicepersonal sowie Personen aus dem Straßen- und Tiefbauamt (siehe Kapitel 5.3.1 Personalplanung und -entwicklung).

3.3.1.3 Methodische Fähigkeiten und Kenntnisse

In der Arbeitsgruppe sollten folgende methodische Fähigkeiten und Kenntnisse vertreten sein:

- interdisziplinäre Zusammenarbeit,
- Koordinationsfähigkeit,

- Öffentlichkeitsarbeit, Moderation und Beteiligung sowie
- Projekt-, Finanz- und Personalmanagement.

3.3.1.4 Qualifizierung und externe Expertise

Wenn die vorhandenen Kompetenzen und Kapazitäten nicht ausreichen, bauen Sie diese aus oder ziehen Sie externe Expertise hinzu. Hierzu zählen Weiterbildungen oder externe Expertinnen und Experten, die eingebunden werden. Entsprechende externe Dienstleistungen müssen mit ausreichenden Vorlaufzeiten ausgeschrieben und mit definierter Leistungsbeschreibung vertraglich festgeschrieben werden.

Ist die Zusammensetzung Ihrer Arbeitsgruppe geklärt, sollten ausreichende Kapazitäten und Ressourcen für den Planungsprozess bereitgestellt und für die Umsetzung eingeplant werden. Insbesondere wird empfohlen, die Personen

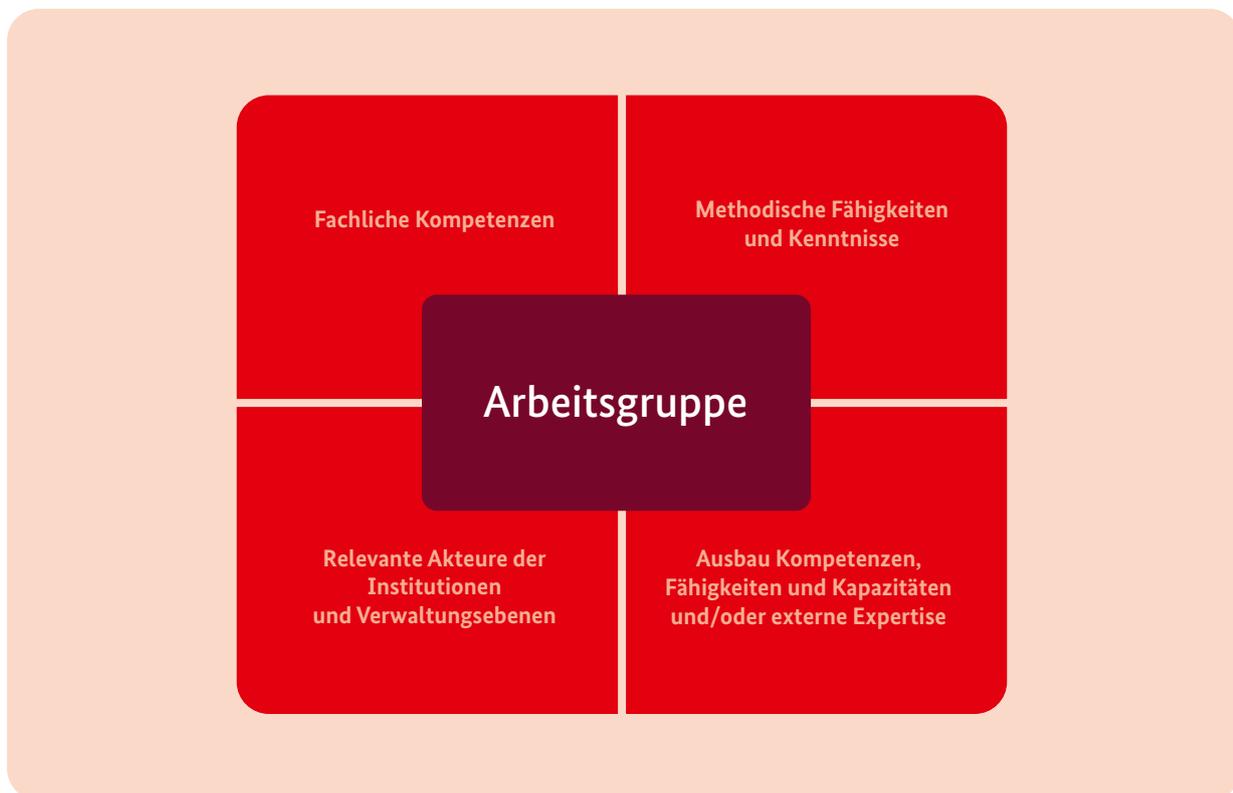


Abbildung 4: Anforderungen an die Zusammensetzung der Arbeitsgruppe

der Arbeitsgruppe von anderen Aufgaben freizustellen, sodass diese sich der Integration des avF in ausreichendem Maße widmen können. Auch sollten Sie darauf achten, dass der Koordinierungsbedarf aller relevanten Verwaltungs- und Politikbereiche identifiziert ist und diese in die regelmäßige Kommunikation und den Austausch eingebunden sind, um einen integrierten Planungsprozess sicherzustellen.⁵⁾ Hierzu kann es sinnvoll sein, eine Person für den Prozess zu benennen, welche gegenüber den Bürgerinnen und Bürgern als zentrale Ansprechperson fungiert, den Gesamtüberblick bewahrt, die Arbeitsgruppe steuert und den Prozess in Gang hält. Ähnliche Konzepte haben sich in den vergangenen Jahren in anderen Themenbereichen der Mobilität (zum Beispiel Radverkehrsbeauftragte) bewährt.

3.3.2 Entwicklung eines Kommunikations- und Beteiligungskonzeptes

Eine fortwährende, transparente und dialogbasierte Information und Partizipation der Öffentlichkeit sind wesentliche Voraussetzungen dafür, dass neue Mobilitätsangebote akzeptiert und genutzt werden. Daher empfiehlt es sich, gleich zu Beginn ein Kommunikations- und Beteiligungskonzept zu entwickeln. Das Konzept legt fest, welche Personengruppen zu welchem Zeitpunkt in welcher Form informiert und/oder beteiligt werden. Ebenso sollten Sie mit dem Konzept die wesentlichen Informations- und Beteiligungsinhalte festhalten.

3.3.2.1 Zielgruppen der Beteiligung

Hinsichtlich der einzubeziehenden Personengruppen sollten Sie klären, welche Gruppen vom avF betroffen und welche Akteure für den Umsetzungsprozess von hoher Relevanz sind und somit beteiligt werden sollten. Mögliche einzubindende Akteure sind:

- Interessenvertreterinnen und -vertreter und die breite Öffentlichkeit,
- Entscheidungsträgerinnen und -träger,
- Mitarbeitende von Kommunen und Mobilitätsbetreibern sowie
- weitere Akteure, beispielsweise Fahrzeughersteller, Anbieter von Plattformdiensten für Auskunfts- und Buchungssysteme sowie Mobilfunkanbieter.

3.3.2.2 Inhalte

Grundsätzlich wird eine faktenbasierte und transparente Kommunikation der Chancen und Herausforderungen empfohlen. Die Kommunikation sollte möglichst aktuelle und neutrale Informationen über Erfolge, aber auch Ereignisse wie Unfälle umfassen. Letztere lassen sich nicht vollständig ausschließen.⁶⁾ Offenheit und Transparenz sind dabei grundlegende Leitprinzipien.⁷⁾

Sie sollten ein Verständnis dafür aufbauen, dass die Technologie ein Hilfsmittel ist, um eine nachhaltige und gemeinwohlorientierte Mobilität zu ermöglichen.

5) vgl. Rupprecht 2019/2021, S. 39f.

6) Störungen in Teilsystemen oder im Gesamtsystem bei der Erwartung eines reibungslosen Ablaufs beeinflussen das Nutzerverhalten negativ (vgl. Beckmann 2020). Gleich mehrere Studien bestätigen einen starken Rückgang des Verbraucherinteresses und des Vertrauens in automatisiertes Fahren nach zwei tödlichen Unfällen während der automatisierten Steuerung (vgl. Anon et al. 2020; Grunwald 2015, S. 675, Kolodge et al. 2020, S. 2). Anders als derzeit im Pkw-Bereich, erfolgt die Einführung der Automatisierungstechnologie im öffentlichen Verkehr für die Fahrgäste nicht in evolutionären Schritten, sondern als ein disruptiver Prozess. Die öffentliche Wahrnehmung reagiert dann weit sensibler auf Unfälle oder kritische Situationen. Die Gefahr für eine Skandalisierung ist daher weit höher.

7) vgl. Grunwald 2015, S. 681; VDV 2019

3.3.2.3 *Formate*

Im Kommunikations- und Beteiligungsprozess ist eine zielgruppenspezifische Ansprache wichtig, sodass die Informationen möglichst weit gestreut werden können. In Abhängigkeit Ihrer Zielgruppen sollten Sie eruieren, ob Informationen in verschiedenen Sprachen zur Verfügung gestellt werden. Sie sollten auch ein Angebot in einfacher Sprache schaffen.

3.3.2.4 *Zeitpunkte*

Hinsichtlich der Frage, zu welchem Zeitpunkt die Information und Beteiligung stattfinden sollte, können die Hinweise und Empfehlungen zu Beteiligungsverfahren⁸⁾ hilfreich sein.

Den Kommunikations- und Beteiligungsprozess sollten Sie entsprechend als einen fortlaufenden Prozess verstehen. Empfehlenswert ist es, die Planungsschritte, zu denen Informations- und Beteiligungsverfahren vorgesehen sind, frühzeitig festzuhalten.

3.3.3 *Aufsetzen eines Informations- und Datenmanagements*

Wenn Sie den Planungsrahmen (siehe Kapitel 3.2 Festlegung des Planungsrahmens) festgelegt haben, gilt es, im Rahmen der Vorbereitungen wesentliche Informationen und Daten zusammenzutragen und zu strukturieren. Diese sollten sie für die Planung, die spätere Genehmigung, die Umsetzung und die Erfolgskontrolle vorhalten. Hierzu können Sie Informations- und Datenmanagementsysteme nutzen. Die Daten und Informationen unterstützen Sie beim Identifizieren von Zielen, Chancen und Hindernissen und ermöglichen eine Bewertung des Einsatzes und seiner Wirkungen.

8) Rupprecht Consulting 2019/2021, S. 47ff.

4) Phase 2: Strategie- entwicklung



Eine kommunale Strategie zum autonomen Fahren im ÖV gibt einen Rahmen für eine zielorientierte Planung und Umsetzung von avF-Angeboten vor. Aufbauend auf einer Bedarfsermittlung lassen sich eine Vision und ein Zielsystem entwickeln und Handlungsfelder priorisieren.

Wenn Sie eine avF-Strategie entwickeln oder avF in anderen Strategien (z. B. im Rahmen von Verkehrsentwicklungsplänen) ansprechen möchten, ist die Phase 2 für Sie von Relevanz. Planen Sie einen Betrieb, ohne eine kommunale Strategie zum avF im ÖV zu entwickeln, können Sie direkt zu Phase 3: Betriebsplanung springen (siehe Kapitel 5).

4.1 Bedarfsermittlung

Eine vorangestellte Bedarfsanalyse hilft bei der passgenauen Entwicklung Ihrer konzeptionellen Ansätze zur optimalen Integration von avF-Angeboten.

4.1.1 Mobilitätsanalyse

Kenntnisse zu den bestehenden und künftigen Herausforderungen in der Mobilitäts- und Stadtentwicklung sind elementar bei der Entwicklung einer avF-Strategie. Analysieren Sie den Status quo und Entwicklungstrends der kommunalen Mobilität.

Die Analyse sollte dabei folgende Aspekte umfassen:

- politische Rahmenbedingungen und Entscheidungen auf EU-Ebene, des Bundes, der Länder sowie der Kommune (zum Beispiel Förderprogramme, Mobilitätsstrategien, Planungsinstrumente),

- rechtliche Vorgaben auf Grundlage von Gesetzen, Verordnungen und Normen (zum Beispiel Straßenverkehrsgesetz (StVG), PBefG, Autonome Fahrzeug-Genehmigungs- und Betriebsverordnung (AFGBV)),
- demografische Aspekte (zum Beispiel Alterung, Zu- und Fortzüge, soziale Inklusion),
- Entwicklungen von Produkten, Technologien, Infrastrukturen sowie von Umwelt und Klima,
- gesellschaftliche Entwicklungen im Sinne von Meinungen, Werten und Sichtweisen (Einstellungen zu avF-Einsatz, zu verkehrlichen Sharing-Angeboten oder zum Mobilitätsverhalten).

Verschriftlichen Sie den Status quo zu den einzelnen Verkehrsträgern. Beschreiben Sie zudem, wie sich voraussichtlich die Verkehrsarten entwickeln werden. Dokumentieren Sie die Probleme, die durch den Einsatz von avF gelöst werden sollen, sowie Herausforderungen, die sich durch avF ergeben können und leiten Sie daraus strategische Bedarfe ab. Die untenstehenden Fragen können dabei hilfreich sein.

Zur allgemeinen Mobilitätssituation und -entwicklung

- Welche Mobilitätsangebote und welches Mobilitätsverhalten existieren aktuell?

- Wie wird sich das Mobilitätsverhalten in der Kommune entwickeln und verändern?
- Welche mobilitätsrelevanten Probleme bestehen oder sind in Zukunft zu erwarten? Welche positiven und negativen Auswirkungen hat die Mobilität bereits heute, welche sind in den kommenden Jahren zu erwarten?
- Wie kann ein angemessenes Verkehrsangebot bei Vermeidung von negativen Folgewirkungen, insbesondere Klima- und Umweltwirkungen, sichergestellt werden? Welchen Beitrag leistet dabei der ÖV?

Zur ÖV-Situation und -entwicklung

- Wie ist die derzeitige Situation des ÖVs zu beschreiben? Welche Herausforderungen bestehen und sind perspektivisch zu erwarten?
- Steht das ÖV-Angebot in einem ausgewogenen Verhältnis zur derzeitigen und zur zukünftig zu erwartenden Verkehrsnachfrage? Sind alle Teilräume der Kommune ausreichend an den ÖPNV angebunden oder gibt es Angebotslücken? Gibt es Linien, die nur gering ausgelastet sind? Werden Angebotslücken im ÖPNV durch gewerbsmäßige Gelegenheitsverkehre abgedeckt?
- Wo gibt es Möglichkeiten zur Optimierung des ÖPNVs? Welche Maßnahmen zur Verbesserung des Angebots sind geplant? Welche Anreizmechanismen zur Erhöhung der Nachfrage im ÖV sind vorgesehen? Wie kann die Attraktivität des ÖV mit Blick auf neue Zielgruppen gesteigert werden?

Zur wirkungsvollen avF-Ausgestaltung

- Welchen Beitrag kann ein avF-Angebot zur Sicherung der Mobilität leisten und welche Fol-

gewirkungen müssen in Betracht gezogen werden? Welchen Beitrag zur Gewinnung neuer Fahrgäste im ÖV leistet avF? Wie lässt sich das ÖV-Angebot durch den Einsatz von av-Fahrzeugen attraktiver machen?

- Lohnt es sich für meine Kommune, weiter über den Einsatz von av-Fahrzeugen nachzudenken? Wie sollte solch ein Angebot aufgesetzt und ausgestaltet sein? An welchen Standorten in der Kommune ist ein solches Angebot vorzusehen? Was sind die Voraussetzungen dafür, dass die Angebote angenommen werden?
- Wie können diese Angebote zur Verlagerungswirkung vom MIV zum ÖV beisteuern? Wie können unerwünschte Verlagerungen vom Rad- und Fußverkehr auf avF-Angebote vermieden werden?

4.1.2 Ziel- und Stakeholdergruppenanalyse

Akzeptanz, Nutzung und die erhofften Wirkungen lassen sich nur über Angebote erzielen, die an den Bedürfnissen der potenziellen Fahrgäste und der Umgebung des geplanten Fahrbetriebs ausgerichtet sind. Daher ist eine Bedarfsermittlung für alle relevanten Ziel- und Stakeholdergruppen vorzunehmen. Nur wenn Bedarfe frühzeitig erkannt werden, können Sie Wünsche und gute Vorschläge in den Planungen berücksichtigen und Bedenken begegnen.

Aus diesem Grund identifizieren Sie anfangs die relevanten Zielgruppen für zukünftige avF-Angebote. Tragen Sie relevante Stakeholder, von Interessengruppen bis hin zu Personen, welche von dem Einsatz betroffen oder an der Umsetzung des avF-Einsatzes beteiligt sein werden, zusammen.

Halten Sie die identifizierten Bedarfe möglichst ziel- und stakeholdergruppen-spezifisch in einem Anforderungskatalog schriftlich fest. Im Ergebnis

enthält der Anforderungskatalog Hinweise dazu, wie ein avF-Angebot ausgestaltet werden kann, sodass relevante Personen sowie Interessenvertreterinnen und -vertreter, die das Angebot engagiert mitentwickeln, es später nutzen werden.

Um Ihnen eine Vorstellung über die Ziel- und Stakeholdergruppen und ihre Bedarfe zu geben, werden nachfolgend einige Thesen zu möglichen Stakeholdergruppen zusammengetragen.

4.1.2.1 *Potenzielle Fahrgäste*

Ausgangs- und Mittelpunkt der Planung sind die Fahrgäste, also ÖV-Bestands- und Neukundinnen und -kunden. Mit dem avF-Angebot soll allen Menschen eine Beförderungsleistung unterbreitet werden. Die Angebote sind daher so zu gestalten, dass es Personen jeden Alters, jeden Einkommens, jeden Ortes sowie mit und ohne körperliche Einschränkungen ermöglicht wird, die Leistungen in Anspruch zu nehmen.

Wie bei jeder ÖV-Angebotsplanung ist eine umfassende Analyse der Verkehrsnachfrage nach Relationen und zeitlicher Verteilung erforderlich. Wie üblich ist die zu erwartende räumlich und zeitlich differenzierte Nachfrage in Form von Abschätzungen über Erfahrungswerte⁹⁾, über Verkehrszählungen¹⁰⁾, Beobachtungen und Stated-Preference-Befragungen¹¹⁾ zu ermitteln. Mit den daraus resultierenden Daten können mithilfe von Verkehrsnachfragemodellen Nachfrageprognosen berechnet werden.¹²⁾

Sinnvoll ist es, die potenziellen Nutzenden je Einsatzgebiet hinsichtlich

- ihrer Anzahl (Nachfrageaufkommen),
- ihrer sozio-ökonomischen Merkmale (Alter, Geschlecht, Einkommen und Zahlungsbereitschaft),
- ihrer Abfahrtsorte und Fahrtziele (zum Beispiel Stadtzentrum, Bahnhof, Sehenswürdigkeiten, Unternehmensstandorte),
- ihrer Reisezwecke (zum Beispiel Arbeit, Freizeit, Besorgungen) und
- ihrer Nutzungsgewohnheiten (zum Beispiel Verkehrsmittelverfügbarkeit, ÖPNV-Bestandskunden, Personenkraftwagen (Pkw)-Fahrende)

zu unterscheiden und spezifische Zielgruppen daraus abzuleiten. Für diese können anschließend der Nachfrage entsprechende Mobilitätsangebote entwickelt werden, etwa für Berufspendlerinnen oder Schüler, für Touristen oder Besucherinnen.

Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von av-Fahrzeugen

Eine Bevölkerungsumfrage aus dem Herbst 2022 des Digitalverbands Bitkom ergab, dass eine hohe Nutzungsbereitschaft für autonome, öffentliche Mobilitätsangebote besteht. Zwei Drittel (66 beziehungsweise 67 Prozent) der befragten Personen können sich vorstellen, autonome Standard- oder Kleinbusse zu nutzen, während die Zustimmung bei autonomen Pkw, häufig als Robotaxi bezeichnet, sogar bei 71 Prozent lag.¹³⁾ Die zur Nutzung befragten Fahrgäste beim Testbetrieb im Vorhaben TaBuLa zeigten ebenfalls eine sehr positive Akzeptanz. Insgesamt 76 Pro-

9) vgl. Bosserhoff 2006

10) vgl. FGSV 2012a

11) vgl. Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2011

12) vgl. Hartl 2020

13) vgl. Bitkom 2023, S. 13f.

zent der befragten Personen bestätigten eine hohe Nutzungsbereitschaft, sollte das Angebot verstetigt werden oder das Verkehrsmittel weiterverbreitet sein.¹⁴⁾

Faktoren zur Förderung der Nutzungswahrscheinlichkeit

Die formulierte Nutzungsbereitschaft und das tatsächliche Nutzungsverhalten können stark voneinander abweichen. Vermutlich steigt die Nutzung in dem Maße, in welchem die avF-Angebote optimiert und an die Fahrgastbedarfe angepasst werden.

Das Mobilitätsverhalten resultiert aus der Bewertung des avF-Angebots im Vergleich zu möglichen Alternativen. Um mit der Einführung des avF eine Verhaltensänderung der Menschen zu erzielen, muss die Attraktivität der neuen Angebote über die derzeitigen Leistungen hinausgehen.¹⁵⁾ Während in der konventionellen Nutzenentscheidung Zeitaufwand, Kosten und Verfügbarkeit eine wesentliche Rolle spielen, kommt bei avF-Angeboten zumindest in der Markteinführungsphase maßgeblich das Kriterium Sicherheit hinzu.

Die Nutzungswahrscheinlichkeit lässt sich steigern, indem Sie bei der Ausgestaltung der avF-Angebote darauf achten, dass relevante Einflussgrößen der Verkehrsmittelwahl Berücksichtigung finden, im Zuge von Monitoring-Prozessen bewertet und stetig verbessert werden.

Diese Einflussfaktoren umfassen:

- Sicherheit (fahrzeugtechnische Aspekte, soziale Interaktionen),

- Reisezeiten (Fahrt-, Warte- und Umsteigezeiten),
- Verfügbarkeit/Erreichbarkeit (unter anderem Flottengröße und Takt, aber auch privater Pkw-Besitz),
- Zuverlässigkeit (zum Beispiel Pünktlichkeit, Anschlussicherung),
- Reisekosten (zum Beispiel Kosten im Verhältnis zu Pkw und konventionellem ÖV),
- Bedienfreundlichkeit/Komfort (zum Beispiel Information, Bezahlung, Besetzungsgrad) und
- gesellschaftlicher Nutzen (zum Beispiel Sicherheit, Emissionen, Flächenverbrauch).¹⁶⁾

Es bleibt abzuwarten, wie sich mögliche Komfortsteigerungen, insbesondere durch die Einführung von bedarfsgesteuerten Mobilitätsangeboten, kostenseitig niederschlagen werden. Unklar ist auch, in welcher Höhe Fahrgäste bereit sind, für zusätzliche Serviceleistungen zu zahlen (siehe Kapitel 5.3.2.2 Einnahmen).



Beispiel: Fahrgastbefragung in Lauenburg (Projekt TaBuLa)

Die Befragungen im Rahmen des Projektes TaBuLa in Lauenburg zeigten, dass sich die Erwartungen und das Interesse an dem automatisierten Bus und dessen Beförderungsleistungen zwischen Bewohnerinnen und Bewohnern von ortsfremden Personen

14) vgl. Gertz et al. 2021, S. 67ff.

15) vgl. Grunwald 2015, S. 680; Fraedrich, Lenz 2015, S. 641ff.

16) vgl. Krail et al. 2018, S. 71ff.

unterschieden. So war das Interesse ansässiger, potenzieller Fahrgäste gering, während Touristinnen und Touristen sich sehr interessiert zeigten. Hohe Erwartungen an den Fahrzeugeinsatz wurden mit dem realen Erlebnis des Betriebs gemindert. Gleichzeitig waren regelmäßige ÖPNV-Nutzende, die zuvor skeptisch waren, nach der Nutzung positiver gegenüber dem avF eingestellt als zuvor.

Die Fahrgastbefragung in Lauenburg bestätigte die Relevanz folgender Einflussgrößen für die Verkehrsmittelwahl: Flexibilität, Verlässlichkeit, danach Kosten, Schnelligkeit sowie Umweltverträglichkeit und Komfort. Die Reihenfolge repräsentiert dabei den Grad des Einflusses. Bei der Auswahl von drei Aspekten, welche für die eigene Nutzung des Kleinbusses entscheidend seien, benannten die befragten Personen eine höhere Geschwindigkeit als die zum Befragungszeitpunkt maximalen 18 und durchschnittlichen fünf Kilometer pro Stunde. Hinzu kamen gängige Eigenschaften des ÖPNV, wie festgelegte Fahrpläne und Routen sowie eine Person, die den Bus begleitet und ansprechbar ist. Eigenschaften eines flexiblen Bedarfsverkehrs, wie anpassbares Routing und ein 24-Stunden-Betrieb, wurden nur von jeder vierten befragten Person genannt. Diese Antworten könnten darauf hinweisen, dass sich die befragten Personen zwar die Flexibilität von Bedarfsverkehren wünschen, gleichzeitig aber die Verlässlichkeit von festen Fahrplänen und Routen zu schätzen wissen. Von dieser Hypothese ausgehend wird empfohlen, bei der Ausgestaltung von Bedarfsverkehren ein besonderes Augenmerk auf die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Angebote zu richten.¹⁷⁾

4.1.2.2 Personen und Unternehmen im Betriebsumfeld

Neben den potenziellen Fahrgästen gibt es eine Vielzahl von Personen und Unternehmen, die durch den Einsatz von av-Fahrzeugen unmittelbar oder indirekt betroffen sind. Während einige vom Einsatz profitieren, werden andere negative Auswirkungen des avF-Betriebs erleben.

Alle vom Einsatz betroffenen Personen und Unternehmen sollten ihre Anforderungen und Einwände einbringen können. Dazu gehören:

- Einzelpersonen (zum Beispiel Anwohnende oder Verkehrsteilnehmende),
- Unternehmensleitungen, Mitarbeitende ansässiger Unternehmen,
- Lokale Interessengruppen (zum Beispiel Initiativen aus der Bevölkerung, Umweltverbände, Gewerkschaften),
- Polizei, Feuerwehr, Stadtreinigung und Grünpflege.

4.1.2.3 Beteiligte an Planung und Umsetzung des Betriebs

Von entscheidender Bedeutung ist es, dass Sie Erwartungen, Meinungen und Ideen von Personen mit Entscheidungsbefugnis und von Mitarbeitenden aus Ihrer Kommune oder Ihrem Unternehmen, von den zuständigen Genehmigungsbehörden und dem Fahrzeughersteller einholen.

Sie sollten die fachliche Sichtweise, das Wissen und die Erfahrungen der Personen mit Entscheidungsbefugnis, der verschiedenen Fachbereiche und Umsetzungsebenen einbeziehen, damit Sie

17) vgl. Gertz et al. 2021, S. 67ff.

die Planungs- und Realisierungsprozesse nachhaltig und umsetzbar erarbeiten können und sich die politische Unterstützung sichern. Unterschiedliche Akteure sind in ihren spezifischen Rollen mit den dazugehörigen Aufgaben an der Planung und Umsetzung des avF-Betriebs beteiligt. Wenn Sie neben den genannten Akteuren auch unterschiedliche Hierarchie- und Arbeitsebenen berücksichtigen, erleichtert das die zügige Realisierung des Planungs- und Einführungsprozesses sowie die Integration in den kommunalen ÖPNV (siehe Kapitel 3.3.1 Einrichten einer Arbeitsgruppe und Kapitel 5.3.1 Personalplanung und -entwicklung).

4.2 Vision, Ziel & Einsatz- und Handlungsfelder

In einem nun anstehenden Prozessschritt ist es wichtig, gemeinsam mit Personen aus Initiativen, Interessens- und Entscheidungsvertretungen sowie dem Planungsbereich ein erstrebenswertes Zukunftsbild Ihrer Kommune und deren avF-Mobilität zu entwickeln. Davon können Sie strategische Leitziele und konkrete Umsetzungsziele mit Bezug auf avF ableiten. Ferner können Sie Einsatz- und Handlungsfelder identifizieren, welche einen Ansatz- und Integrationspunkt für das avF bieten. Diese drei Aspekte sind mit Sorgfalt und ausreichender Zeit zu planen, da sie den Orientierungsrahmen für alle kommenden Planungs- und Umsetzungsschritte liefern.

4.2.1 Vision

Die Vision soll ein greifbares, positives Bild von Ihrer Kommune, deren Mobilitätssystem und dem Einsatz von av-Fahrzeugen überbringen. Hilfreich ist eine Vision, die Lust auf Zukunft

macht und innerhalb derer avF als ein Baustein mit positiver Wirkung verankert ist. Die Vision sollte Mitarbeitende aus Ihrer Kommune oder Ihrem Unternehmen motivieren, sich für die Planung von avF-Einsätzen zu engagieren. Die Vision sollte die Bevölkerung, Beschäftigte und Besuchende gleichermaßen anregen, die autonomen ÖV-Angebote zu nutzen.

Die Vision liefert idealerweise Antworten auf die folgenden Fragen:

- In was für einer Kommune möchten wir leben?
- Wie wünschen wir uns die Mobilität der Zukunft?
- Wie kann Mobilität nachhaltig zu einer höheren Lebensqualität beitragen?
- Welche Rolle spielt der ÖV bei der Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität?
- Wie lassen sich die Chancen und Stärken des avF im ÖV nutzen?
- Wie lässt sich avF erfolgreich in das bestehende System integrieren?
- Was soll mit dem Einsatz von av-Fahrzeugen erreicht werden?

In einem Beitrag von Yen et al. (2024) zur Implementierung automatisierter Mobilitätsdienstleistungen werden wesentliche Leitfragen und abstrakte Anforderungen beispielhaft formuliert.¹⁸⁾

Nur wenige deutsche Kommunen haben bisher eine Vision für eine autonome und vernetzte Zukunft entwickelt. Eine dieser Kommunen ist die bayerische Landeshauptstadt München, welche im Rahmen des Projektes EASYRIDE ein Leitbild für das autonome Fahren entwickelt hat.

18) vgl. Yen et al. 2024, S. 294ff.



Beispiel: Leitbildentwicklung der Stadt München

Für die Entwicklung des avF-Leitbildes hat die bayerische Landeshauptstadt München betroffene Dienststellen in der Stadtverwaltung identifiziert und in die Entwicklung eingebunden. Das Bau- und Kommunalreferat, das Kreisverwaltungs- und IT-Referat entwickelten gemeinsam mit den Referaten für Arbeit und Wirtschaft, für Gesundheit und Umwelt sowie für Stadtplanung und Bauordnung ein Bild der Zukunft hinsichtlich des avF für ihre Stadt.

Drei Fragen bildeten die Grundlage für die Erstellung des Leitbildes:

Wofür soll München in Bezug auf das avF stehen?

Was will die Stadt in Bezug auf das avF erreichen?

Wie soll die Landeshauptstadt das erreichen?

Fachbeiträge verschiedener Personen aus der Wissenschaft und Forschung, von kommunalen Verkehrsunternehmen und Automobilherstellern sowie Stellungnahmen verschiedener Fachabteilungen der Landeshauptstadt München trugen zur Fokussierung des Zielbildes bei. Darüber hinaus halfen Simulationsanwendungen und Verkehrsszenarien des Projekts EASYRIDE.

Sämtliche Zielsetzungen, verkehrliche Vorgaben und Planwerke der Landeshauptstadt, wie etwa der Nahverkehrsplan, der Luftreinhalteplan oder der Verkehrsmanagement-

plan, wurden in die Leitbildentwicklung einbezogen (siehe Abbildung 5). Die Stadtverwaltung schätzte darüber hinaus den aktuellen Handlungsbedarf ab.

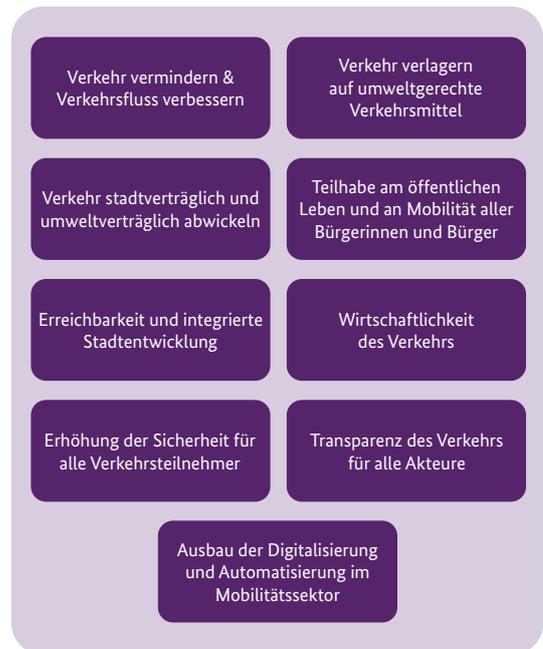


Abbildung 5: Leitziele der Mobilität für die Stadt München

Aus diesen Komponenten konnte in einem Workshop das Leitbild erarbeitet werden: „Mutig, stadtverträglich, bürgernah – Wir gestalten automatisierte und vernetzte Mobilität in München und der Region“. Dieses bildet fortan die Grundlage für die weitere Ausgestaltung von av-Fahrzeugeinsätzen.¹⁹⁾

4.2.2 Zielstellung

Es wird als entscheidend angesehen, konkrete Ziele für den Einsatz von avF im Einklang mit dem Zukunftsbild festzulegen. Empfehlenswert ist der Aufbau eines systematischen, kommunalen Zielsystems als Grundlage für die weitere Planung und Realisierung. Das Zielsystem gibt Orientierung dafür, die Arbeitsschritte zum Betriebsaufbau zu planen und bildet zugleich den

19) vgl. Landeshauptstadt München 2020

Bewertungsrahmen, um das bestehende Mobilitätsangebot anzupassen.²⁰⁾

Zu Beginn stellen Sie bestehende Leitlinien und Vorgaben für die Entwicklung von Zielen zusammen. Neben der Vision können das die Ergebnisse der Bedarfs- und Wirkungsanalyse, relevante Gesetze und Verordnungen, kommunale Konzepte und Planwerke sowie Verkehrsentwicklungspläne, Nahverkehrspläne, integrierte Stadtentwicklungs- oder Luftreinhaltepläne sein. Oft sind darin bereits Zielstellungen für die verkehrliche Entwicklung formuliert.

Anschließend erarbeiten Sie in einem partizipativen Prozess Zielvorschläge für den Einsatz von avF in ihren Kommunen beziehungsweise innerhalb Ihres Unternehmens. Grundsätzlich sollten die Ziele ehrgeizig, aber erreichbar sein. Wenn Sie relevante Personen von Interessenvertretungen und mit Entscheidungsbefugnis einbinden, gewährleisten Sie sowohl die Realisierbarkeit als auch eine weitgehende Unterstützung Ihrer Ziele. Grundsätzlich unterscheiden sich strategische Leitziele von konkreten Umsetzungszielen:

- Strategische Leitziele geben an, welche strategischen Prioritäten gesetzt werden, um soziale, ökologische oder wirtschaftliche Verbesserungen in der Mobilität mit dem Einsatz von av-Fahrzeugen zu erreichen. Es handelt sich um übergeordnete Ziele, wie
 - Leistungs- und Serviceziele (wie die Erhöhung des ÖV-Anteils am Verkehrsaufkommen oder ÖV-Erschließung von Gebieten),
 - Innovationsziele (zum Beispiel Entwicklung neuer Geschäftsmodelle) sowie
 - Prozess- und Ressourcenziele (wie etwa Kundenzufriedenheit und Klimaneutralität).

- Konkrete, operationalisierbare Umsetzungsziele sind von diesen strategischen Leitzielen abzuleiten. Die Ziele sollten mithilfe der sogenannten SMART-Kriterien definiert werden. Sie sind Spezifisch, Messbar, Attraktiv, Realistisch und Terminiert festzulegen. Sie sind daher präzise und positiv zu formulieren. Sie sollten prüfbar innerhalb einer festzulegenden Frist zu erreichen sein.

4.2.3 Planung von Einsatz- und Handlungsfeldern

Seit längerem wird unter Fachleuten darüber diskutiert, wo und zu welchem Zweck avF-Angebote eingesetzt werden und wie diese ausgestaltet sein sollten. Bei Einsatzfeldern, in denen av-Fahrzeuge zum Einsatz kommen, handelt es sich, im Gegensatz zu den im Rahmen der Betriebsplanung zu wählenden Betriebsbereichen, um strategische Planungsräume, in welchen der Einsatz von öffentlich zugänglichen av-Fahrzeugen in zusätzlichen oder bestehenden ÖV-Angeboten sinnvoll erscheint. Bei den Einsatzfeldern kann es sich beispielsweise um eine ÖV-Erschließung von Innenstadt oder Stadtrand sowie eine Erschließung spezifischer Nutzungsstandorte handeln. Dies können aber auch Zubringerbusse zum Regionalverkehr oder Nachbarschafts- und Dorfverbindungsbusse sein.

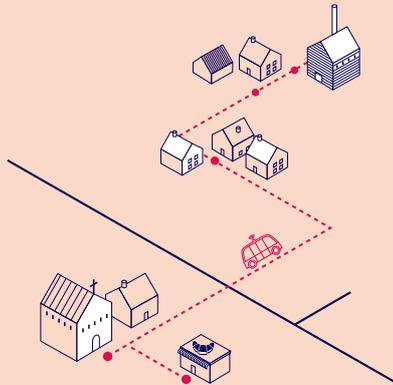
Die Planung von Einsatzfeldern ist in jedem Fall so vorzunehmen, dass das bestehende ÖV-Netz Berücksichtigung findet. Dieser Aspekt ist unumgänglich, wenn av-Fahrzeuge in das bestehende Liniennetz integriert werden sollen. Die Einsatzfelder können ÖV-Angebote innerhalb eines Gebiets ergänzen, neue Gebiete erschließen oder bestehende Angebote ersetzen (siehe Abbildung 6).²¹⁾

20) vgl. FGSV 2012b; FGSV 2018; Phineo 2021; Rupprecht Consulting 2019/2021; Initio 2022

21) vgl. Knie, Canzler, Ruhrort 2019, S. 25ff.; SPACe 2022. Weitere Informationen zu Einsatzfeldern entnehmen Sie Luchmann et al. 2019a.

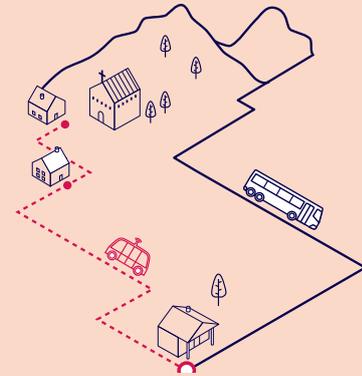
Dorfverbindungsbus

Zwecke: Berufs-, Freizeit-, & Tourismusmobilität



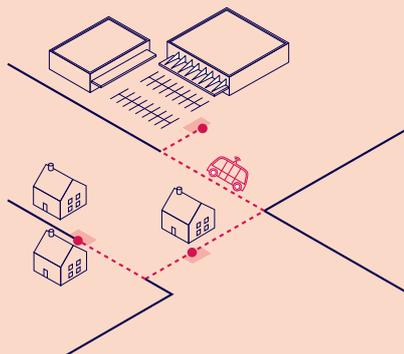
Zubringerbus für Regionalverkehr

Zwecke: Beruf-, Ausbildungs-, Freizeit-, & Tourismusmobilität



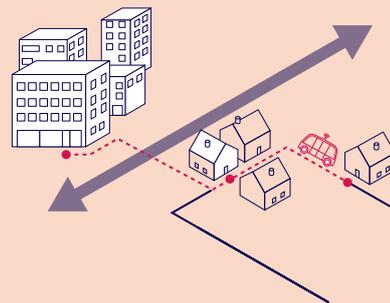
Erschließungsbus am Stadtrand

Zwecke: Freizeit-, & Einkaufsmobilität



Nachbarschaftsbus in fragmentiertem Stadtraum mittlerer Dichte

Zwecke: Berufs-, Ausbildungs-, & Freizeitmobilität



Campusbus

Zwecke: Berufs-, Ausbildungs-, & Gesundheitsmobilität

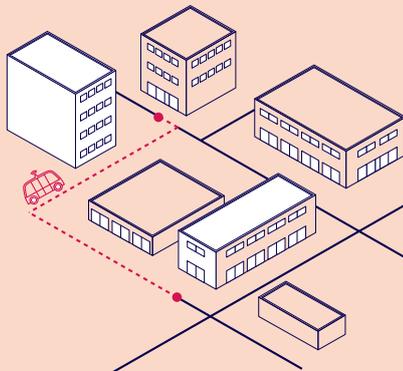


Abbildung 6: Stilisierte Darstellung ausgewählter Einsatzfelder (Soteropoulos et al. 2021a, S. 83)



Beispiel: Zuordnung ausgewählter nationaler avF-Pilotprojekte zu möglichen Einsatzfeldern

Zubringerbusse zum Regionalverkehr, Beispielprojekte sind

SAFESTREAM in Monheim: Linienbetrieb zwischen der historischen Altstadt und dem zentralen Busbahnhof ²²⁾

A-BUS in Iserlohn: Linienbetrieb zwischen Stadtbahnhof und Hochschulcampus ²³⁾

ALBUS in Burgdorf (Region Hannover): Linienbetrieb mit Standardbus zur Verbindung berufsbildender Schulen und dem Bahnhof ²⁴⁾

Nachbarschafts- oder Dorfverbindungsbusse, Beispielprojekte sind

FLASH im Landkreis Nordsachsen: Linienbetrieb, teils nachfragegesteuert als Rufbus zwischen Bahnhof Rackwitz und Schladitzer Bucht ²⁵⁾

HEAL in Bad Birnbach: Linienbetrieb zwischen Bahnhof und Zentrum ergänzt um nachfrageorientierten Bedarfsverkehr ²⁶⁾

ÖV-Erschließung von Innenstadt oder Stadtrand, Beispielprojekte sind

NoWeL4 in Berlin: Bedarfsverkehr mit Kleinbussen zur besseren Vernetzung verschiedener Quartiere im Gebiet ²⁷⁾

KIRA in Darmstadt und Kreis Offenbach: Bedarfsverkehre mit virtuellen Haltestellen ²⁸⁾

ALIKE in Hamburg: Bedarfsverkehr mit digitalem Buchungssystem ²⁹⁾

AHOI in Hamburg-Harburg: Bedarfsverkehr in gemischter Flotte ³⁰⁾

KelRide in Kelheim: bedarfsgesteuertes Angebot mit dynamischem Routing innerhalb eines Netzes aus virtuellen Haltestellen ³¹⁾

Erschließung spezifischer Nutzungsstandorte, Beispielprojekte sind

MINGA in München: Erprobung von Linienbetrieb, Bedarfsangeboten und Bus-Platoons in verschiedenen Einsatzgebieten ³²⁾

EASY-Shuttle in Frankfurt-Riederwald: Bedarfsverkehr mit virtuellen Haltepunkten, der ein Wohngebiet an die nahege-

22) <https://www.bahnen-monheim.de/autonomer-bus/kurzportrait-der-altstadtstromer>

23) <https://www.mobil.nrw/verbinden/blog/iserlohn-autonom-unterwegs-mit-dem-a-bus.html>

24) <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Mobilität/Verkehrsplanung-entwicklung/Projekt-ALBUS>

25) <https://www.mdv.de/projekte/nordsachsen-bewegt/flash/>

26) <https://heal-badbirnbach.de/>

27) <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2023/048-wissing-foerderung-forschungsvorhaben-fahrerlose-shuttles-berlin.html?nn=13326>

28) https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Weltpremiere-Autonomie-On-Demand-Fahrzeuge-im-normalen-Strassenverkehr-10397970; <https://www.darmstadt.de/nachrichten/darmstadt-aktuell/news/ab-2024-faehrt-der-heinerliner-auch-autonom>

29) <https://www.hochbahn.de/de/projekte/autonome-on-demand-shuttles>

30) <https://vhhbus.de/hop/ahoi/>

31) <https://kelride.com/>

32) <https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bus/minga.html#intro>

legene U-Bahn-Station Schöfflestraße angebunden hat. Das Projekt endete zum November 2023.³³⁾

SMO – Shuttle-Modellregion Oberfranken in Kronach: Bedarfsverkehr vor allem für Touristen vom Bahnhof aus in einem ca. drei Kilometer langen Rundkurs entlang innerstädtischer Parkplätze durch die obere Stadt bis hin zur Festung Rosenberg³⁴⁾

Für Kommunen und Mobilitätsanbieter, die avF-Angebote einrichten möchten, ist die strategische Planung von Einsatzfeldern bedeutsam, denn Sie stecken mit der Planung von Einsatzfeldern in der Kommune den Rahmen für die spätere Betriebsplanung konkreter avF-Angebote ab.

Bevor auf der Basis modellbasierter Fallstudien auf Stärken und Schwächen ausgewählter Einsatzfelder eingegangen wird, sollen nachfolgend einige grundsätzliche Aspekte zur Wahl geeigneter Einsatzfelder sowie Vor- und Nachteile bedarfsgesteuerter Mobilitätsangebote dargestellt werden.

Wahl passender Einsatzfelder

Die Frage, wo und wie avF-Angebote eingesetzt werden können, hängt zum einen von den verkehrlichen Potenzialen des Raums und zum anderen von der gewählten Bedienform des Angebots selbst ab. Einsatzfelder für das avF sind also durch den Einsatzraum und die Bedienform definiert.

Das verkehrliche Potenzial des Einsatzraums ergibt sich aus der Höhe und Verteilung der Nachfrage und der Möglichkeit, Fahrtwünsche zu bündeln. Die Höhe der Verkehrsnachfrage wird durch die Bevölkerungsdichte und die Anzahl von Beschäftigten und Besuchenden sowie deren Altersstruktur bestimmt. Aus der räumlichen Verteilung der Nachfrage resultieren Verkehrsrelationen, die mittels der avF-Angebote bedient werden sollten. Hierzu können als Bedienformen

- der Linienbetrieb,
- der Korridor- und Sektorbetrieb sowie
- der Flächenbetrieb

gewählt werden (vgl. Abbildung 7).³⁵⁾

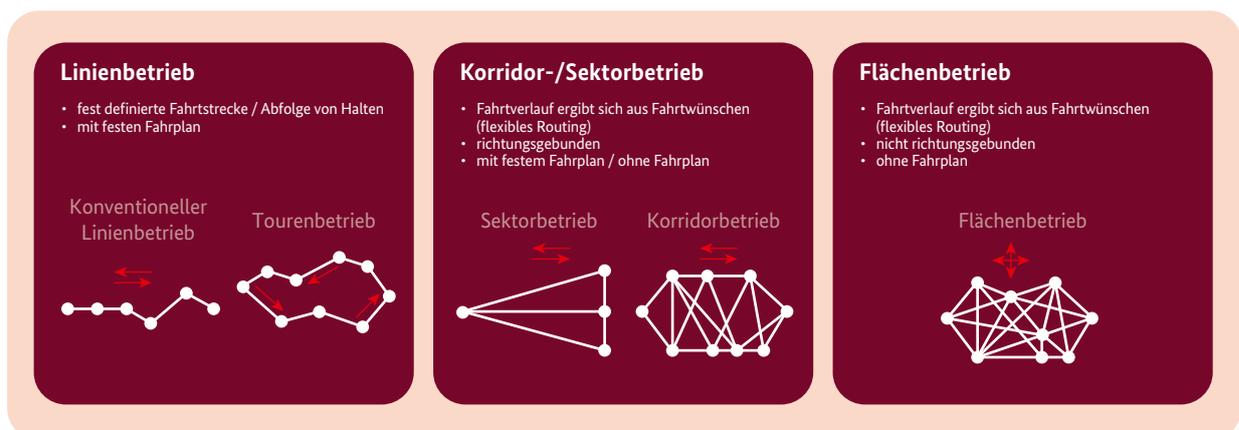


Abbildung 7: Mögliche Bedienformen für autonome, vernetzte Beförderungsleistungen

33) <https://www.probefahrt-zukunft.de/>

34) <https://www.shuttle-modellregion-oberfranken.de/>

35) vgl. Luchmann et al. 2019b, S. 70ff.

Mögliche Bewertungskategorien zur Wahl des Einsatzfeldes sind:

- Wirksamkeit des Einsatzes im Hinblick auf die Zielerreichung: Beispielkriterien sind der prozentuale Fahrgastzuwachs im ÖV, die Möglichkeit zur Fahrtwunschbündelung, die Verlagerungswirkung, die Sichtbarkeit und Akzeptanz des avF-Betriebs.
- Höhe und Verteilung der Nachfrage im Einsatzraum: Beispielkriterien sind das relationsbezogene oder im Raum verteilte ÖV-Nachfragepotenzial im Tagesverlauf und die Möglichkeit zur Fahrtwunschbündelung.
- Handlungsbedarf und Verfügbarkeit von bestehenden ÖV-Angeboten und von technischem Ausstattungsgrad des Betriebsumfeldes: Beispielkriterien sind das ÖV-Netz, die Verkehrsangebote anderer Modi und das Vorhandensein von Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation.
- Unterschiede der Angebotsqualität im ÖV und MIV: Beispielkriterien sind Reisezeitvergleiche zwischen dem ÖV-Linien- und dem Bedarfsverkehr einschließlich der Zu- und Abwege im Gegensatz zu einer Pkw-Fahrt, die Anzahl an weiterfahrenden Fahrgästen im Bedarfsverkehr, die von zeitaufwendigen Umwegfahrten betroffen wären, das Verhältnis in Frage kommender Fahrzeitverlängerungen durch Umwegfahrten des Bedarfsverkehrs zur Gesamtzahl der Fahrgäste.
- Erforderliche Ressourcen: Beispielkriterien sind das Budget für Infrastrukturanpassungen und Qualifizierungsmaßnahmen, der Personalaufwand im Vergleich zum konventionellen ÖV-Angebot.

Sofern gewünscht, können Sie auf dieser Basis und auf der Grundlage der vorgelagerten Nachfrageanalyse eine konkrete Auswahl geeigneter

Einsatzräume und Bedienformen vornehmen. Die Nachfrageanalyse ermittelt die relationsbezogene ÖV-Nachfrage je Tag und die zeitliche Verteilung im Tages- und Jahresverlauf.

Bedarfsverkehre mit av-Fahrzeugen

Seit vielen Jahren setzen öffentliche Verkehrsunternehmen flexible Beförderungsangebote, insbesondere nachfragegesteuerte Bedarfsverkehre, wie Anrufsammeltaxis oder Rufbusse, in Räumen und Zeiten mit schwacher Verkehrsnachfrage ein.

Zwischenzeitlich haben sich wesentliche Randbedingungen verändert oder werden sich absehbar verändern:

- Bei der Novellierung des PBefG im Jahr 2021 wurden mit dem Linienbedarfsverkehr nach § 44 PBefG und dem gebündelten Bedarfsverkehr nach § 50 PBefG zwei neue Verkehrsformen eingeführt. Sie ermöglichen einen rechtskonformen Bedarfsverkehr im Flächenbetrieb ohne Bindung an gekennzeichnete Haltestellen, feste Linien und Fahrpläne. Damit stellen sie einen deutlichen Qualitätssprung im ÖV dar. Nun können Tür-zu-Tür-Verbindungen bei gebündelten Bedarfsverkehren, Fahrten zwischen einer Vielzahl von definierten Ein- und Ausstiegspunkten oder virtuelle Haltestellen angeboten werden.
- Heute stehen intelligente Algorithmen zur Verfügung, die Fahrtbuchungen mittels App und digitaler Tourenplanung für den Fahrzeugeinsatz integrieren.
- Der Einsatz von konventionellen Fahrzeugen verursacht bei Bedarfsverkehren hohe Kosten. Sobald jedoch av-Fahrzeuge eingesetzt werden können, entfallen die Kosten für das Fahrpersonal und es ergibt sich ein Potenzial für höhere Kostendeckungsgrade. Ferner entfallen fahrpersonalbedingte Restriktionen durch Arbeitszei-

ten, Krankheits- und Urlaubszeiten. Av-Fahrzeuge können zeitlich flexibler eingesetzt werden.

Ob nutzungsfreundliche Bedarfsverkehre konkret realisiert werden, liegt im Spannungsfeld der wirtschaftlichen Angemessenheit der Angebote und dem politisch-planerischen Steuerungswillen des ÖPNV-Aufgabenträgers bzw. der Genehmigungsbehörde begründet.

Die Chancen von Bedarfsverkehren mit av-Fahrzeugen sind vielfältig:

- Reduzierung von Reisezeiten
- Schließen von Angebotslücken
- Einsparung von Kosten
- Verlagerung von Verkehren

Mit einem Einsatz von Bedarfsverkehren ergeben sich aber auch Anpassungsbedarfe in Bezug auf:

- Weiterentwicklung des Betriebsmanagements
- Einhaltung von Barrierefreiheit unter den neuen Voraussetzungen

Bei allen Chancen, die Bedarfsverkehre im Sektor-, Korridor- und Flächenbetrieb bieten, zeigt sich allerdings, dass diese nicht immer und für jedes Einsatzfeld geeignet sind. Vielmehr haben Linien- und die unterschiedlichen Bedarfsverkehre je nach Einsatzraum unterschiedliche Stärken und Schwächen, die auch beim Einsatz von av-Fahrzeugen abzuwägen sind.

Weitere Handlungsfelder einer integrierten Angebotsplanung

Neben der Planung von Einsatzfeldern können auf strategischer Ebene weitere Handlungsfelder identifiziert, ausgewählt und bearbeitet werden, die für die betriebliche Planung und Umsetzung den Rahmen setzen. Mögliche Handlungsfelder können beispielsweise der Wissensaufbau zum

Thema avF, das Erlangen von Wertschöpfung durch den Einsatz von avF, die Anpassung und Erstellung notwendiger physischer und digitaler Infrastrukturen oder auch die Integration von avF in ein gemeinsames Flottenmanagement mit konventionellen Fahrzeugen sein.³⁶⁾ Bei der Identifizierung und Auswahl von Handlungsfeldern empfiehlt es sich,

- Handlungsfelder im partizipativen Verfahren zu identifizieren und zu beschreiben,
- Bedarfsanalyse, Vision und Ziele zu beachten (Abgleich Ist-Soll-Zustand),
- thematische und räumliche Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zu berücksichtigen sowie
- frühzeitig Zuständigkeiten und gegebenenfalls Fristen zu definieren.

Die Wahl und Ausgestaltung von Handlungsfeldern ist durch lokale Zielstellungen und Gegebenheiten bestimmt.

Die ausgewählten Handlungsfelder sind bei der Planung verstärkt zu beleuchten und zum Erreichen der gesetzten Zielstellung vorrangig zu berücksichtigen.

4.3 Festlegung, Kommunikation & Verankerung der Strategie

Wenn Sie die oben genannten Prozessschritte realisiert haben, sollten Sie nun die im Strategieentwicklungsprozess gemachten Schritte in einem Dokument zusammentragen. Nachdem Sie die Strategie geprüft und angepasst haben, sollten Sie diese formal festlegen. Anschließend ist für die Umsetzung entscheidend, dass Sie die Strategie weitreichend kommunizieren und in weitere Planungen und Planungsdokumenten integrieren.

36) vgl. camo.nrw 2022, S. 39

5) Phase 3: Betriebs- planung



Die Betriebsplanung muss an die technologischen Anforderungen der Fahrzeuge und der Betriebsbereiche angepasst sein. Um einen sicheren und reibungslosen Betriebsablauf zu gewährleisten, sind die physische und die digitale Infrastrukturausstattung zu betrachten. Dazu bedarf es kompetenten Personals und einer hinreichenden Finanzierung.

Nachdem bei der Angebotsplanung die strategischen Ziele der kommunalen Planung im Vordergrund standen, setzt die Betriebsplanung den Schwerpunkt auf die effiziente und kostengünstige Umsetzung im operativen Betrieb. Sollten Sie kein Zielsystem zum avF im ÖV ausgearbeitet haben (siehe Kapitel 4.2.2 Zielstellung), sollten sich die betriebliche Planung dennoch an den kommunalen Mobilitätszielen orientieren und in bestehende strategische Planungskonzepte einfließen.

Für die identifizierten Einsatzfelder (siehe Kapitel 4.2.3 Planung von Einsatz- und Handlungsfeldern) gilt es nun die entsprechenden Betriebsbereiche vor Ort und die passenden Fahrzeuge auszuwählen. Damit Sie eine Wahl hinsichtlich des Betriebsbereichs und des Fahrzeugs treffen können, müssen Sie herausfinden, welche Technologie in Ihrem Betriebsbereich angewendet werden kann oder ob der Betriebsbereich der Technologie angepasst werden muss. Unter Berücksichtigung der im Fahrzeug verbauten Technologie ist möglicherweise auch die straßenseitige und digitale Infrastrukturausstattung anzupassen oder zu ergänzen.

Der Fokus in diesem Handbuch liegt weniger auf einer detaillierten Darstellung aller Prozessschritte der Betriebsplanung. Stattdessen werden die Aspekte beleuchtet, bei denen sich im Ver-

gleich zum konventionellen Verkehrs- und Infrastrukturbetrieb Änderungen ergeben können und möglicherweise Strukturen und Prozesse anzupassen oder neu aufzusetzen sind.

5.1 Autonome & vernetzte Fahrzeuge

In diesem Kapitel werden die technischen und rechtlichen Hintergründe der Fahrzeuge und ihrer Nutzung vorgestellt. Das umfasst die Themen Automatisierung, Vernetzung und nutzungsspezifische Ausstattung sowie Haftung und Instandhaltung.

Das Kapitel soll Ihnen das technische Potenzial und die Herausforderungen von av-Fahrzeugen näherbringen, um die Auswahl von Fahrzeugen für Sie zu erleichtern. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung haben alle Fahrzeuge gemein, dass sie nicht aus dem Katalog bestellbar sind. Ein Austausch zu den Fähigkeiten der Fahrzeuge mit den Herstellern ist vor der Anschaffung eines Fahrzeuges in jedem Fall nötig. Informieren Sie sich daher frühzeitig über mögliche Einsatzfahrzeuge sowie deren für die Zulassung erforderlichen und von Ihnen gewünschten Ausstattungsmerkmale. Hilfreich ist es, wenn Sie dazu eine Anforderungsliste zur Wahl eines für den Einsatz geeigneten Fahrzeugherstellers und Fahrzeugtyps erstellen.

5.1.1 Grundlagen Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den technischen und rechtlichen Grundlagen der Automatisierung und Vernetzung von Kraftfahrzeugen, über gängige Gliederungen und Taxonomien von automatisierten Fahrfunktionen, bis hin zum Einstieg in die Frage, welche Eigenschaften ein Fahrzeug aufweisen sollte, um Transporte ohne Fahrpersonal durchführen zu können und zu dürfen. Diese Grundlagen sind wichtig, um die technischen Möglichkeiten und Grenzen einschätzen zu können.

5.1.1.1 Klassifizierung der Automatisierungsstufen von Fahrzeugen

Das Fahren mit automatisierten Fahrfunktionen wird in unterschiedlichen Automatisierungsstufen beschrieben. Die gängigste Unterscheidung der sogenannten SAE-Level wird von der Organisation SAE International in deren Norm SAE J3016³⁷⁾ vorgenommen. Die Norm unterliegt einem ständigen Wandel. Dabei werden die Fahrfunktionen in Stufen von null bis fünf unterteilt. Es handelt sich dabei um eine technische und nicht um eine rechtliche Normierung. Ob ein technisches System zulässig ist oder nicht, ist einzig aufgrund des im jeweiligen Hoheitsge-

SAE-Level	Name	Beschreibung der Fahraufgabe	Längs- und Quersteuerung	Umfeldüberwachung	Rückfallebene	Betriebsbereich
0	Keine Automatisierung	Mensch erfüllt alle Aufgaben	Mensch	Mensch		
1	Assistiert	System übernimmt die Längs- ODER Querführung bei menschlicher Überwachung	Mensch und System	Mensch	Mensch	eingeschränkt
2	Teilautomatisiert	System übernimmt die Längs- UND Querführung bei menschlicher Überwachung	System	Mensch	Mensch	eingeschränkt
3	Bedingt automatisiert	System übernimmt die Fahraufgabe in bestimmten Situationen (zum Beispiel Autobahn) ohne menschliche Überwachung; Fahrzeugführer muss wahrnehmungsbereit bleiben, um auf Aufforderung des Systems oder bei „offensichtlichen Umständen“ die Steuerung übernehmen zu können	System		Mensch	eingeschränkt
4	Hochautomatisiert	Innerhalb eines örtlich begrenzten Betriebsbereichs kommt das System mit allen Situationen eigenständig zurecht und bedarf keiner menschlichen Unterstützung bei der Fahraufgabe. Es kann jederzeit selbstständig einen risikominimalen Zustand erreichen	System			eingeschränkt
5	Vollautomatisiert	System erfüllt alle Aufgaben	System			uneingeschränkt

Tabelle 1: Automatisierungsstufen nach SAE J3016

37) vgl. SAE 2023

biet (z. B. Deutschland) geltenden Rechtsrahmens zu beurteilen. Mit zunehmendem Automatisierungslevel steigt der Aufgabenbereich des Systems, bis der Mensch schließlich nur noch Passagier ist und keine Rolle mehr bei der Fahrzeugsteuerung spielt (siehe Tabelle 1).

Die Namen der SAE-Level beruhen auf der englischen Übersetzung. Ihre Verwendung ist gängig in der technischen Entwicklung von Fahrfunktionen. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) schlägt eine Vereinfachung der Begrifflichkeiten vor, wodurch nur noch zwischen

- assistiertem Modus (SAE-Level 0 bis 2)
- automatisiertem Modus (SAE-Level 3)
- autonomem Modus (SAE-Level 4 und 5)

unterschieden wird.³⁸⁾

nischen Klassifikationen. Die Automatisierungsstufen, die das StVG kennt, werden in § 1a Abs. 2 StVG (sogenannte „hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion“) und § 1d Abs. 1 StVG (sogenannte „autonome Fahrfunktion“) definiert. Die „hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion“ deckt sich mit dem SAE-Level 3 und die „autonome Fahrfunktion“ mit dem SAE-Level 4.

Zur Vereinfachung schließt sich das Handbuch den Begrifflichkeiten der BASt an und verwendet ab SAE-Level 4 den Begriff autonom.

5.1.1.2 Automatisierung

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die Definition des Automatisierten Fahrsystems³⁹⁾ (Automated Driving System, ADS) gemäß dem Begutachtungsleitfaden „Anforderungen für

StVG Definition	Name	Beschreibung der Fahraufgabe	Längs- und Quersteuerung	Umfeldüberwachung	Rückfallebene	Betriebsbereich
§ 1a Abs. 2 StVG	Hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion	System übernimmt die Fahraufgabe in bestimmten Situationen (zum Beispiel Autobahn) ohne menschliche Überwachung; Fahrzeugführer muss wahrnehmungsbereit bleiben, um auf Aufforderung des Systems oder bei „offensichtlichen Umständen“ die Steuerung übernehmen zu können	System	System und Mensch	Mensch	eingeschränkt
§ 1d Abs. 1 StVG	Autonome Fahrfunktion	Innerhalb eines örtlich begrenzten Betriebsbereichs kommt das System mit allen Situationen eigenständig zurecht und bedarf keiner menschlichen Unterstützung bei der Fahraufgabe. Es kann jederzeit selbstständig einen risikominimalen Zustand erreichen.	System	System	System	eingeschränkt

Tabelle 2: Klassifizierung der Automatisierungsstufen nach StVG

Das StVG klassifiziert die verschiedenen Automatisierungsstufen nur bedingt, es stützt sich laut seiner Begründung auf die vorhandenen tech-

die Erteilung der Betriebsbereichsgenehmigung gemäß AFGVBV.⁴⁰⁾

38) vgl. BASt-Modell von 2021

39) Das automatisierte Fahrsystem bezeichnet die Hardware und Software, die in ihrer Kombination in der Lage sind, die gesamte dynamische Fahraufgabe (Dynamic Driving Task, DDT) dauerhaft in einer bestimmten zulässigen Betriebsdomäne (Operational Design Domain, ODD) durchzuführen.

40) vgl. Verkehrsblatt 2024, vom 15.02.2024, Heft 3, S.66

Um eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass autonome Verkehrsmittel alle denkbaren Verkehrssituationen meistern, die im jeweiligen Betriebsbereich auftreten können. Der Anwendungsbereich, welcher vom Hersteller für die Verwendung des Kraftfahrzeuges für den Betrieb in autonomer Fahrfunktion vorgesehen ist, sodass das av-Fahrzeug sich sicher und zuverlässig bewegen kann, wird als Operational Design Domain (ODD) bezeichnet.

Eine ODD beschreibt nicht nur räumliche Eigenschaften, sondern spezifiziert auch weitere Rahmenbedingungen wie Geschwindigkeitsbereiche, Beleuchtungs- und Witterungsbedingungen sowie das Vorhandensein von anderen Verkehrsteilnehmenden oder statischen Objekten, wie etwa Bäumen, Häusern oder Leitkegeln im befahrbaren Bereich. Die ODD muss während der gesamten Einsatzdauer eines av-Fahrzeugs beziehungsweise für eine bestimmte Konfiguration der autonomen Fahrfunktion gültig sein.

Die ODD wird fahrzeugseitig beschrieben. Im Gegensatz dazu wird der Betriebsbereich typischerweise durch Infrastrukturbetreiber ausgestattet, betrieben und erhalten. Die Übersetzung von fahrzeugseitigen Anforderungen in die Sprache der Infrastrukturbetreiber ist noch nicht vollumfänglich abgeschlossen. Somit handelt es sich bei der Abstimmung zwischen den Anforderungen an den Betriebsbereich und dem Betrieb und Erhalt der Straße in diesem Bereich aktuell oft noch um einen heuristischen und möglicherweise erratisch anmutenden Prozess, der viel Kommunikation und engen Austausch erfordert und sich unter Umständen nur bedingt für einen serienmäßigen Rollout eignet. Simulative Ansätze, sind möglicherweise in Zukunft verfügbar und können die Brücke zwischen der fahrzeugseitigen und der infrastrukt-

turellen Perspektive schlagen (siehe Kapitel 5.2 Betriebsbereiche).

Grundsätzlich kann eine Kommune, vor Beantragung auf Genehmigung eines festgelegten Betriebsbereichs, diesen beschreiben und den Automobilherstellern zur Verfügung stellen, sodass diese prüfen können, ob ihr Fahrzeug hierfür zulassungsfähig ist. Allgemein müssen die Anforderungen an die fahrzeugtechnische Gestaltung basierend auf den jeweiligen Fahraufgaben definiert werden. Diese Anforderungen sollten bei der Wahl eines Fahrzeuges mit dem vorgesehenen Betriebsbereich abgeglichen werden (siehe Kapitel 5.2 Betriebsbereiche). Zu den dynamischen Fahraufgaben (Dynamik Driving Task, DDT) zählen beispielsweise:

- seitliche Bewegungssteuerung des Kraftfahrzeugs durch Lenken,
- Längsbewegungssteuerung des Kraftfahrzeugs durch Beschleunigung und Verzögerung,
- Überwachung der Fahrumgebung durch Objekt- und Ereigniserkennung, Einstufung und Reaktionsvorbereitung,
- Durchführung der Reaktion in Bezug auf Objekt und Ereignis,
- Fahrmanöverplanung,
- Verbesserung der Erkennbarkeit durch Beleuchtung, Aktivierung der Hupe, Signale, Handzeichen usw.

Auch wenn sich diese Aufgaben weiter aufschlüsseln und detaillieren lassen, sind zur autonomen Umsetzung folgende Grundfunktionen erforderlich (siehe Tabelle 3):

Funktion	Unterfunktionen / Beschreibung
Umgebungswahrnehmung	Überprüfung der Freiheit des Fahrweges Detektion von Fahrbahn und Objekten Klassifikation und Interpretation von Hindernissen Situationsinterpretation und Risikoeinschätzung Signal- und Verkehrszeichenerfassung und Interpretation
Lokalisierung	Positions- und Orientierungsbestimmung Geschwindigkeitsüberwachung
Fahrzeugführung	Verhaltens- und Trajektorienplanung (Routenplanung) Situationsabhängige Geschwindigkeits- und Beschleunigungsregelung Fahrzeuglenkung
Zustandsüberwachung	Automatische Überwachung technischer Systeme Detektion von Störungen, Ausfällen, Anomalien
Interaktion	Interaktion mit Passagieren, anderen Verkehrsteilnehmenden

Tabelle 3: Hauptfunktionen der Fahrzeugautomatisierung

Welche dieser Funktionen tatsächlich durch ein autonomes Verkehrsmittel zu erfüllen sind, hängt maßgeblich von der definierten ODD ab. Des Weiteren kann die Leistungsfähigkeit autonomer Systeme mithilfe von zusätzlichen Vernetzungsfunktionen gesteigert werden.

In aktuellen Projekten zeigt sich, dass die Fähigkeiten automatisierter Kleinbusse, wie sie derzeit verstärkt in der av-Personenbeförderung eingesetzt werden, noch stark begrenzt sind und der Betrieb lediglich in kleinen Betriebsbereichen möglich ist. Die grundlegenden Funktionen der Umgebungswahrnehmung, Lokalisierung und Fahrzeugführung werden dabei zwar ausgeführt, erfordern aber ideale Umgebungsbedingungen und sind nicht resilient gegenüber temporären Änderungen. Außerdem ist es mit dem Großteil der aktuell verfügbaren Technologien vor Betriebsbeginn erforderlich, die genutzten Fahrzeuge auf der zuvor ausgewählten Strecke erstmalig einzulernen.

Bei diesem Einlernprozess erzeugt das Fahrzeug durch manuelles Abfahren und interne Sensoren eine möglichst genaue digitale Karte der Umgebung. Dabei handelt es sich um einen fortlaufenden Prozess, bei dem mit jeder Fahrt weitere Details abgespeichert werden. Die anfangs sehr niedrige Fahrzeuggeschwindigkeit wird allmählich erhöht, bis die maximale Betriebsgeschwindigkeit erreicht wird. Dabei handelt es sich um einen äußerst komplexen und ressourcenintensiven Prozess. Zum aktuellen Stand gibt es noch keine standardisierte, herstellerunabhängige Vorgehensweise oder standardisierte Werkzeugkette zur Erstellung des digitalen Kartenmaterials, jedoch gibt es Bestrebungen verschiedener Hersteller dies zeitnah umzusetzen.⁴¹⁾ Dies wird auch dadurch bestärkt, dass komplexe und potenziell gefährliche Punkte entlang der Strecke im Nachgang manuell als solche gekennzeichnet und mit zusätzlichen sicherheitsbedingten Einschränkungen, zum Beispiel der Reduktion der Geschwindigkeit belegt werden. Je nach Anforderungen und Komplexität der Verkehrssituatio-

41) vgl. Rehrl und Zankl 2018; Navigation Data Standard Association 2024

nen kann der derzeitige Einlernprozess wenige Tage bis einige Wochen in Anspruch nehmen.⁴²⁾ Es gilt daher, genügend Zeit für den Einlernprozess durch den Hersteller oder Expertinnen und Experten in Pilotprojekten einzuplanen.

Basierend auf den zugelassenen und vorhandenen Fähigkeiten der heutigen Fahrzeuge unterscheidet man zwei Varianten von Funktionsumfängen.⁴³⁾

- **Fahrt auf virtueller Schiene:** Mithilfe der zuvor erzeugten und GPS-unterstützten Umgebungskarte sowie den darin enthaltenen Orientierungspunkten wird eine feste Fahrlinie entlang der Route als Trajektorie für spätere Fahrten definiert. Eine Trajektorie ist dabei die genaue Linie, auf der sich das Fahrzeug bewegt. Die Lokalisierung des Fahrzeuges wird über den Abgleich aktueller Sensordaten mit der digitalen Karte bewerkstelligt. Da es sich bei der virtuellen Schiene um ein starres System handelt, werden einzelne Landmarken auf der Karte nacheinander mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit abgefahren. Auch wenn Hindernisse erkannt werden und zu einer Reduktion der Fahrgeschwindigkeit oder gar zum Anhalten führen, ist ein selbstständiges, autonomes Umfahren nicht möglich. Hierfür ist ein Eingriff des Sicherheitsfahrpersonals (Operators) in die Fahrzeugsteuerung notwendig.
- **Fahrt in virtuellem Korridor:** Im Gegensatz zur virtuellen Schiene wird im virtuellen Korridor ein befahrbarer Verkehrsraum innerhalb der Umgebungskarte des Betriebsbereichs definiert. Das Fahrzeug folgt so lange der Soll-Trajektorie, bis dies infolge von statischen oder dynamischen Hindernissen nicht mehr möglich ist. Durch das autonome Umfahren solcher Hindernisse und das anschließende Zurückkehren zur

Soll-Trajektorie ist kein Eingriff des Operators erforderlich. Somit ist vor allem in einem innerstädtischen Umfeld, in dem zwangsläufig von temporären Hindernissen ausgegangen werden muss, eine weitaus höhere Flexibilität des Fahrzeuges gewährleistet. Probleme ergeben sich, wenn der befahrbare Korridor zu klein ist, um beim Umfahren von Objekten den vorgeschriebenen Mindestabstand zu wahren.

5.1.1.3 Fahrzeugvernetzung

Neben Sensortechnologie, Hochleistungsprozessoren und intelligenter Datenverarbeitung spielt auch die Vernetzung von Fahrzeugen eine wichtige Rolle in Bezug auf die steigende Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr. Automatisierte Fahrsysteme können grundsätzlich auch ohne eine Vernetzung mit der Umgebung eingeführt werden, jedoch steigert die Vernetzung die Sicherheit und Resilienz der Systeme und bedingt somit eine schnellere und einfachere Umsetzung im Realbetrieb.

Die Vernetzung kann mit verschiedenen Objekten, aber auch Personen erfolgen. Unter Vernetzung lassen sich die folgenden Teilaspekte unter dem Begriff Vehicle-to-Everything-Kommunikation (V2X) zusammenfassen:

- **Vehicle-to-Vehicle-Kommunikation (V2V):** Kommunikation zwischen Fahrzeugen untereinander
- **Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation (V2I):** Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur (zum Beispiel Ampeln)
- **Vehicle-to-Pedestrian-Kommunikation (V2P):** Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Personen (Zufußgehende und Radfahrende)

42) vgl. camo.nrw 2021

43) vgl. Rentschler et al. 2020, S. 321

- Vehicle-to-Network-Kommunikation (V2N): Kommunikation zwischen Fahrzeugen und diversen Netzwerken, Back-Ends, Datenplattformen

Die V2X-Kommunikation kann dabei mithilfe von unterschiedlichen Funktechnologien beziehungsweise mit Kommunikationsstandards umgesetzt werden. Entscheidend für die Wahl der geeigneten Technologie sind die anwendungsspezifischen Anforderungen. Die Kommunikation zwischen Fahrzeugen untereinander und mit der umliegenden Infrastruktur steigert die Verkehrssicherheit. Um dies zu gewährleisten, werden eine möglichst geringe Zeitverzögerung (Latenz) und hohe Datenraten benötigt. Ein av-Fahrzeug im ÖV sollte idealerweise für möglichst viele Verkehrsteilnehmende als V2X-Datenlieferant „sichtbar“ und damit auch nutzbar sein. Für die direkte Kommunikation einzelner Fahrzeuge oder Infrastrukturelemente sind spezielle Funkeinrichtungen erforderlich. Während man bei der fahrzeugseitigen Ausrüstung von On-Board-Units (OBU) spricht, werden infrastrukturseitige Geräte als Road-Side-Units (RSU) bezeichnet. Sowohl OBUs als auch RSUs bestehen im Wesentlichen aus einem Funkgerät (Send- und Empfangseinheit), einem GNSS-Modul zur zusätzlichen Ortung und einem Prozessor zur Verarbeitung empfangener und Aufbereitung zu versendender Daten.

Im ÖV ist auch die V2I-Kommunikation wichtig. Nennenswert ist hier vor allem die Kommunikation mit Lichtsignalanlagen (LSA), um Vorrangschaltungen zu ermöglichen. Eine intelligente und vernetzte Vorrangschaltung ermöglicht nicht nur die Nutzung durch Einsatzfahrzeuge, sondern auch durch den ÖV oder Fahrrädern, z. B. entlang von Fahrradkorridoren.

Für den großflächigen Einsatz von Fahrzeug- und Infrastrukturvernetzung werden Technologien

notwendig sein, die über einen längeren Zeitraum existenzfähig sind, mit allen im Betriebsbereich vorhandenen Geräten kommunizieren können und auch bei der Erweiterung um zukünftige Generationen relevant bleiben.

5.1.2 Barrierefreie und sichere Fahrzeuge

Nach § 8 Absatz 3 Satz 3 PBefG hat der von den Aufgabenträgern (i. d. R. die Kommunen) aufzustellende Nahverkehrsplan die Belange der in ihrer Mobilität oder sensorisch eingeschränkten Menschen mit dem Ziel zu berücksichtigen, für die Nutzung des ÖPNV eine vollständige Barrierefreiheit zu erreichen. Die Aufgabenträger und die Länder können Ausnahmen hiervon regeln (vgl. § 8 Abs. 3 S. 4 PBefG und § 62 Abs. 2 PBefG).

Ein wesentlicher Unterschied von av-Fahrzeugen im Gegensatz zu konventionellen öffentlichen Verkehrsmitteln ist der Wegfall von fahrzeugführendem oder fahrkartenkontrollierendem Personal, welches beeinträchtigte Menschen in schwierigen Situationen unterstützen kann. Daher müssen für alle erdenklichen Herausforderungen für Passagiere im Rahmen der Nutzung Rückfallebenen oder technische Lösungen gefunden werden. Anstatt die bisherigen Tätigkeiten des an Bord befindlichen Personals zu ersetzen, können im Zuge der Automatisierung Verbesserungen für mehr Barrierefreiheit etabliert werden. Durch avF-Einsatz mögliche neue Bedienformen wie Tür-zu-Tür-Services haben für mobilitätseingeschränkte Personen großen Nutzen. Gerade für gehbehinderte Menschen und Rollstuhlfahrende könnten Angebote mit Haustürbedienung unabhängige Mobilität und einen erheblichen Komfortgewinn bedeuten.

Maßgeblich für die Akzeptanz und die Nutzung von av-Verkehren ist eine Gestaltung des Systems

unter dem Aspekt der Sicherheit⁴⁴⁾, da av-Fahrzeuge ohne Fahrpersonal auskommen.⁴⁵⁾

Um das Sicherheitsgefühl generell, vor allem aber für die Beförderung ohne Sicherheitsfahrpersonal zu steigern, sind verschiedene Maßnahmen in den Fahrzeugen denkbar. Allen voran sollte eine Verbindung der Personen mit einem Passagiersupport sichergestellt sein. Ein Notfallknopf, mithilfe dessen eine Sprachverbindung zu einem Notfallzentrum aufgebaut wird, kann dazu ebenso dienen wie ein videobasiertes Assistenzsystem, sodass Passagiere über Monitore und Kameras sowie Lautsprecher und Mikrofone bei Bedarf Kontakt mit einer Zentrale aufnehmen können.

5.1.3 Haftung

Beim Einsatz von av-Fahrzeugen stellt sich die Frage der Haftung für Verkehrsunfälle. Im Regelbetrieb unterliegen die Akteure von av-Fahrzeugen den bestehenden Regelungen der zivilrechtlichen Haftung für Verkehrsunfälle. Das Haftungssystem unterscheidet grundsätzlich eine verschuldensabhängige Haftung, die an die fahrzeugführende Person anknüpft, und die verschuldensunabhängige Haftung, die für das Betreiben einer möglichen Gefahrenquelle, wie einem Fahrzeug, greift.

Die bei einem konventionellen Fahrzeug bestehende verschuldensabhängige Fahrzeugführerhaftung nach § 18 StVG entfällt bei einem av-Fahrzeug mit SAE-Level 4. Zwar existiert eine menschliche Person als Technische Aufsicht, die im risikominimalen Zustand des Fahrzeuges vorgeschlagene Fahrmanöver freigeben kann, jedoch ist diese rechtlich nicht als Fahrzeugführer einzustufen. Ein vom av-Fahrzeug vorgeschlagenes

und eventuell fehlerhaftes Fahrmanöver ist nicht menschlich, sondern technisch bedingt.

Gegenwärtig kommt für einen im Verkehrsunfall mit einem av-Fahrzeug erlittenen Schaden der Regress gegenüber

- dem verschuldensunabhängig haftenden Fahrzeughalter und
- dem Fahrzeughersteller (Produkt- und Produzenten- sowie gegebenenfalls Zuliefererhaftung)

in Betracht.

Für die geschädigte Person hält die Halterhaftung nach § 7 StVG einen Anspruchsgegner bereit, die Haftung wird regelmäßig den Mobilitätsanbieter als Halter treffen. Die Halterhaftung gilt auch bei av-Fahrzeugen bei einer Geschwindigkeit bis 20 Kilometer pro Stunde, wie § 8 Nr. 1 StVG klarstellt. Zu beachten ist ebenfalls, dass der Mobilitätsanbieter die Haftung im Rahmen der entgeltlichen, geschäftsmäßigen Personenbeförderung nicht zulasten der beförderten Person ausschließen darf.

Den Fahrzeughersteller trifft neben den zu erfüllenden Pflichten nach § 1f Abs. 3 StVG die Haftung für ein technisch fehlerhaft konzipiertes Produkt. Die Neuerung besteht darin, dass der Hersteller nun auch für Steuerungsfehler haftet, die bislang durch eine menschliche Person als Fahrzeugführer zu verantworten waren. Gegenüber dem Haftungssystem konventioneller Fahrzeuge ist daher eine Haftungsverschiebung zulasten der Fahrzeughersteller zu erwarten.

Das bestehende Haftungssystem führt zu keiner Haftungslücke. Es entfällt lediglich die zusätzliche verschuldensabhängige Haftung des Fahr-

44) vgl. Pucihar et al. 2019, S. 17

45) vgl. Jipp, Lemmer 2020, S. 104, 106

zeugführers nach § 18 StVG sowie § 823 BGB. Die deliktische Haftung nach § 823 BGB, welche eine verschuldete Rechtsgutverletzung voraussetzt, greift bei konventionellen Fahrzeugen grundsätzlich für Haftungssummen, die die Höchstbeträge des § 12 StVG überschreiten. Um dies zu kompensieren, wurden hinsichtlich der Haftung im Rahmen av-Fahrzeuge die Haftungshöchstbeträge angehoben.

Eine Haftung der Technischen Aufsicht kann nur über das Deliktsrecht nach § 823 BGB begründet werden. Die geschädigte Person müsste zunächst nachweisen, dass die Technische Aufsicht durch ihr Handeln einen Schaden verursacht hat, insofern hat die geschädigte Person Anspruch auf die Datenaufzeichnungen des Fahrzeuges.

5.1.4 *Instandhaltung der Fahrzeuge*

Der hohe Digitalisierungsgrad der av-Fahrzeugflotte stellt neue und vor allem andere Qualifikationen an die Instandhaltung der Fahrzeuge. Diese umfasst die Inspektion, die Wartung und die Instandsetzung.

Es ist anzunehmen, dass Fahrzeuge zukünftig ihren Systemzustand eigenständig überwachen und frühzeitig den Wartungs- und Instandsetzungsbedarf komponentenspezifisch erkennen werden. Damit verkürzen sich die Ausfallzeiten der Fahrzeuge, da Mängel frühzeitig erkannt und behoben werden. Möglicherweise kann von den bisher üblichen regelmäßigen Instandhaltungsrhythmen abgewichen werden. Zeit- und Kostenersparnisse sind durch die Effizienzsteigerung zu erwarten.

Zu den konkreten Aufgaben des Fahrzeughalters in Bezug auf die Instandhaltung, beispielsweise Wartungspersonal, und der entsprechenden Nachweise siehe Kapitel 6.1.2 Genehmigungen und Zulassungen. Darunter wird vermutlich auch

die Pflicht zum unverzüglichen Update (siehe Kapitel 5.2.4.2 Gewährleistung von Datensicherheit und der Bereitstellung) gefasst, sofern der Prozess des Updates ein Zutun des Halters erfordert. Dazu gehört auch die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Sensorik im Betrieb.

Die gemäß § 1j Abs. 1 Nr. 4 StVG erlassene AFGBV enthält in ihrem § 13 Detailregelungen:

- Überprüfung der aktiven und passiven Sicherheit des Fahrzeuges,
- erweiterter Abfahrtskontrolle,
- Gesamtprüfung gemäß Betriebshandbuch im 90-Tage-Intervall sowie
- Dokumentation in Berichten und Übermittlung an das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) und zuständige Behörde

5.2 *Betriebsbereiche*

Nachdem mögliche Einsatzfelder im Rahmen eines strategischen Ansatzes identifiziert wurden (siehe Kapitel 4.2.3 Planung von Einsatz- und Handlungsfeldern), sind im anstehenden Prozessschritt die konkreten Betriebsbereiche auszuwählen, auf denen die av-Fahrzeuge zum Einsatz kommen sollen. Bei den Betriebsbereichen handelt es sich um örtlich abgegrenzte Straßenräume, auf denen die av-Fahrzeuge eingesetzt werden sollen. Das novellierte StVG und die AFGBV bestimmen, dass der Einsatz von av-Fahrzeugen innerhalb definierter Betriebsbereiche gestattet ist. Diese müssen exakt auf die Fähigkeiten des Fahrzeuges abgestimmt sein.

Zur Auswahl des Betriebsbereichs sollten zu Beginn der Betriebszweck und die Betriebsbedingungen konkretisiert werden. Hierzu gehören:

- Planung des Streckenverlaufs, einschließlich der Fahrzeugdepots, der Lademöglichkeiten sowie der Position und Art von Haltestellen,
- Analyse der verfügbaren Kommunikationstechnologien sowie deren Abdeckung,
- Risikoanalyse der geplanten Strecke (Ortsbegehung des geplanten Streckenverlaufs bspw. mit Polizei, Ordnungsamt, etc. zur Identifizierung von Gefahrenstellen).

Eine konkrete Beschreibung der Strecke ist notwendig, da das Anforderungsprofil des Fahrzeugs eng mit dem Entwurf der Strecke und der Betriebsführung verknüpft ist. Alle drei Aspekte müssen optimal aufeinander abgestimmt sein und können somit in ein Lastenheft für den Fahrzeughersteller übertragen werden.

Vor dem Einsatz eines av-Fahrzeuges muss eine Genehmigung des geplanten Betriebsbereichs gemäß Begutachtungsleitfaden „Anforderungen für die Erteilung der Betriebsbereichsgenehmigung gemäß AFGBV“ erfolgen.⁴⁶⁾ Hierfür ist es erforderlich, dass die ODD des jeweiligen Fahrzeuges den geplanten Betriebsbereich vollständig abdeckt. Hieraus ergibt sich die Anforderung, dass der festgelegte Betriebsbereich für die einzusetzenden av-Fahrzeuge geeignet sein und somit bestimmte Kriterien erfüllen muss. Der Nachweis muss im zugehörigen Antrag erfolgen. Im Rahmen der Feststellung der Eignung wird die zuständige Genehmigungsbehörde prüfen, ob die vom KBA bestätigte ODD des av-Fahrzeuges gewährleistet, dass dieses die auftretenden Fahraufgaben im festgelegten Betriebsbereich selbstständig bewältigen kann. Es sind die tatsächlich auftretenden beziehungsweise möglichen Anforderungen abzugleichen und zu prüfen, ob statistisch signifikante Witterungserscheinungen

ebenfalls durch die ODD des av-Fahrzeuges abgedeckt sind. Dieser Nachweis kann beispielsweise durch entsprechende Realfahrten im festgelegten Betriebsbereich erfolgen. Hierfür müssen folgende Situationen betrachtet werden:

- unterschiedliche Umfeldbedingungen (zum Beispiel Tageszeit, Witterung, Verkehrsstärke),
- Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden (zum Beispiel Zufußgehende oder andere Fahrzeuge/Fahrzeugführerinnen und -Führer),
- kritische Bereiche hinsichtlich Mobilfunkabdeckung (zum Beispiel Tunnel, Alleen); hier muss der Zugriff der Technischen Aufsicht weiterhin möglich sein.

Der Betriebsbereich ist so zu wählen, dass der Fahrzeugeinsatz störungsfrei durchgeführt werden kann. Aus rechtlicher Sicht gibt es keine speziellen Vorgaben zur Straßenbeschaffenheit für den Einsatz von av-Fahrzeugen. Nähere Ausführungen zur Betriebsbereichsgenehmigung siehe Kapitel 6.1.2.3 Zulassung von Betriebsbereichen.

5.2.1 Auswahl und Beschreibung des Betriebsbereichs

Bei der Betrachtung des zukünftigen Betriebsbereichs sind, ergänzend zur Beschreibung des Betriebszwecks und der Betriebsbedingungen, vor allem folgende ergänzende Inhalte relevant:

- Fahrbahngeometrie,
- Geschwindigkeitsbeschränkungen,
- Topografie,
- Einrichtungen des ÖPNV,
- Einrichtungen wie Schulen und Kindergärten,
- Gefahrenstellen jeder Art,
- Bahnübergänge,

46) vgl. VkbI 2024, S. 66

- Kommunikation mit der Infrastruktur,
- Verwaltungsgrenzen auf Gemeindeebene (flurstückscharf),
- zu befahrende Richtungen,
- Verbindungsrampen (Äste),
- Verkehrszeichen und -einrichtungen (nach Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und Verkehrszeichenkatalog (VzKat)) sowie Sonderverkehrszeichen (meint zum Beispiel andersfarbige

Fahrbahnoberflächen, landesspezifisch genehmigte Zusatzzeichen).

Anschließend kann eine detaillierte Beschreibung des Betriebsbereichs erfolgen. Für die Beschreibung der repräsentativen Abschnitte dienen die sechs Ebenen aus dem Forschungsprojekt PEGASUS (siehe Abbildung 8).⁴⁷⁾

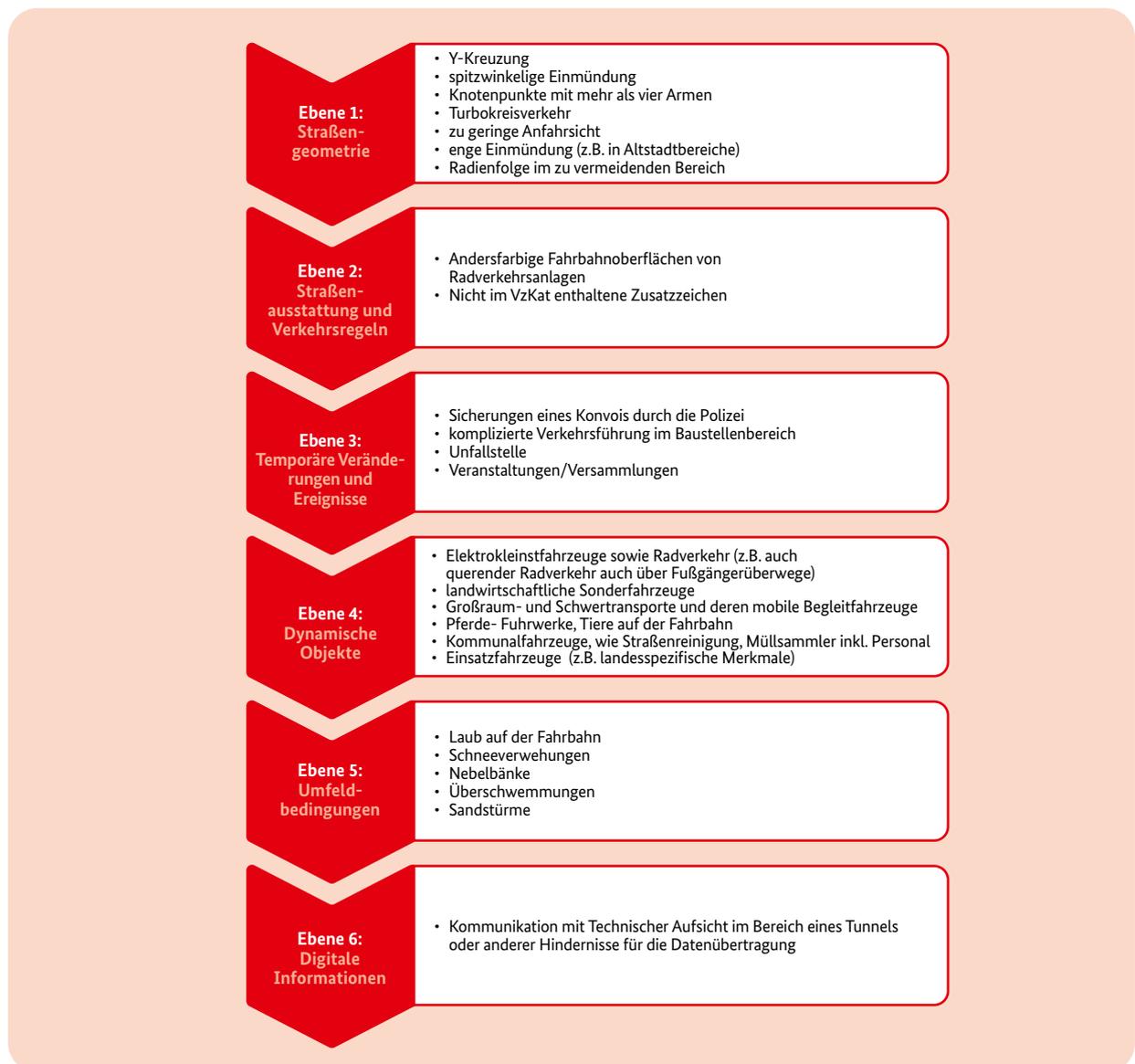


Abbildung 8: Sechsen-Ebenen-Modell nach PEGASUS sowie Beispiele zu den Ebenen

47) PEGASUS: Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen. <https://www.pegasusprojekt.de/de/home>

Wenn Sie die Betriebsbereiche hinsichtlich der beschriebenen Kriterien prüfen, sollte eine gute Umfelderkfassung, eine vorausschauende Planung der Fahrzeugsteuerung und eine gute Kontrolle des eingesetzten Fahrzeuges möglich sein. ⁴⁸⁾

Menschen und Objekte

Statische Objekte wie Bauwerke, Radfahrstreifen, Park- und Ladezonen, Verkehrszeichen, Lichtsignalanlagen und Bäume beeinflussen den Betriebsablauf. Weitere dauerhafte Objekte sind Bordsteine, Mittelstreifen, Leitplanken sowie Gräben und Straßenränder.

Den dynamischen Aspekt bringen verkehrsteilnehmende Personen und Fahrzeuge hinein, aber auch temporäre Hindernisse wie Baustellen, Gerüste, Sperrmüll sowie auf die Fahrbahn rollende Bälle, die Straße kreuzende Tiere, Verschüttungen, große Pfützen oder Ähnliches. Die Aufzählung macht deutlich, dass die Diversität an dynamischen Objekten sehr groß ist.

Sonderfahrstreifen für av-Fahrzeuge helfen zwar auf einem Streckenabschnitt die Komplexität der Fahrumgebung zu reduzieren, jedoch handelt es sich in der Regel nur um den Ausschluss von Mischverkehr auf einem begrenzten Streckenabschnitt.

Stabilität der Einsatzumgebung

Umweltbedingungen, Verkehrsverhältnisse und verkehrlich wirkende Ereignisse haben Einfluss auf den Fahrbetrieb.

- Die av-Fahrzeuge müssen mit unterschiedlichen Umweltbedingungen wie Lichtverhältnissen (Blendung), Luft- und Oberflächentemperaturen sowie wetterbedingten Straßenverhältnissen

durch Niederschlag, Vereisung oder Windböen zurechtkommen.

- Die Fahrzeuge müssen auch unterschiedliche Verkehrsdichten bewältigen können.

Darüber hinaus können temporäre Ereignisse wie Unfälle, Rettungseinsätze, Baustellen, aber auch Straßenfeste und Demonstrationen zu temporären Sperrungen führen und den Betriebsablauf verlangsamen oder auch stoppen.

Zustand der Straßeninfrastruktur

Weitere relevante Größen für einen sicheren Fahrbetrieb sind der Zustand von Fahrbahnoberflächen (siehe Kapitel 5.2.2.1 Straßeninfrastruktur), Navigationshilfen und Verkehrsleiteinrichtungen. Ein digitales Betriebs- und Erhaltungsmanagement kann dabei die Effizienz und Effektivität von Inspektion, Wartung und Instandsetzung erhöhen sowie einen definierten Zustand der Straßeninfrastruktur sicherstellen.

Die Fahrbahnbeschaffenheit beeinflusst die Sicherstellung des Fahrbetriebs. Von Vorteil sind glatte, nicht reflektierende Fahrbahnoberflächen. Sie haben den Vorteil, dass sich weniger Pfützen bilden, die möglicherweise das Fahrzeug bei jetzigem Entwicklungsstand zum Halten zwingen. Auch eine gewölbte Fahrbahn oder Schlaglöcher könnten von av-Fahrzeugen als Hindernis erkannt werden und das Fahrzeug unvermittelt zum Stehen bringen. Während des Einlernprozesses der Fahrzeuge können solche unbekanntem Herausforderungen für den Betriebsbereich angelernt werden.

Des Weiteren müssen die topografischen Streckeneigenschaften wie Gefälle und Steigungen

48) vgl. Koopmann, Fratik 2019; Soteropoulos 2021; Beckmann 2020; MERGE Greenwich 2018; Heinrichs 2017; HubChain 2021

sowie Krümmung und Schräglage bei der Routenplanung berücksichtigt werden. Neigungs- und Steigungswinkel müssen, ebenso wie Schräglagen oder auch Krümmungen, vom Fahrzeug eingelernt werden. Wird die Software vom Hersteller nicht auf solche Szenarien trainiert, erkennt ein automatisiertes, vernetztes Fahrzeug die Krümmung der Fahrbahn nicht und reagiert ähnlich wie bei einem Hindernis mit Umfahren des Hindernisses oder einem Nothalt.

Fahrbahnmarkierungen helfen den Fahrzeugen bei der Lokalisierung. Abgenutzte oder fehlende Fahrbahnmarkierungen sind daher eine Herausforderung für fahrerlose Fahrzeuge (siehe Kapitel 5.2.2 Physische Infrastruktur). Fahrbahnmarkierungen sind Verschleißprodukte und sind deshalb kontinuierlich auf ihre lichttechnischen Eigenschaften – insbesondere bei Nässe – zu überprüfen. Von der Vollflächigkeit einer Markierung kann ausdrücklich nicht auf eine ausreichende Erkennbarkeit geschlossen werden.

Gute Sichtverhältnisse für Kameras und Sensorik sind nicht nur hinsichtlich der Fahrbahnmarkierungen notwendig, sondern auch in Hinblick auf die Lichtsignalanlagen und Verkehrszeichen. Daher ist ein regelmäßiger Grünschnitt der seitlichen Bepflanzung und ein Reinigungs- und Winterdienst, welcher Fahrbahnen von Müll, Laub und Schnee freihält, für eine vollautomatisierte Fahrt dringend erforderlich. Methoden, mit denen zuverlässig festgestellt werden kann, ob die Straßenbeleuchtung ausgefallen oder Verkehrszeichen nicht mehr erkennbar sind, können im großen Maß zur Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems beitragen.

Digitale Straßenausstattung kann av-Fahrzeuge unter anderem unabhängig der Sichtverhältnisse mit wertvollen Informationen über ihr Umfeld

versorgen, um die Verkehrssicherheit insbesondere auch bei höheren Geschwindigkeiten zu gewährleisten und einen akzeptablen Verkehrsfluss zu ermöglichen (siehe Kapitel 5.2.3 Digitale Infrastruktur). Digitale Straßenausstattung greift in der Regel auf infrastrukturseitig verbaute Hardware wie Kameras und Sensorik zurück. Wie Markierung, Beschilderung usw. erfordern auch diese Komponenten zuverlässige Verwaltungsstrukturen, um den Zustand der Systeme ständig einschätzen zu können und Instandhaltungsmaßnahmen wie Inspektion, Wartung, Reparatur etc. durchzuführen.

Anzahl der Baulastträger, Straßenverkehrsbehörden und Verkehrsverbände

Der Baulastträger ist für Planung, Bau, Betrieb und Unterhaltung einer öffentlichen Straße zuständig. Soll das av-Fahrzeug innerhalb der Strecke beziehungsweise innerhalb des Betriebsbereichs öffentliche Straßen verschiedener Baulastträger befahren, können die Abstimmungsvorgänge und die Einhaltung der möglicherweise unterschiedlichen Anforderungen an den Fahrzeugeinsatz deutlich komplexer werden. Eine Harmonisierung möglicher Vorgaben durch die verschiedenen Behörden, zum Beispiel durch abgestimmte Standards, sind grundsätzlich von Vorteil.

Auch wenn unterschiedliche Straßenverkehrsbehörden oder Verkehrsverbände für den Betriebsbereich zuständig sind, können aufwendigere Abstimmungsprozesse notwendig sein, damit Einsatzbedingungen harmonisiert werden (z. B. eine Angleichung von Geschwindigkeiten).

Beispiele zur Auswahl des Betriebsbereichs

Im Rahmen des Testbetriebs des Projektes NAF-BUS wurden für die Streckenauswahl zunächst Analysen zur potenziellen Nachfrage im Projektgebiet durchgeführt und mit den lokalen Mobilitätsbetreibern abgestimmt. Auf dieser Basis wurden Streckenbegehungen zur Feststellung des infrastrukturellen Handlungsbedarfs (Beschilderung, Parkflächen, Markierungen) durchgeführt und mit Straßenverkehrsbehörde, Ordnungsamt, Bürgermeisteramt und Polizei abgestimmt. Die verschiedenen Streckenvarianten wurden anhand von Kriterien bewertet, die gemeinsam mit den lokalen Beteiligten erarbeitet wurden. Vorab für den Einsatz identifizierte Risikokriterien wurden beschrieben, bewertet und mögliche Maßnahmen zur Risikovermeidung aufgezeigt. Die Analyseergebnisse erhielten die Fahrzeughersteller, die ihrerseits detaillierte Streckenanalysen vornahmten und Handlungsbedarfe bezüglich der Infrastruktur ableiteten. Folgende Auswahlkriterien waren entscheidend.⁴⁹⁾

- Fahrspurbreite, Fahrbahnbelag und -zustand, Fahrbahnmarkierungen und -begrenzungen und Haltestellen
- Lichtsignalanlagen, Parken und Halten im Straßenraum, Einbahnstraßen, Linksabbiegen, Vorfahrtsregelungen, mehrspurige Straße, Verkehrsaufkommen, Straßenkategorie (Baulastträger), Wendepunkte
- Polleranlagen und Schranken, Bahnübergänge, Fußgängerüberwege, Radwegführung, Tunnel und Unterführungen

- Neigungen, Vegetation, Geschwindigkeiten

- Lokalisierungselemente, Mischverkehrsflächen ohne/mit wenig Bebauung, Sichtbarkeit anderer Verkehrsteilnehmenden sowie GSM-Qualität (Mobilfunkstandard Global System for Mobile Communication), LTE-Qualität (Mobilfunkstandard Long Term Evolution), GNSS-Qualität (globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung), Satellitenanzahl

- Abstellort, Ladestationen (außerhalb des Abstellortes)

Mögliche Streckenführungen wurden auch beim Testbetrieb eines automatisierten Kleinbusses im Projekt TaBuLa vor dem eigentlichen Fahrzeugeinsatz geprüft. Verschiedene analysierte Strecken wurden aufgrund ihrer Komplexität als nicht realisierbar eingestuft. Beispielsweise bedurfte die ausgewählte Strecke einer Spurbreite inklusive Sicherheitszone von mindestens 2,7 m. Die vom Kleinbus zu fahrende Strecke wurde digital erfasst und eingelernt. Da in die Streckenführung hineinwachsende Vegetation das Lichtraumprofil verkleinert und vom eingesetzten Fahrzeug als Hindernis wahrgenommen wurde, musste ein regelmäßiger Grünschnitt vorgenommen werden. Auch die Fahrbahnmarkierung auf der Straße wurde während des Projekts mehrmals erneuert, sodass Orientierungslinien zur Verortung sichergestellt waren. Baumaßnahmen mussten beschildert und Beschädigungen der Fahrbahn repariert werden.⁵⁰⁾

49) vgl. NAF-BUS Projektkonsortium 2021, S. 34ff.

50) vgl. Gertz et al. 2021, S. 36, 54

5.2.2 Physische Infrastruktur

Die Anforderungen an die Betriebsbereiche lassen sich über ein abgestimmtes Zusammenspiel von fahrzeugseitiger Technologie und ortsfester physischer Infrastruktur erfüllen. Je mehr Funktionen die fahrzeugseitige Ausstattung übernimmt, desto geringer sind die Anforderungen an die physische Infrastruktur. Nachfolgend werden mögliche Anpassungen der physischen Infrastruktur beschrieben.

5.2.2.1 Straßeninfrastruktur

Kleinere Anpassungen an der Straßeninfrastruktur können eine schnellere Einführung von av-Fahrzeugen bewirken. Die Modifikationen können unterschiedliche Aspekte betreffen. Beispielsweise können durch Änderungen an der Infrastruktur sowie durch eine Ertüchtigung und Digitalisierung des Betriebs- und Erhaltungsmangement geeignete und zuverlässige Betriebsbereiche dort geschaffen werden, wo sie aus verkehrsbetrieblicher Sicht nützlich sind.

Verkehrszeichen

Da die Umgebungserfassung der av-Fahrzeuge sich zwar mit der menschlichen Wahrnehmung optischer Signale über das Auge vergleichen lässt, dabei aber weitaus weniger intuitiv und anpassungsfähig für neue Reize ist, muss eine gute Sichtbarkeit und Erkennbarkeit von Verkehrszeichen zu jedem Zeitpunkt gegeben sein. Der Begriff Verkehrszeichen umfasst hierbei Verkehrsschilder beziehungsweise die Abbildungen hierauf, Wechselverkehrszeichen, Fahrbahnmarkierungen und LSA. Diese sollten frei von Verdeckung, Beschmutzung oder Beschädigung sein. In den Verkehrsraum ragende Vegetation sollte daher regelmäßig zurückgeschnitten werden. Auch die Funktionsfähigkeit von Wechselverkehrszeichen und LSA muss gegeben sein.

Ist es nicht möglich, dies zu gewährleisten, sollten an kritischen Stellen zusätzlich Road-Side-Units ergänzt werden, welche Informationen wie Ampelphasen oder Beschilderungen direkt an das Fahrzeug kommunizieren.

Durch den Einsatz digitaler Karten können dem Fahrzeug außerdem Art, Standort und Status von Verkehrszeichen übermittelt werden. Diese würden, als Rückfallebene bei Ausfall eines Verkehrszeichens, beispielsweise Beschädigung oder Verdeckung, die Anforderungen an den Unterhaltungszustand von Verkehrszeichen verringern. Derzeit gibt es jedoch noch keine Entscheidung für die rechtlich relevante Frage, wie sich das Fahrzeug entscheiden soll, wenn die Informationen aus der digitalen Karte und die durch das Fahrzeug abgelesene Information von Verkehrszeichen nicht übereinstimmen.

Das Gesetz über Intelligente Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern (IVSG) regelt die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern. Unter dem Begriff der intelligenten Verkehrssysteme werden solche Systeme gefasst, bei denen Informations- und Kommunikationstechnologien im Straßenverkehr und an Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern eingesetzt werden. Im Kontext des avF werden u. a. die Bereitstellung EU-weiter Echtzeit-Verkehrsinformationsdienste sowie multimodaler Reiseinformationsdienste geregelt. Entsprechende technische Spezifikationen werden in sog. Delegierten Verordnungen der EU geregelt.

Fahrbahnen

Eine hohe Qualität der zu befahrenden Straße und der vorhandenen Fahrbahnmarkierungen ist zu gewährleisten. Hierzu zählt zum einen eine durchgängig sichtbare Fahrbahnmarkierung und

zum anderen eine Fahrbahn, die weitgehend frei von Laub oder ähnlichen Verunreinigungen und Schlaglöchern ist. Av-Fahrzeuge reagieren zum aktuellen Zeitpunkt auf Schlaglöcher beispielsweise mit einer Umfahrung aus Sicherheitsgründen oder bleiben im Zweifelsfall auch stehen, wenn Schlaglöcher nicht als solche erkannt werden. Eine Markierung auf der Fahrbahn erleichtert es den av-Fahrzeugen ihren eigenen Standort auf der Fahrbahn zu lokalisieren. Für die Lokalisierung ist auch eine adäquate Beleuchtung des Verkehrsraums wichtig, damit die Kamerasensoren auch bei Dunkelheit einwandfrei funktionieren. Gerade bei der Beleuchtung sind die notwendigen Voraussetzungen mit dem Hersteller abzusprechen.

5.2.2.2 Zu- und Ausstiegspunkte sowie Wartebereiche

Das avF fordert grundsätzlich keine Neuanlage oder veränderte Planung von Zu- und Ausstiegspunkten. Da resultierend aus dem avF ein Wachstum an Bedarfsverkehre im Flächenbetrieb angenommen werden kann, ergeben sich veränderte Bedingungen für die Zu- und Ausstiegspunkte sowie Wartebereiche der av-Fahrzeuge.

Das zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass der Ein- und Ausstieg nicht mehr an Haltestellen gebunden ist. Zu- und Ausstiegspunkt können nun auch vorab festgelegte, aber nicht sichtbar gekennzeichnete „virtuelle“ Haltestellen sein, die bedarfsabhängig bedient werden. Hinzu kommt, dass sowohl im gebündelten Bedarfs- als auch im Linien(bedarfs)verkehr eingesetzte av-Fahrzeuge Wartebereiche benötigen, in denen die Fahrzeuge im Zeitraum zwischen zwei Beförderungsleistungen abgestellt werden

können. Abgesehen von einer sich verändernden Standortdynamik an Zu- und Ausstiegspunkten sowie Wartebereichen unterliegen die Linienbedarfsverkehre ebenso wie die Linienverkehre des ÖPNV den Vorgaben §§42, 44 PBefG. Diese beinhalten die Berücksichtigung von Menschen mit Einschränkungen. Seit Januar 2022 ist eine vollständige Barrierefreiheit sicherzustellen, das heißt Haltestellen müssen barrierefrei auffindbar und zugänglich sein. Die Haltestelle und das öffentliche Verkehrsmittel müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass eine barrierefreie Nutzung möglich ist. Bisher ist unklar, ob Haltestellen im Linienbedarfsverkehr durch Fahrgäste oder Aufgabenträger definiert werden. Auch besteht Ungewissheit darüber, ob die Barrierefreiheit allein über die eingesetzten Fahrzeuge hergestellt und gesichert werden kann. Erwerbswirtschaftliche Verkehre wie gebündelte Bedarfsverkehre, Mietwagen außerhalb des ÖPNV unterliegen dieser Verpflichtung nicht (gemäß §§ 47, 49 und 50 PBefG).

Die Abbildung 9 enthält eine Übersicht über die Varianten an Zu- und Ausstiegspunkten und Wartebereichen von av-Fahrzeugen, welche im Folgenden näher beschrieben werden.

Gekennzeichnete Zu- und Ausstiegspunkte

Die Planung und Ausweisung gekennzeichnete Zu- und Ausstiegspunkte hat mehrere Vorteile. Die ÖPNV-Aufgabenträger können mit der Ausweisung fixer Haltestellen die gesetzlichen Vorgaben nach StVG, PBefG, StVO und der Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr (BOKraft) einplanen beziehungsweise erfüllen.⁵¹⁾ Beispielfhaft kann hier

51) Dabei sind ebenfalls gesetzliche und weitere Rahmenbedingungen zu beachten wie zum Beispiel das Behindertengleichstellungsgesetz oder die Richtlinie für die Anlage von Straßen (RAS). Die gesetzliche Mindestausstattung einer Haltestelle wird im § 40 PBefG und § 45 Abs. 3 StVO für Bus- und Straßenbahnhaltestellen zusammen festgelegt. Zusätzlich sind die erforderlichen Mindestausstattungen der Bushaltestellen im § 32 BOKraft geregelt. Des Weiteren sind bei einer Neugestaltung diverse Richtlinien und Normen für das barrierefreie Bauen zu berücksichtigen (siehe <https://www.nahverkehr-info.de/haltestelle.php>).



Abbildung 8: Sechsen-Ebenen-Modell nach PEGASUS sowie Beispiele zu den Ebenen

eine ausreichende Dimensionierung von Fußwegen für das Erreichen von Haltestellen für Fahrgastströme, Rollstuhlfahrende und Personen mit Reisegepäck, das grundsätzliche Vermeiden von Höhenunterschieden an Haltestellen oder die Gewährleistung der Sicherheit gegenüber den anderen Verkehrsteilnehmenden genannt werden. Die Einhaltung von Beschilderungen und Bauvorschriften sollte ohne größeren Aufwand möglich sein.

Ob die Haltestellen durch konventionelle oder av-Fahrzeuge angefahren werden, macht dabei keinen Unterschied. Erhöht sich aber durch die Automatisierung die Anzahl der Fahrzeuge, die zusätzlich zu bestehenden Fahrzeugen und Fahrten die Haltestellen anfahren, so ist möglicherweise eine Anpassung der Infrastruktur vonnöten. Dort, wo neben der bisherigen Bedienung weitere Mobilitätsangebote mit av-Fahrzeugen hinzukommen, kann durch eine Haltestellenverlängerung oder -erweiterung zusätzliche Kapazität geschaffen werden. Eine weitere Variante ist die Schaffung neuer Haltestellen, gegebenenfalls auch exklusiv für autonome Pkw, Klein- und Standardbusse. Damit werden bestehende Hal-

testellen nicht überlastet und der zusätzliche Bedarf kann dennoch erfüllt werden. Im Falle exklusiver Haltestellen können die Anforderungen zur Barrierefreiheit auch durch entsprechende Maßnahmen am Fahrzeug erfüllt werden, was den Neubau oder die Neuausweisung fester Haltestellen vereinfacht.

Öffentliche Verknüpfungspunkte (Hubs)

Bahnhöfe oder auch dezentrale Mobilitätshubs dienen dazu, eine nahtlose Verknüpfung von Verkehrsmitteln zu erzielen, um so Multi- und Intermodalität als Alternative zum MIV zu etablieren. Wichtig für eine unkomplizierte intermodale Verkehrsmittelnutzung sind die Erleichterung von Umsteigesituationen und flexibel nutzbare Flächen für bedarfsgerechte Übergabepunkte. Während Stoßzeiten kann an intermodalen Verknüpfungspunkten zwischen dem Bedarfsverkehr im Flächenbetrieb und dem liniengebundenen ÖV ein hohes Fahrzeugaufkommen auftreten, insbesondere wenn Kleinbusflotten als Zubringer zum Bahnhof oder Omnibusbahnhof dienen. Bauliche und organisatorische Vorkehrungen für die Nutzenden können ein schnelles,

sicheres Umsteigen und gleichzeitig für den Flottenbetreiber einen reibungslosen Betriebsablauf ermöglichen.⁵²⁾

Zu- und Ausstiegspunkten an Verkehrsknotenpunkten muss ausreichend Platz bereitgestellt werden, um einen nahtlosen Austausch zwischen den Verkehrsträgern zu ermöglichen. Daher sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Leichte und barrierefreie Erreichbarkeit wichtiger Zielorte an den Haltestellen, stets unter Berücksichtigung der Wegeketten.
- Direkte, umwegfreie und kurze Umsteigewege, möglichst ohne Querungen von ÖPNV- und MIV-Fahrbahnen entlang der Umsteigewege.
- Zusammenführung der zu verknüpfenden Verkehrsmittel in den Hauptlastrichtungen am selben Bahnsteig beziehungsweise direkt gegenüber oder wo immer möglich.

An Bahnhöfen sind üblicherweise Parkplätze sowie Bring- und Abholbereiche von Fahrgästen erforderlich. Gerade im städtischen Raum sind die Flächen für das Parken und Warten oft eingeschränkt. Diese Nutzungen konkurrieren teils mit dem Platz für Bus- und Taxiverkehre. Durch die Einführung von Bedarfsverkehren mit av-Fahrzeugen kann es zu einer Verstärkung dieser Probleme kommen. Werden Stellplätze in Haltepunkte für Ein- und Ausstiege umgewandelt, entgehen den Besitzern möglicherweise Einnahmen in Form von Parkgebühren.

Haltestellen auf der Straße

Es kann von Vorteil sein, dedizierte Abgabe- und Abholbuchten am Straßenrand zu schaffen, anstatt sich nur auf das Anhalten am Bordstein

zu verlassen. Spezielle Buchten könnten dazu beitragen, die Störung des Verkehrsflusses zu minimieren. Sie sollten so angeordnet werden, dass die Auswirkungen auf Zufußgehende und Radfahrende minimiert werden. Es ist möglich, dass eine von der Politik unterstützte Priorisierung der Zu- und Ausstiegsorte für Bedarfsverkehre mit festgelegten Haltestellen bei der zukünftigen Straßengestaltung mit einer Reduzierung der Bereitstellung von Parkplätzen am Straßenrand ausgeglichen wird. Sollen im Rahmen eines Projekts für av-Fahrzeuge Haltepunkte bestimmt werden, so ist es von Vorteil, wenn Haltestellen nicht an stark befahrenen Straßen liegen. Die av-Fahrzeuge benötigen ausreichend große Lücken zwischen anderen Fahrzeugen im Straßenverkehr, um sich beim Abfahren von der Haltestelle im Verkehr einordnen zu können. Dies ist an stark befahrenen Straßen nur in Rotlichtphasen möglich.⁵³⁾

Haltestellen an relevanten Zielen

Einzelhandels-, Gewerbestandorte, aber auch bspw. Standorte von Freizeit- und Bildungseinrichtungen sowie Krankenhäuser weisen ein hohes Maß an Besuchenden- und Beschäftigtenaufkommen aus. Dies führt in der Regel zu einer großen Anzahl an Kraftfahrzeugen und Stellplätzen. Die Bereitstellung von Parkplätzen ist neben der Anbindung an den ÖV ein wesentlicher Bestandteil der Planungen und wird meist durch Anforderungen an die Mindest- oder Höchstausstattung sowie an die Leistungsfähigkeit der Straßeninfrastruktur inklusive der Zufahrten zu den Parkplätzen geregelt. Bei der künftigen Planung von ÖV-Angeboten an diesen Standorten können zusätzlich geeignete Bring- und Abholorte für Bedarfsverkehre mit av-Fahrzeugen ausgewiesen werden. Bestenfalls können diese Standorte dort entstehen, wo heute Parkplätze für Privatfahrzeuge untergebracht sind.

52) vgl. Luchmann et al. 2019a, S. 32

53) vgl. camo.nrw 2021, S. 47

Flexible Zu- und Ausstiegspunkte

Bedarfsorientierte Zu- und Ausstiege, sei es im Rahmen von Linienbedarfsverkehren, aber auch außerhalb des ÖPNV verkehrenden gebündelten Bedarfs- und fahrerlosen Mietwagen- beziehungsweise Taxiverkehren, können an sogenannten virtuellen Haltepunkten oder an individuell erwünschten Start- und Zielorten des Fahrgastes stattfinden. Der Berücksichtigung solcher Haltepunkte wird mit Zunahme von Bedarfsverkehren eine wachsende Bedeutung zukommen.

Virtuelle Haltepunkte sind nicht durch einen Unterstand, ein Schild, eine Sitzbank oder Ähnliches im Straßenraum ausgewiesen, sondern werden in einer App oder Website angezeigt. Auf Beleuchtung und Videoüberwachung wird verzichtet. Virtuelle Haltepunkte sollten dennoch möglichst nah an gewünschten Start- oder Zielorten potenzieller Passagiere gelegen sein, aus Effizienzgründen ist jedoch die Bedienung direkt an der Haustür nicht unbedingt sinnvoll, z. B. wenn es sich um Sackgassen o. Ä. handelt. So könnten zum Beispiel alle Straßenkreuzungen als virtuelle Haltepunkte aufgenommen werden.⁵⁴⁾ Im Gegensatz zu haltestellengebundenen ÖPNV-Linienverkehren werden die Fahrgäste beim Warten auf Komfort verzichten müssen.

Auf den Aspekt der Barrierefreiheit sollte bei der Planung beziehungsweise Auswahl von virtuellen Haltepunkten ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Hier muss der barrierefreie Ein- und Ausstieg allein über ein barrierefreies Fahrzeug realisiert werden. Im Kapitel 5.1.2 Barrierefreie und sichere Fahrzeuge werden die Besonderheiten der av-Fahrzeuge zu diesem Thema erläutert. Av-Fahrzeuge können für beeinträchtigte Menschen eine große Chance zu mehr eigenständiger

Mobilität sein. Virtuelle Haltestellen sollten dazu in sehr kurzen Wegen fußläufig erreichbar sein.

Eine wachsende Anzahl an Fahrten im Bedarfsverkehr trägt möglicherweise zu einer Verschiebung der bestehenden Raumzuweisung bei. An bislang hochfrequentierten, fixen ÖV-Haltestellen kann es durch die zunehmende Bedienung individueller Fahrtwünsche zu einem Bedeutungsverlust kommen, dort angesiedelte Einzelhandelseinrichtungen und Dienstleister werden möglicherweise einen Einnahmerückgang spüren und daraus ihre Konsequenzen ziehen.

Wartebereiche für Fahrzeuge

Im Gegensatz zum konventionellen, fahrplan gebundenen Linienverkehr sind Fahrzeuge im Bedarfsverkehr weniger kontinuierlich im Einsatz. Es kann zu einer Übernachfrage kommen, aber auch zu Wartezeiten zwischen den Einsätzen. Im Bediengebiet werden somit Stellplätze zur Überbrückung der Wartezeit bis zum nächsten Fahrzeugeinsatz benötigt, denn zusätzliche Fahrten zu entfernt gelegenen Betriebshöfen oder gar Leerfahrten erhöhen die Fahrleistungen und sind daher nicht wünschenswert.

In Stadtquartieren mit hohem Parkdruck kann dies jedoch zu Flächenkonkurrenzen führen. In stadträumlich sensiblen Bereichen kann das Warten auf den nächsten Einsatz zu unerwünschten Beeinträchtigungen des Stadtbildes führen. In verdichteten Stadtquartieren, in denen zumindest phasenweise mit Warte- beziehungsweise Standzeiten der av-Fahrzeuge zu rechnen ist, sind Festlegungen zu Betriebsform, Fahrzeug- und Flottengröße auch unter dem betrieblichen Aspekt der Fahrzeugwartezeit und den stadträumlichen und verkehrlichen Auswirkungen dieser zu treffen. Gegebenenfalls sind öffentlich

54) Beispiele finden sich bei heutigen Beförderungsleistungen von MOIA und in Agora Verkehrswende 2023, S. 14.

ausgewiesene Stellplätze ähnlich heutiger Taxibuchten oder zusätzliche kleinere Betriebsstützpunkte im Bediengebiet zu errichten.

Für eine mittel- und langfristige Steuerungsoption von avF sollten schon in der Planung von Neubaugebieten, aber auch für Bestandsgebiete Stellplätze für av-Fahrzeuge im Bedarfsverkehr berücksichtigt werden. Hierbei kann beachtet werden, dass die Stellplätze für av-Fahrzeuge nicht direkt am Ankunftsort liegen müssen. Diese Stellplätze sollten möglichst an gängigen Routen beziehungsweise an nachfrageintensiven Standorten lokalisiert werden, sodass Leerfahrten nach Möglichkeit vermieden werden.

Bei einer absehbar ausreichend großen Betriebspause, zum Beispiel nachts, werden aller Voraussicht nach die av-Fahrzeuge im Depot abgestellt. Im Depot können die üblicherweise anfallenden Instandhaltungsarbeiten, wie zum Beispiel Reinigung oder kleinere Wartungen der Fahrzeuge, inklusive des Ladens der Fahrzeugbatterie, erledigt werden. Hierbei können die Vorteile des avF genutzt werden und die Aufgaben im Betriebs- hof vom Fahrzeug weitestgehend selbstständig ablaufen.

Die Planung von Wartebereichen sollte auch die Ladungsmöglichkeiten der rein-elektrisch betriebenen, autonomen Fahrzeuge berücksichtigen.

5.2.3 Digitale Infrastruktur

Wie die Entwicklungen und Pilotprojekte der letzten Jahre demonstrieren, stellt der sichere und gleichzeitig aus verkehrlicher Sicht effiziente Betrieb von av-Fahrzeugen im Mischverkehr eine große Herausforderung dar. Komplexe Verkehrssituationen und die Interaktion mit einer Vielzahl parallel fahrender und kreuzender Ver-

kehrsteilnehmenden erlauben zum aktuellen Stand lediglich sehr geringe Geschwindigkeiten. Dies wirkt sich sowohl negativ auf den Verkehrsfluss als auch auf die gesellschaftliche Akzeptanz aus. Die Fahrzeugvernetzung erlaubt es, die individuellen Fähigkeiten einzelner Fahrzeuge, so auch der Fahrgeschwindigkeit, durch den gezielten Austausch von Daten und Informationen aus der Umgebung zu erweitern. Daher ist es von Vorteil, den infrastrukturseitigen, digitalen Ausbau voranzutreiben und so Möglichkeiten zu verbessern, die Potenziale des avF zukünftig vollständig auszuschöpfen.

5.2.3.1 Gestaltungsmöglichkeiten einer digitalen Systemarchitektur

Neben der Nutzung von V2X-Kommunikation (siehe Kapitel 5.1.1.3 Fahrzeugvernetzung) für sicherheitssteigernde Anwendungen wie die kooperative Perzeption (gemeinsame Wahrnehmung) ist es sinnvoll, vernetzte Verkehrsteilnehmende und Infrastruktur in das kommunale Verkehrsmanagement einzubinden. Nur auf diesem Weg ist eine Ausschöpfung betrieblicher, sozialer und ökologischer Potenziale des avF möglich. Die Einführung kooperativer und intelligenter Transportsysteme (Cooperative Intelligent Transport Systems, abgekürzt C-ITS) ist daher von großer Bedeutung.

Unabhängig von der genauen Ausgestaltung unterschiedlicher Dienste ist es erforderlich, die kommunale digitale Infrastruktur zu erweitern. Bezüglich der Einrichtung von C-ITS Mobilitätssystemen existieren zwei Leitfäden, welche Kommunen einen Überblick über mögliche Systemarchitekturen, notwendige Komponenten und standardisierte Schnittstellen bieten:

- Leitfaden für die Einrichtung kooperativer Systeme auf öffentlicher Seite ⁵⁵⁾

55) vgl. Gath et al. 2016

- Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Mobilitätssysteme ⁵⁶⁾

Je nach Anwendungsfall, dem geplanten Einsatz der av-Fahrzeuge und der Größe der Kommune sollten Sie daher klären, welche Komponenten tatsächlich im Mobilitätssystem ergänzt werden müssen.

Um bestimmte Vernetzungspotenziale nutzen zu können, ist es erforderlich, die Kommunikation und den Austausch von Informationen zwischen unterschiedlichen Komponenten der digitalen Infrastruktur zu ermöglichen. Es gilt zu beachten, dass zum aktuellen Zeitpunkt keine allgemeingültige oder standardisierte Lösung entwickelt wurde, die auf jegliche kommunalen Rahmenbedingungen anwendbar ist. Daher ist eine umfangreiche und intensive Abstimmung zwischen politischen und nicht politischen Entscheidungsträgern sowie weiteren Stakeholdern unbedingt notwendig.

5.2.3.2 Digitale Karten

Digitales Kartenmaterial wird bereits seit vielen Jahren beispielsweise in Navigationssystemen zur Unterstützung von Fahrerinnen und Fahrern verwendet.

Im Rahmen der Standardisierung intelligenter Transportsysteme wurden hierzu wesentliche Funktionalitäten und Eigenschaften lokaler, digitaler Karten, auch als Local Dynamic Map, kurz LDM, bezeichnet, vom Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) definiert und in einem vierschichtigen Modell zusammengefasst. ⁵⁷⁾

5.2.3.3 Informations-, Buchungs- und Bezahlungssysteme

Die Bedürfnisse der Menschen wandeln sich zu einer vermehrt flexiblen und individuellen Mobilität. Dafür müssen die verschiedenen Verkehrsmittel für die Wegekette aller Nutzenden optimal miteinander verknüpft sein. Anbieter- und verkehrsmittelübergreifende digitale Plattformen und Apps ermöglichen Reiseauskünfte in Echtzeit. Gleichzeitig sollte eine einfache Bedienung garantiert sein. Wenn die Nutzenden nach einmaliger Registrierung im System angemeldet sind, können auch Buchung und Bezahlung über das System erfolgen. Individuelle Filtermöglichkeiten nach persönlichen Präferenzen oder Umständen, wie ein klimaschonendes Routing, langsame Gehgeschwindigkeit beim Umstieg oder ein hinterlegtes Abonnement eines Deutschlandtickets werden berücksichtigt. Informations-, Buchungs- und Bezahlungssysteme erhöhen für nutzende Personen die Attraktivität von ÖV-Angeboten, auch von zukünftigen avF-Services und fördern multimodales Mobilitätsverhalten. ⁵⁸⁾

5.2.3.4 Betriebsleitzentrale

Die Kernaufgabe der Leitzentrale besteht aus dem Flottenmanagement sowie der Kommunikation mit den Fahrgästen in den fahrerlosen av-Fahrzeugen. Die Leitzentrale erhält durch den avF-Betrieb eine noch größere Bedeutung in der Betriebsorganisation, als sie schon heute besitzt. Die mit einem intelligenten Flottenmanagement verbundenen Aufgaben werden nur über entsprechende Softwarelösungen für die automatisierte Betriebssteuerung und qualifizierte Mitarbeitende leistbar sein. Die laufende Betriebssteuerung und -überwachung umfasst

56) vgl. Neuner et al. 2020

57) vgl. ETSI 2011

58) vgl. Oehme et al. 2024, S. 9

sowohl die tägliche Fahrzeug- und Personaldisposition als auch die Reaktion auf kurzfristige Störungen. Die Überwachung und Steuerung des avF-Betriebs kann über anbieterspezifische oder kommunale Leitwarten erfolgen. Häufig werden mehrere Verkehrsanbieter über eine gemeinsame Betriebsleitzentrale gesteuert und überwacht. Dadurch ergeben sich nicht allein Kostenvorteile, sondern auch die Möglichkeit zu betriebsübergreifender Anschlusssicherheit, Fahrgastinformation und Visualisierung.

Die Leitstellen nutzen heutzutage rechnergestützte Betriebsleitsysteme, wie das sogenannte Intermodal Transport Control System (ITCS). Diese Systeme steuern die Information und Kommunikation zwischen Fahrzeug und Leitstelle, die Fahrgastinformation in den Verkehrsmitteln und an Haltestellen, aber auch den rechnergestützten Fahrbetrieb. Kommen neben klassischen Linienverkehren mit statischem Fahrplan auch Bedarfsverkehre mit algorithmischer Steuerung unter Einsatz von Routenoptimierung hinzu, mitunter auch die digitale Verwaltung von freien Parkplätzen, Wartebereichen oder sogar Bepreisungssystemen, so wird ersichtlich, dass der Betriebssteuerung und -überwachung eine gänzlich andere Bedeutung zukommt als dies bereits heute der Fall ist. Digitale Mobilitätsdaten als Basis von kurzfristigen Prognosen der Verkehrsnachfrage helfen bei der Betriebssteuerung.

Die für den avF-Betrieb erforderliche Technische Aufsicht wird diese voraussichtlich aus der Leitstelle heraus agieren. Nach StVG übernimmt die Technische Aufsicht nicht die vollständige Kontrolle und hat auch nicht die Pflicht, das Fahrzeug permanent zu überwachen, muss aber bei Aufforderung des Fahrzeuges mit diesem interagieren. Ermöglicht wird damit, dass sich die mit der Aufgabe betraute Person mehrere Fahrzeuge betreuen kann. Konkrete normative Vor-

gaben bezüglich des Betreuungsschlüssels, wie viele av-Fahrzeuge von einer Technischen Aufsicht parallel betreut werden dürfen, gibt es nicht. Eine normative Festlegung wäre auch deshalb kaum sinnvoll, da sich nicht pauschal sagen lässt, wie oft der Einsatz der Technischen Aufsicht zur Manöverfreigabe oder Deaktivierung der autonomen Fahrfunktion innerhalb des jeweiligen Betriebsbereichs statistisch zu erwarten ist, sondern sich diese Werte je nach Betriebsbereich unterscheiden werden. Bei der Festlegung des Betreuungsschlüssels ist zu beachten, dass die Technische Aufsicht ein Fahrmanöver freigeben können muss, sobald ihr durch das av-Fahrzeug ein entsprechender Bedarf angezeigt wird. Es ist also mindestens ein Betreuungsschlüssel zu wählen, der den statistischen Bedarf innerhalb des jeweiligen Betriebsbereichs deckt. Konkrete normative Vorgaben zum Arbeitsplatz der Technischen Aufsicht gibt es nicht. Der Gesetzgeber beschränkt sich darauf, funktionale Vorgaben zu machen und beschreibt, was möglich sein muss, ohne jedoch vorzugeben, wie diese Vorgaben erreicht werden. Die durch das Fahrzeugsystem bereitgestellten Daten müssen der Technischen Aufsicht gemäß § 1f Abs. 2 Nr. 1 StVG die „Beurteilung der Situation“ ermöglichen.

Sofern die Hersteller bei der Arbeitsplatzgestaltung noch Gestaltungsspielraum für die künftigen Halter lassen, sollten Sie sich als Halter daher Gedanken dazu machen, was für die „Beurteilung der Situation“ erforderlich ist. Relevant sind dabei etwa die Größe und Auflösung der Bildschirme, auf denen die Technische Aufsicht das Umfeld des av-Fahrzeuges einsehen kann, zum Beispiel in welcher Entfernung das Nummernschild eines anderen Fahrzeuges noch lesbar sein soll oder die Latenz bei der Bildübertragung. Auch Sicherheitsaspekte sind zu beachten, so sollte der Arbeitsplatz frei von Störungen Dritter und nur für entsprechend qualifiziertes Personal zugänglich sein. Ob das gewählte Umset-

zungskonzept die Anforderungen erfüllt, obliegt der Beurteilung durch Sachverständige und der Zustimmung der Genehmigungsbehörde.

Für eine effiziente Steuerung der eingesetzten Flotte können zukünftig in Betriebsleitzentralen auch Daten aus den Fahrzeugen des ÖV, der digitalen Straßeninfrastruktur und weitere Smart City Datenquellen verbunden werden. So werden Fahrgastinformationen, das Ticketing, die Buchung und die Fahrpläne mit der Kommunikations- und Ladeinfrastruktur sowie verkehrlichen und meteorologischen Daten verknüpft. Diese Informationen gehen in professionelle Softwareanwendungen, beispielsweise eines Kontrollzentrums oder von Backoffices zum Ticketing und Flottenmanagement sowie zur Wartung und Reinigung der Fahrzeuge, ein. Eine solche Architektur zur Betriebssteuerung und -überwachung hilft beim Management verschiedener Fahrzeugtypen, unterschiedlicher Einsatzräume sowie dem Management unterschiedlicher Flottenbetreiber und Anbieter von IT-Systemen. Daten und eine entsprechende digitale Infrastruktur sind ebenso unerlässlich, um die Betriebssteuerung mit ihren folgenden wesentlichen Aufgaben störungsfrei durchführen zu können.⁵⁹⁾ Die Steuerung des Betriebs umfasst folgendes:

- Planung von Fahrten in Bezug auf die Fahrzeugverfügbarkeit (Dispatching)
- Identifizierung und dynamische Aktualisierung der optimalen Routen zwischen Standorten in Bezug auf aktuelle oder prognostizierte Verkehrsbedingungen, basierend auf gewünschten Abfahrts- oder Ankunftszeiten (Routing)
- Fahrtwunschbündelung von Reisenden, um die Fahrzeugauslastung und Flotteneffizienz zu

maximieren und gleichzeitig die Fahrzeugkapazität, Auslastung und Belegung zu verwalten (Pooling)

- Zuweisung und Planung von Fahrten unter verschiedenen Zeitbeschränkungen unter Berücksichtigung von Fahrzeugkapazitäten, Verspätungen und sonstigen Zwischenfällen (Matching)
- Erstellen konfliktfreier Fahrpläne inklusive Taktzeiten und Ladeintervalle (Takt-, Lade- und Fahrplanmanagement)
- Bestimmung optimaler Warte- oder Aufstellbereiche für Fahrzeuge zur Entgegennahme von Fahrtwünschen (Prä- und Dispositionierung)

Die beschriebenen Funktionalitäten setzen eine leistungsfähige digitale und Dateninfrastruktur voraus. Diese benötigt die Integration von IT-Netzwerken und Großdatenspeichern, aber auch Supporteinrichtungen sowie Authentifizierungs- und Zertifizierungsstellen. Die benötigten Daten müssen ohne Verzögerung, möglichst frei zur Verfügung stehen.⁶⁰⁾ Bis dahin ist der Weg jedoch noch weit. Vor allem zum Routing der av-Fahrzeuge sind Daten zur aktuellen und zukünftigen Verkehrslage im gesamten Verkehrsnetz erforderlich. Nur bei Kenntnis der aktuellen Auslastungssituation im Gesamtnetz und möglichst exakter diesbezüglicher Prognosen können Fahrzeiten für av-Fahrzeuge gut abgeschätzt und Routen optimal geplant werden. Ein optimales Routing wiederum hat großen Einfluss auf ein möglichst effizientes und genaues Dispatching, Pooling und Matching. Gleichzeitig liefern av-Fahrzeuge mittels ihrer Sensorik kontinuierlich Daten zur aktuellen Verkehrslage. Daher sollte die Betriebssteuerung der Fahrzeuge an ein übergeordnetes Verkehrsmanagement-

59) vgl. SPACE, UITP 2021

60) vgl. Lemmer 2019

system angebunden oder in dieses integriert werden. Damit kann sichergestellt werden, dass Daten von av-Fahrzeugen in das übergeordnete Verkehrsmanagement einfließen und eine netzweite Steuerung des Verkehrs möglichst präzise erfolgen kann. Gleichzeitig können so relevante Informationen aus dem Verkehrsmanagementsystem bei der Betriebssteuerung der av-Fahrzeuge berücksichtigt werden.

Praxisbeispiele für Betriebsleitzentralen, wie sie für das avF für die Technische Aufsicht nötig sind, werden derzeit als Demonstratoren in Forschungsvorhaben aufgebaut. Das Pilotprojekt Shuttle Modellregion Oberfranken – SMO erprobt in Teilen die Funktionen einer zukünftigen Leitwarte. Hier wird aktuell an der Umsetzung einer Leitstelle für die simultane Überwachung von av-Kleinbussen in den Kommunen Bad Streben, Hof und Kronach geforscht und Funktionen einer zukünftigen Leitstelle wie eine Fernsteuerung der av-Fahrzeuge und Kommunikationskanäle zwischen Leitwarte und av-Fahrzeug werden getestet.⁶¹⁾ In Zukunft kann auf mehr Erfahrung aus weiteren Forschungsprojekten wie beispielsweise ÖV-LeitmotiF-KI (Projektende voraussichtlich Juli 2024) zurückgegriffen werden. In diesem Projekt sollen die betrieblichen Prozesse im Regel- und Störbetrieb sowie eine Schnittstellenspezifikation zwischen Leitsystem und autonomem Fahrzeug definiert werden. Ziel ist es, av-Fahrzeuge an öffentliche Verkehrsleitsysteme anzubinden und hierbei einen VDV-Branchenstandard zu schaffen.⁶²⁾ Eine Standardisierung soll allen Herstellern von av-Fahrzeugen gleichermaßen ermöglichen, sich im ÖV integrieren zu können und somit einen offenen Marktzugang schaffen.

5.2.4 Datenkonzept

Daten sind für das avF zwingend notwendig. Für den Einsatz eines av-Fahrzeugs ist zu berücksichtigen, dass ein umfassendes Datenkonzept zu erstellen ist, welches unterschiedliche Teilaspekte der Daten berücksichtigt. Neben dem Bereitstellen von Daten an den nationalen Zugangspunkt, sind Sicherheitsanforderung bei der Datenverarbeitung zu erfüllen, zu Letzterem gehören auch die Regelung der DS-GVO, auf die im Rahmen dieses Handbuchs jedoch nicht näher eingegangen wird.

5.2.4.1 Datenmanagement

Aufgrund der großen Relevanz von Daten wurden auf europäischer Ebene einheitliche Regelungen zum Datenmanagement geschaffen. Ziel ist die Balance zwischen Datenschutz sowie ihrer Verfügbar- und Nutzbarkeit. Hierfür wurden Zugangsregelungen geschaffen, ebenfalls soll die Datenkonzentration durch spezifische Datenräume für konkrete Sektoren, zum Beispiel Verkehr, Energie und Gesundheit erreicht werden.

Um verkehrliche Daten nutzbar zu machen, gibt es auch auf deutscher Ebene verschiedene Ansätze. Zum einen gibt es inzwischen für bestimmte Anwendungsfälle gesetzliche Bereitstellungspflichten. Darüber hinaus werden privatwirtschaftlich organisierte Datenräume etabliert, in denen Unternehmen Daten (entgeltlich) zur Verfügung stellen.

Ein einheitliches Mobilitätsdatengesetz ist geplant, das die Verfügbarkeit von Mobilitätsdaten in ausreichend hoher Qualität für innovative Mobilitätsdienstleistungen sowie deren anwendungsfreundliche, effiziente und ressourcenschonende Ausgestaltung sicherstellen soll.

61) vgl. SMO 2023

62) vgl. VDV 2023

Bereits heute besteht für den Verkehrsbereich ein sogenannter „Nationaler Zugangspunkt“ für Mobilitätsdaten, die von der BASt betriebene „Mobilithek“. Über diesen nationalen Zugangspunkt müssen die Unternehmer und Vermittler im Sinne des PBefG ihre statischen, dynamischen und Metadaten zur Verfügung stellen (vgl. §§ 3a ff. PBefG).

Echtzeitdaten können Angebot und Nachfrage über verschiedene Verkehrsmittel ausgleichen und einen flexiblen Fahrzeugeinsatz und Routenplan steuern. Zur Realisierung dieser vielseitigen Anwendungsfälle sind unterschiedliche Voraussetzungen zu erfüllen. Die wesentlichen Grundlagen wurden bereits in dem vorherigen Kapitel 5.2.3.1 Gestaltungsmöglichkeiten einer digitalen Systemarchitektur mit der Einführung und Erläuterung von C-ITS beschrieben.

Für die Nutzung von Daten, die von Kommunen oder Verkehrsunternehmen nicht selbst erfasst, sondern von externen Anbietern bezogen werden, sind zusätzlich Schnittstellen zu Datenplattformen beziehungsweise Datenmarktplätzen notwendig, um das volle Potenzial der Daten auszuschöpfen.

In Betracht gezogen werden kann, über die Nutzung der Daten aus den Datenräumen hinaus, die Vermarktung der eigens erhobenen Daten durch den Mobilitätsanbieter oder die Kommune. Zu beachten ist in diesem Kontext zwingend die Einhaltung des Datenschutzes.

5.2.4.2 Gewährleistung von Datensicherheit und der Bereitstellung digitaler Zertifikate

Zur Durchführung des avF ist die Gewährleistung von Datensicherheit zwingend erforderlich. Diese ist vor der Implementierung der Fahrzeuge sicherzustellen.

Manipulationen durch Hacking im Rahmen des Einsatzes des avF im Straßenverkehr können weitreichende Folgen für die Sicherheit der Fahrgäste und anderer Verkehrsteilnehmender haben. Ziel muss daher die Wahrung der Vertraulichkeit der Daten und Integrität der Systeme sein.

Hinsichtlich der Akzeptanz von avF ist Vertrauen in die Integrität der Systeme erforderlich, dazu gehören Daten- wie auch Cybersicherheit. Das umfasst den Schutz von IT-Netzwerken und Computersystemen vor Diebstahl, den Schutz vor Beschädigung der Hard- und Software, vor Systemunterbrechungen sowie vor Missbrauch des angebotenen Dienstes.

Datensicherheit durch Stärkung der Sicherheit der Informationstechnik

Im Anhang I Teil 5 der AFGVB werden die vom Fahrzeughersteller zu erfüllenden Anforderungen an die Sicherheit im Bereich der Informationstechnologie beschrieben.

Darüber hinaus wurde, um einen einheitlichen Standard in der IT-Sicherheit zu schaffen, dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) die Befugnis eingeräumt, technische Vorgaben für die Sicherung der Informationstechnik zu schaffen. Dabei dient das BSI als zentrale Meldestelle für Sicherheitslücken sowie Angriffsmuster. Betreibern kritischer Infrastruktur obliegt eine Meldepflicht von Störungen beziehungsweise Sicherheitsvorfällen sowie die Einhaltung der vorgegebenen Standards.

Sollte die Anlage keine kritische Infrastruktur darstellen, da die erforderlichen Schwellenwerte unterschritten werden, so ist beim Einsatz des avF trotzdem ratsam, dass zur Gewährleistung der Sicherheit und zur Bürgerinnen- und Bürgerakzeptanz mindestens der BSI-Standard, das heißt der aktuelle Stand der Technik, eingehalten wird.

Unter die kritische Infrastruktur fallen auch Einrichtungen, Anlagen oder Teile davon, die dem Sektor Transport und Verkehr angehören und „von hoher Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwesens sind, weil durch ihren Ausfall oder ihre Beeinträchtigung erhebliche Versorgungsengpässe oder Gefährdungen für die öffentliche Sicherheit eintreten würden“ (§ 2 Abs. 10 S. 1 des Gesetzes über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSIG)).

Die aufgrund des § 10 Abs. 1 BSIG erlassene Verordnung zur Bestimmung kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-KritisV) stuft dabei nur ausgewählte Anlagen des Verkehrs als kritische Infrastruktur (Anhang 7 Teil 3 Spalte B) ein.

Im Bereich des Straßenverkehrs umfasst dies:

- Verkehrssteuerungs- und Leitsysteme der Bundesfernstraßen,
- Verkehrssteuerungs- und Leitsysteme im kommunalen Straßenverkehr ab einem Schwellenwert von 500.000 Einwohner in der Stadt und
- intelligente Mobilitätssysteme ab einem Schwellenwert von 500.000 angeschlossenen oder durchschnittlich in dem Versorgungsgebiet versorgter Nutzer.

Der kritischen Infrastruktur gehören im Bereich des ÖPNV, bei einer Fahrgastzahl ab 125.000.000 im Jahr an:

- Schienennetz und Stellwerke des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs und
- Leitzentralen des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs.

Für Anlagen der kritischen Infrastruktur gilt, dass „angemessene organisatorische und technische

Vorkehrungen zur Vermeidung von Störungen der Verfügbarkeit, Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit ihrer informationstechnischen Systeme, Komponenten oder Prozesse“ getroffen werden müssen, „die für die Funktionsfähigkeit der von ihnen betriebenen kritischen Infrastrukturen maßgeblich sind“ (§ 8a Abs. 1 BSIG). Dabei soll der Stand der Technik eingehalten werden.

Bereiche der kritischen Infrastruktur unterliegen folgenden weiteren Pflichten:

- Registrierungspflicht/Benennung einer Kontaktstelle (gemäß § 8b Abs. 3 BSIG),
- Unverzügliche Meldung von Störungen (gemäß § 8b Abs. 4 BSIG),
- Einsatz von Systemen zur Angriffserkennung ab 01. Mai 2023 (gemäß § 8a Abs. 1a i.V.m. § 2 Abs. 9b BSIG) und
- Nachweispflicht über Erfüllung der BSI-Anforderungen (gemäß § 8a Abs. 1a BSIG).

Die Folgen der vorsätzlichen oder fahrlässigen Verletzung einer Pflicht aus dem BSIG stellt eine Ordnungswidrigkeit dar, die gemäß § 14 BSIG mit Geldbuße geahndet wird.

Datensicherheit durch Softwareupdates/ Aktualisierungen

Neben den Sicherheitsstandards der Informationstechnik ist eine konstante Gewährung der Datensicherheit notwendig. Dies kann unter anderem durch Updates/Aktualisierungen erreicht werden. Die Pflicht zur Durchführung der Updates dürfte im Rahmen der Wartung dem Fahrzeughalter obliegen (siehe Kapitel 5.1.4 Instandhaltung der Fahrzeuge). Dieser ist nachzukommen.

Eine hohe Datensicherheit weist besondere Relevanz auf, wenn, wie im Folgenden, Haftungsfragen betrachtet werden. Die UN-Regelung Nr. 155 sieht eine einmalige Typengenehmigung des av-Fahrzeuges durch die Genehmigungsbehörde vor. Im Rahmen dieses Prozesses wird geprüft, ob durch den Hersteller der zum Genehmigungszeitpunkt geltende (Daten-)Sicherheitsstandard eingehalten wurde.

Auf nationaler Ebene trifft den Hersteller die Pflicht, über den gesamten Entwicklungs- und Betriebszeitraum des Kraftfahrzeuges gegenüber dem KBA und der zuständigen Behörde nachzuweisen, dass die elektronische und elektrische Architektur des Kraftfahrzeuges und die mit dem Kraftfahrzeug in Verbindung stehende elektronische und elektrische Architektur (bspw. die Steuerung) entsprechend § 1f Abs. 3 Nr. 1 StVG vor Angriffen gesichert ist. Die „gesamte Betriebszeit“ endet grundsätzlich erst, wenn kein Fahrzeug des jeweiligen Typs mehr zugelassen ist, denn der Hersteller wird zu einer Softwareaktualisierung auf Lebenszeit des Fahrzeuges verpflichtet.

5.3 Personal & Finanzen

Der Betrieb von av-Fahrzeugen in der kommunalen Praxis hat Auswirkungen auf den Einsatz von Personal und die Finanzierung des Beförderungsangebots. Die Änderungen beider Aspekte durch den Einsatz von av-Fahrzeugen werden im Folgenden beschrieben.

5.3.1 Personalplanung und -entwicklung

Mit der Einführung von av-Fahrzeugen im ÖV ändern sich die Aufgaben und die Anforderungen an das Personal, insbesondere die des Betriebspersonals. Vor dem Hintergrund des bereits heute bestehenden Mangels an Fahrkräften ist der Wegfall des Fahrpersonals als klarer Vor-

teil zu werten. Gleichzeitig entstehen zusätzliche Stellen, zum Beispiel in den Betriebsleitzentralen. Zudem kommen auf das vorhandene Betriebspersonal neue Tätigkeiten zu. Durch die neuen Rollen ergeben sich veränderte Anforderungen und Qualifizierungsbedarfe. Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es noch keine Empirie, die besagt, welche Personaländerungen konkret eintreten werden, daher werden nachfolgend erwartbare Änderungen aufgezeigt.

5.3.1.1 Mögliche Änderung beim Personaleinsatz

Sofern ein avF-Betrieb mit der Automatisierungsstufe SAE-Level 4 und höher uneingeschränkt möglich ist, entfällt das Fahrpersonal. Mit dem Wegfall des Fahrpersonals erübrigen sich personalbedingte Restriktionen im eigentlichen Fahrbetrieb. Verdichtungen beim Fahrtenangebot oder eine Ausdehnung der Betriebszeiten sind ohne fahrpersonalbedingte Einschränkungen wie unbesetzte Stellen, Krankheit- und Urlaubszeiten möglich.

Neben der Automatisierungs- und Vernetzungsfunktion von Fahrzeugen und Infrastruktur kann ein damit verbundener Schub von Bedarfsverkehren Auslöser für einen veränderten Personaleinsatz sein. Denn durch die Unabhängigkeit von Fahrpersonal kann der Fahrbetrieb flexibler als bisher auf nicht vorhersehbare Nachfrageveränderungen oder Betriebsstörungen reagieren. Voraussetzung hierfür sind neben einer ausreichend bemessenen Flotte jedoch Kapazitäten beim übrigen Betriebspersonal. Denn wenn die Betriebszeiten der Mobilitätsangebote in Richtung eines 24-Stunden-Betriebs ausgeweitet werden, muss in diesen zusätzlichen Betriebszeiten weiteres Personal am und im Fahrzeug beziehungsweise in der Betriebsleitzentrale eingesetzt werden.

Trotz der autonomen Fahrweise kommt der avF-Betrieb nicht ohne ausgebildetes Fachpersonal

aus. Einerseits übernimmt das heutige Fahrpersonal im ÖV neben der Steuerung des Fahrzeuges in der Regel noch weitere Tätigkeiten, insbesondere kleinere Maßnahmen zur Wiederherstellung der Fahrzeugfunktionsfähigkeit, die Fahrscheinkontrolle und sonstige Fahrgastservices. Vermutlich wird gerade in den Einführungsjahren Servicepersonal die Fahrzeuge begleiten und einige dieser Tätigkeiten übernehmen. Hinzu kommt die bedeutsame, neu geschaffene Rolle der Technischen Aufsicht, welche Fahrmanöver des av-Fahrzeuges freigeben und das Fahrzeug aus der Ferne deaktivieren kann. Ebenso ergeben sich neue Personalanforderungen aufgrund der Fahrzeugtechnik, zum Beispiel die tägliche Abfahrtkontrolle, die Wartung und Reparatur von Sensoren oder regelmäßige Softwareupdates sowie die technische Begleitung des Betriebs.

Das StVG regelt in § 1f Abs. 1 bis 3 die Pflichten des am avF-Betrieb beteiligten Fahrzeugherstellers, des Fahrzeughalters und der Technischen Aufsicht des Betriebs. Die BOKraft regelt hingegen gemäß § 1 die Pflichten eines jeden Unternehmens, welches Fahrgäste mit Kraftfahrzeugen oder Obussen befördert, soweit diese den Vorschriften des PBefG unterliegen. Die BOKraft enthält jedoch keine avF-spezifischen Aussagen. Konkretisierungen für den neuen Fall der avF trifft die AFGBV. Diese regelt weitere Details zu den Anforderungen an das Personal, um einen sicheren und reibungslosen avF-Betrieb zu gewährleisten. Dabei nennt die Verordnung Anforderungen an den Hersteller, den Halter und an die Technische Aufsicht in §§ 12 bis 14.

Im Vergleich zum konventionellen ÖV-Betrieb ergeben sich durch den rechtlichen Rahmen und die veränderten Betriebsabläufe folgende Anpassungen in Bezug auf das einzusetzende Personal und seiner Tätigkeiten für Sie als Kommune beziehungsweise Mobilitätsanbieter (siehe auch Kapitel 6.1.2.3 Zulassung von Betriebsbereichen).

Der Fahrzeughalter beziehungsweise Mobilitätsanbieter, in der Regel der Kraftfahrtunternehmer im Personenverkehr, ist zur Erhaltung der Verkehrssicherheit und der Umweltverträglichkeit des Kraftfahrzeuges verpflichtet.

Betriebsleiter

Dazu kann er eine Betriebsleitung bestellen, welche auch personalrelevante Aufgaben gemäß §§ 3, 4 BOKraft (zum Beispiel Feststellung des Personalbedarfs, die Auswahl, Beurteilung und Verwendung des Fahr- und Betriebspersonals) übernimmt. Ist eine Betriebsleitung bestellt, so muss eine Dienstanweisung erlassen werden, welche Bestimmungen zum Aufgabenbereich, die Verantwortlichkeit und das Verhalten des Fahr- und Betriebspersonals enthält. Unter anderem sind Bestimmungen, soweit sie durch die Eigenart der Fahrzeuge oder des Betriebs bedingt sind, vorzusehen.

Personal zur Instandhaltung

Der Fahrzeughalter muss Personal zur regelmäßigen Kontrolle (Inspektion), Wartung und Reparatur (Instandsetzung) der für die autonome Fahrfunktion erforderlichen Systeme vorhalten. Dazu muss er die Sicherheit des Kraftfahrzeuges mit autonomer Fahrfunktion regelmäßig überprüfen lassen. Das Personal muss dazu beim Fahrzeughersteller eine Schulung absolvieren. Kenntnisse zur Fahrzeugtechnik und Kompetenzen im Umgang mit der Fahrzeugsoftware sowie spezifisch für die Automatisierung und Vernetzung notwendiger technischer Komponenten sind erforderlich. Beispielsweise muss das Personal die Sensorik an den Betriebsbereich anpassen und instand halten oder Softwareupdates durchführen. Dafür hat der Fahrzeughersteller ein Betriebshandbuch zu erstellen, das Informationen zu Reparatur und Wartung bereitstellt (siehe Kapitel 5.1.4 Instandhaltung der Fahrzeuge). Ein

Führungszeugnis und gegebenenfalls Auskunft aus dem Fahrerlaubnisregister sind für den Nachweis der Zuverlässigkeit gemäß § 1f StVG und § 13 AFGBV vorgeschrieben, wenn das Personal im manuellen Betrieb steuern soll.

Reinigungspersonal

Auf dem Betriebshof findet zudem in der Regel die Reinigung der Fahrzeuge statt. Diese unterscheidet sich jedoch nur geringfügig von der Reinigung konventioneller Fahrzeuge, sodass hier vermutlich eine kurze Einweisung des bestehenden Reinigungspersonals ausreichend sein dürfte. Darüber hinaus sollte der Fahrzeughalter regelmäßig die straßenseitig verbauten Sensoren reinigen.

Servicepersonal

Große Bedeutung kann dem Servicepersonal zukommen, das den Betrieb begleitet und zeitweise in den Fahrzeugen mitfährt. In den Jahren der avF-Einführung werden möglicherweise Servicemitarbeitende die Fahrzeuge begleiten und Fahrgästen bei Fragen zur Fahrzeugtechnologie und zum Fahrbetrieb Auskunft geben. Die Aufgaben können durch den Mobilitätsanbieter als auch durch eine eingekaufte Dienstleistung Dritter erbracht werden.

Technische Aufsicht

Zudem hat der Fahrzeughalter zu gewährleisten, dass die Aufgaben der Technischen Aufsicht erfüllt werden. Obgleich davon auszugehen ist, dass das av-Fahrzeug innerhalb eines festgelegten Betriebsbereichs nur in Ausnahmesituationen eine Interaktion mit der Technischen Aufsicht erfordert, ist die Technische Aufsicht über ein Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion

verpflichtet, einerseits Fahrmanöver zu bewerten und das Fahrzeug dafür freizuschalten, andererseits aber auch die autonome Fahrfunktion unverzüglich zu deaktivieren, sobald das Fahrzeugsystem dieses anzeigt. Zur Verkehrssicherung muss die Technische Aufsicht Signale zum Funktionsstatus bewerten und entsprechende Maßnahmen einleiten, wie auch unverzüglich Kontakt mit den Passagieren herstellen, wenn das Fahrzeug in den risikominimalen Zustand versetzt wird. Die Technische Aufsicht hat auch die Aufgabe, im laufenden Betrieb vor Ort eine Untersuchung des Fahrzeuges vorzunehmen, wenn sich dieses im risikominimalen Zustand befindet und, sofern notwendig, das Fahrzeug aus dem Straßenraum entfernen zu lassen. Nur auf Veranlassung der Technischen Aufsicht kann das Fahrzeug den risikominimalen Zustand verlassen. In der Einführungsphase kann es zu erhöhten Störungsmeldungen kommen, sodass sich der erforderliche Aufwand für die Technische Aufsicht möglicherweise erhöht. Denn diese muss im Rahmen der Überwachung über alle Ereignisse Berichte erstellen. Die Aufgabe kann beim Fahrzeughalter selbst liegen. Sofern er diese Aufgabe nicht selbst wahrnimmt, muss er eine geeignete Technische Aufsicht bestellen. Der Halter muss sodann die notwendigen sachlichen und personellen Voraussetzungen zur Wahrnehmung der Pflichten bereitstellen, die in § 1f Abs. 2 StVG in Verbindung mit § 14 AFGBV festgeschrieben sind (siehe Kapitel 6.1.2.3 Zulassung von Betriebsbereichen).⁶³⁾

- Personal der Betriebsleitzentrale: Es wird derzeit davon ausgegangen, dass die Technische Aufsicht ein Teil der Betriebsleitzentrale sein wird. Diese ist in der Regel bei der Kommune aufgehängt. Das Personal der Betriebsleitzentrale übernimmt das Flottenmanagement und die Kommunikation mit den Fahrgästen im Fahrzeug. Dazu gehört die Fernüberwachung und

63) vgl. Bundesrat 2022, S. 44, 57, 76f

-steuerung der Fahrzeuge. Die dafür notwendige Anzahl des Personals in den Leitzentralen ist abhängig von den Funktionalitäten der Softwarelösung. Der Leitzentrale wird damit eine große Bedeutung zukommen. Das Personal in der Leitzentrale wird dazu aufzustocken und für die zusätzlichen Anforderungen der Automatisierung und Vernetzung zu qualifizieren sein.

5.3.1.2 *Qualifizierung von Personal*

Durch die technologischen Neuerungen ändern sich Personalkategorien, Stellenbeschreibungen und die Ausführung von Tätigkeiten. Daher können Personalentwicklungsmaßnahmen notwendig werden. Teils sind die veränderten Anforderungen durch Umschulungen und Weiterbildungen von Mitarbeitenden in den Kommunen, bei den Verkehrsunternehmen und Mobilitätsanbietern zu erreichen. Teils können Neueinstellungen aufgrund neuer Qualifikationsanforderungen erforderlich werden. Fort- und Weiterbildungsangebote in den Themenfeldern Automatisierung, Vernetzung und Elektrifizierung sind ebenso essenziell wie die Qualifizierung hinsichtlich erforderlicher Planungstools, des Aufbaus, der Anpassung und Unterhaltung der physischen und digitalen Infrastruktur, des Flottenmanagements, der Betriebsleitsysteme sowie der Gewährleistung ihrer Daten- und Cybersicherheit.

5.3.2 *Finanzierung*

Neben Änderungen hinsichtlich des Personals beeinflusst das avF auch die Kosten- und Ausgabe-seite. Erläutert wird, welche der Kosten-

komponenten des ÖV aus heutiger Sicht voraussichtlich durch avF beeinflusst werden. Darüber hinaus gibt das Kapitel Hinweise und Empfehlungen hinsichtlich den zur Finanzierung der Ausgaben gegenüberstehenden Einnahmen.

5.3.2.1 *Kosten und Ausgaben*

Obwohl allgemein davon ausgegangen wird, dass der ÖV durch das avF kostengünstiger wird, gilt dies voraussichtlich nicht für alle Kostenkomponenten. Neben den offenkundig kostensenkenden Faktoren im autonomen Betrieb kommen weitere kostensteigernde Faktoren hinzu. Zum heutigen Zeitpunkt ist noch nicht vollständig absehbar, wie bedeutend die einzelnen Einflussgrößen sein werden und wie sie sich entwickeln. Daher werden keine Aussagen zur konkreten Höhe der einzelnen Kostenkomponenten gemacht, stattdessen werden voraussichtliche Entwicklungen qualitativ aufgezeigt.⁶⁴⁾

Kosten der Infrastruktur

Auch wenn sich avF langfristig in jedweder Umgebung eigenständig bewegen können sollen, wird in absehbarer Zeit eine gewisse Qualität der vorhandenen Infrastruktur sowie die Ausstattung mit zusätzlicher physischer und digitaler Infrastruktur in den Bedingebieten erforderlich sein (siehe Kapitel 5.2.2 Physische Infrastruktur und 5.2.3 Digitale Infrastruktur). Hierzu zählen auch Kosten für hochauflösende Karten des Straßenumfeldes in Form von Lizenzkosten und regelmäßigen Updates. Hinzu kommen zusätzliche infrastrukturelle Anforderungen an Betriebshöfe und Leitzentralen. Um eine avF-Flotte steuern

64) Im Zuge der Erarbeitung der AFGVB wurde der Erfüllungsaufwand für Hersteller, potenzielle gewerbliche Halter und Verwaltung, der im Rahmen der Beantragung von Betriebserlaubnissen für av-Fahrzeuge, der Beantragung von festgelegten Betriebsbereichen und im Zusammenhang mit der Erfüllung von Anforderung und Sorgfaltspflichten beim Betrieb von av-Fahrzeugen anfällt, abgeschätzt. Der Erfüllungsaufwand wurde auf der Basis von Annahmen zur Entwicklung des Mobilitätsangebots mit av-Fahrzeugen und des Fahrzeugbedarfs und den aus der Verordnung resultierenden Pflichten der genannten Akteure ermittelt. Die Kostenschätzungen können dem Entwurf zur AFGVB vom 24.02.2022 (Bundesrat 2022, S. 55ff.) entnommen werden.

zu können, ist beispielsweise der Einsatz moderner Dispositionssoftware sowie eine weitgehend digitalisierte Betriebsleitzentrale erforderlich. Die Technische Aufsicht der Fahrzeuge hat ebenfalls infrastrukturelle Anforderungen, die mit zusätzlichen Kosten verbunden sind.

Die konkreten Qualitäts- und Ausstattungserfordernisse und die daraus resultierenden Kosten sind einzelfallabhängig. Sie sollten in Abstimmung mit den Fahrzeugherstellern detailliert ermittelt werden. Dabei sollten sowohl einmalige Investitionen beziehungsweise deren Abschreibungen und Verzinsung, regelmäßig wiederkehrende Kosten, Erhaltungskosten sowie Kosten für Grunderwerb berücksichtigt werden. Den Erhaltungskosten sollte ein besonderes Augenmerk gewidmet werden, da diese – in Abhängigkeit von den Anforderungen der av-Fahrzeuge – größere Ausmaße erreichen können.

Personalkosten

Personalkosten nehmen mit ca. 40 Prozent einen großen Teil der Aufwendungen im ÖPNV ein.⁶⁵⁾ Bezogen auf die Fahrleistungskosten im ÖPNV liegt der prozentuale Anteil der Fahrpersonalkosten sogar noch höher. Beispielhafte Analysen ergeben, dass diese Kosten zwischen 50 und 70 Prozent der Betriebskosten je Fahrzeugkilometer im ÖV ausmachen.⁶⁶⁾ Analysen von Grote und Röntgen bestätigen diese Größenordnung.⁶⁷⁾ Änderungen dieser Kostenkomponente können demnach einen hohen Einfluss auf die Gesamtkosten haben.

Vier wesentliche Faktoren bewirken Änderungen der Personalkosten (siehe Kapitel 5.3.1 Personalplanung und -entwicklung):

- Im Bereich der Personalkosten ergeben sich durch Wegfall des Fahrpersonals ab SAE-Level 4 langfristig die offensichtlichsten Änderungen. Das Ausmaß dieses Einflusses auf die Betriebskosten hängt von der Nachfrage und der Fahrzeuggröße ab: Im fahrpersonalbesetzten Betrieb mit großen Fahrzeugen sinkt der Anteil der Fahrpersonalkosten mit jedem zusätzlich beförderten Fahrgast. Auf nachfragestarken Relationen mit guten Bündelungsmöglichkeiten fällt der Einspareffekt bei einem fahrpersonalfreien Betrieb also entsprechend geringer aus. Die Kosteneinsparungen liegen beim Betreiber.
- Ein avF-Betrieb setzt voraus, dass eine Überwachung der Fahrzeuge durch die Technische Aufsicht erfolgt, um im Falle von Abweichungen vom normalen Betriebsablauf eingreifen zu können (siehe 5.3.1 Personalplanung und -entwicklung). Der erforderliche Personalumfang hängt von den Möglichkeiten der Fahrzeuge ab, mit Störungen selbstständig umzugehen. Ein intelligentes Flottenmanagement erfordert hochqualifiziertes Personal in den Betriebsleitzentralen. Die Fähigkeit der eingesetzten Softwarelösungen, Aufgaben des Leitstellenpersonals zu übernehmen, wird ebenfalls Einfluss auf die erforderliche Personalstärke in den Betriebsleitzentralen und die Personalkosten der Kommunen haben.
- Da Störungen nicht in allen Fällen aus der Betriebsleitzentrale behoben werden können, wird mobiles technisches Personal erforderlich sein. Des Weiteren wird Servicepersonal für Hilfestellungen, Informationen zur Vermeidung von Vandalismus und zur Erhöhung der sozialen Sicherheit insbesondere im Zuge der Einführung von avF-Angeboten erforderlich sein. In beiden

65) vgl. VDV 2020, S. 47

66) vgl. Luchmann et al. 2019a, S. 35

67) vgl. Grote/Röntgen 2021

Fällen handelt es sich um zusätzliche Kosten für Personal am und im Fahrzeug. Die Kosten fallen gewöhnlich beim Mobilitätsanbieter an, können jedoch auch bei externen Dienstleistern anfallen und über die outgesourcete Leistung abgerechnet werden.

In den genehmigten Betriebsbereichen muss dafür Sorge getragen werden, dass beispielsweise Verkehrsschilder und Fahrbahnmarkierungen erkennbar und freigehalten werden. Infolgedessen können Kosten durch vermehrte Parkraumüberwachungen, Straßenbaumpflege und Schnittmaßnahmen sonstiger Straßenraumbepflanzung entstehen. Die Kosten fallen in der Regel bei der zuständigen Gebietskörperschaft an.

Steuern

Grundsätzlich ist eine unterschiedliche steuerliche Behandlung von avF im Vergleich zu fahrpersonalbesetzten Fahrzeugen nicht vorgesehen. Sofern konventionelle Fahrzeuge allein durch avF ersetzt werden, ist daher von keiner Änderung dieser Kostenkomponente auszugehen.

Unterschiede können sich allerdings ergeben, wenn mittels avF Mobilitätsangebote im Bereich des gebündelten Bedarfsverkehrs geschaffen werden. Hiervon ist langfristig auszugehen, da entsprechende Angebote bei entfallendem Fahrpersonal wirtschaftlicher betrieben werden können.

Die Unterschiede resultieren aus dem Umstand, dass Kraftfahrzeuge von der Kraftfahrzeugsteuer (KraftStG) befreit sind, sofern gemäß § 3 Nr. 6 KraftStG „das Fahrzeug während des Zeitraums, für den die Steuer zu entrichten wäre, zu mehr als 50 vom Hundert der insgesamt gefahrenen

Strecke im Linienverkehr verwendet wird“. Mobilitätsangebote des gebündelten Bedarfsverkehrs sind – auch im Unterschied zum Linienbedarfsverkehr – dem Gelegenheitsverkehr zugeordnet (nach § 46 PBefG). Sie sind daher nicht von der Kraftfahrzeugsteuer befreit. Beim Einsatz von avF im gebündelten Bedarfsverkehr werden sich demnach zusätzliche Kosten für die Kraftfahrzeugsteuer ergeben. Steuern, sonstige betriebliche und andere Aufwendungen machen ca. 10 Prozent der Aufwendungen im ÖPNV aus⁶⁸⁾, sodass der Einfluss dieser zusätzlich abzuführenden Steuer auf die gesamten Aufwendungen zum Betrieb des ÖV-Angebots von untergeordneter Bedeutung sein dürfte.

Mobilitätsanbietern, die erwerbswirtschaftlich im Gelegenheitsverkehr entsprechende Angebote schaffen wollen, wird empfohlen, die höheren steuerlichen Belastungen bei der Kostenkalkulation zu berücksichtigen.

Kosten der Fahrzeugbeschaffung

Auch die Entwicklung der Kosten zur Beschaffung von av-Fahrzeugen sind noch nicht abschließend quantifizierbar. Gleichwohl sind allerdings verschiedene und teilweise gegenläufige Entwicklungen absehbar, die nachfolgend qualitativ beschrieben werden.

Av-Fahrzeuge sind derzeit aufgrund ihrer Zusatzausstattung teurer in der Anschaffung als konventionelle Fahrzeuge. Größenordnungen der Fahrzeugpreise können kaum allgemeingültig abgeschätzt werden, sondern hängen von den konkreten Anforderungen an die Fahrzeuge ab.⁶⁹⁾ Die Anschaffungspreise werden nach Markteinführung aufgrund von Mengendegressionseffekten deutlich sinken, denn automatisierte

68) vgl. VDV 2020, S. 47

69) vgl. Grote/Röntgen 2021

Fahrfunktionen halten zunehmend Einzug in den Fahrzeugmarkt.⁷⁰⁾

Darüber hinaus können sich andere, gegebenenfalls kürzere Erneuerungszyklen für av-Fahrzeugflotten einstellen. Diese könnten Folge des dynamischen Fortschritts bei der technologischen Entwicklung der Fahrfunktionalitäten, der erwartbaren und erforderlichen Anpassungen am Rechtsrahmen, vor allem Fahrzeugzulassung, und der veränderten Erwartungen von Kundinnen und Kunden sein.

Neben den Beschaffungskosten für av-Fahrzeugen spielen für Mobilitätsanbieter auch die Kosten für die Beschaffung von Fahrzeugen für mobiles technisches Personal und Servicepersonal eine Rolle. Damit diese Teams flexibel im Einsatzgebiet der av-Fahrzeugflotte operieren können, werden zusätzliche Einsatzfahrzeuge benötigt. Mobilitätsanbietern wird empfohlen, den Umfang der benötigten Fahrzeuge im Zuge der Betriebsplanung abzuschätzen und damit einhergehende Kosten zu berücksichtigen.

Versicherungen

Kosten für Versicherungsprämien hängen – bezogen auf das Einzelfahrzeug – vor allem vom Unfallrisiko und den Beschaffungskosten des Fahrzeuges ab. Während die Beschaffungskosten voraussichtlich ansteigen werden, ist davon auszugehen, dass das Unfallrisiko langfristig abnehmen wird.

Vor dem Hintergrund dieser gegenläufigen Entwicklungen ist unklar, ob für av-Fahrzeuge im Vergleich zu Fahrzeugen ohne automatisierte Fahrfunktionen geringere oder höhere Versiche-

rungsprämien zu zahlen sind.⁷¹⁾ Im Vergleich zu den Komponenten Personalkosten und Kosten der Fahrzeugbeschaffung dürften diese Änderungen jedoch eher von untergeordneter Bedeutung sein.

Im Zuge der Planung von Mobilitätsangeboten wird empfohlen, frühzeitig mit Versicherungen Kontakt aufzunehmen, um die Höhe der Versicherungsbeiträge in Erfahrung zu bringen und einkalkulieren zu können.

Unterhaltungskosten

Als Unterhaltungskosten werden in Anlehnung an BMDV (2023) Kosten für

- Herstellung der Einsatzbereitschaft,
- Fahrzeugreinigung,
- regelmäßige Werkstattarbeiten zur Wartung und Inspektion,
- Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten sowie
- Hauptuntersuchungen

definiert.

Neben einem geänderten Personalbedarf für die Unterhaltung ergeben sich noch weitere Auswirkungen im Bereich der Unterhaltungskosten. Da av-Fahrzeuge auch zukünftig vermutlich in stärkerem Maße digitalisiert sein werden als konventionelle Fahrzeuge, könnte der Wartungs- und Instandhaltungsbedarf für regelmäßige Werkstattarbeiten, Reparaturen und Hauptuntersuchungen über eine kontinuierliche (Fern-) Diagnose frühzeitiger erkannt und besser in die Betriebsabläufe eingeplant werden können. Damit verkürzen sich die Ausfallzeiten der Fahrzeuge und Vorhaltekosten für Ersatzfahrzeuge können verringert werden. Gleichzeitig können

70) vgl. Beckmann 2020

71) Raposo et al. 2018, beispielsweise schätzen, dass die Versicherungsprämien aufgrund der zunehmenden Automatisierung bis 2025 um 10 – 30 Prozent und bis 2050 um 15 – 40 Prozent sinken werden. Es bleibt allerdings unklar, ob und inwiefern höhere Anschaffungskosten der Fahrzeuge bei diesen Abschätzungen berücksichtigt wurden.

sich gegebenenfalls höhere Kosten hinsichtlich der Hauptuntersuchung aufgrund der gegebenenfalls höheren Prüferfordernisse ergeben.

Energiekosten

Im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen ergeben sich Änderungen der Energiekosten vor allem durch den zusätzlichen Energiebedarf der Automatisierungstechnik und Vernetzungsbedarfe im Fahrzeug, bei der sonstigen Infrastruktur und in den Leitzentralen sowie Einspareffekte durch die digitale energieeffiziente Steuerung des Fahrvorgangs (siehe Kapitel 3.1.4 Umwelt- und Klimawirkungen) Es ist derzeit nicht absehbar, ob sich diese beiden Entwicklungstendenzen gegenseitig kompensieren oder eine der beiden Einflüsse überwiegen wird. Damit Sie die Höhe der Energiekosten für konkrete Mobilitätsangebote besser abschätzen können, stimmen Sie sich frühzeitig mit Fahrzeugherstellern ab.

Sonstige Kosten

Aus heutiger Sicht werden sich weitere Änderungen ergeben, die keiner der bisher genannten Kostenkomponenten zugeordnet werden können. Hierzu zählen beispielsweise finanzielle Aufwendungen für Datenschutz und zur Abwehr von Cyber-Kriminalität beim Mobilitätsanbieter im Zuge der erforderlichen verstärkten Digitalisierung der Leitstelle und der höheren Dokumentations- und Berichtspflichten (§ 13 AFGBV).

5.3.2.2 Einnahmen

Nachdem Sie die kurz-, mittel- und langfristigen Kosten und die damit verbundenen Ausgaben abgeschätzt und den Phasen mit Arbeitsschritten und ihren Akteuren zugeordnet haben, sollten

Sie den Ausgaben die Einnahmen der verschiedenen Akteure gegenüberstellen.⁷²⁾

Fahrgeldeinnahmen

Die Fahrgeldeinnahmen des ÖV sind maßgeblich von der Ausgestaltung der Tarife geprägt. Es wird empfohlen, die Tarife unter Berücksichtigung Ihrer Anforderungen als Aufgabenträger und Mobilitätsanbieter sowie der Anforderungen der Nutzenden auszugestalten und auf die konkreten Rahmenbedingungen zuzuschneiden. Nur so können Sie sicherstellen, dass sich die Angebote in das übrige Mobilitätsangebot des ÖV möglichst passgenau einfügen, sie wirtschaftlich betrieben und von den potenziellen Fahrgästen nachgefragt werden.

Aufgrund der möglichen Betriebskosteneinsparungen besteht auch die Möglichkeit, das Angebot unter Beibehaltung der bisherigen Beförderungsentgelte auf solche Bereiche auszubauen, die bislang nur eine geringe Kostendeckung aufweisen konnten. Wird das bestehende ÖPNV-Angebot durch neue avF-Mobilitätsangebote insbesondere des gebündelten Bedarfsverkehrs erweitert, ist aus Sicht der Aufgabenträger und Genehmigungsbehörden bei der Tarifgestaltung zwischen zwei Grundarten der Angebots-erweiterung zu unterscheiden:

- Einerseits können neue Mobilitätsangebote auf Basis des avF bestehende ÖPNV-Angebote ergänzen, ohne in Konkurrenz zu diesen bestehenden Angeboten zu stehen. Dies ist der Fall, wenn Gebiete durch die neuen Angebote erschlossen werden, die bislang keine Anbindung an das ÖPNV-Netz haben. Ebenso fallen hierunter neue Angebote, die nur außerhalb der Betriebszeiten bestehender ÖPNV-Angebote

⁷²⁾ Die für die Finanzierung des ÖPNV wichtige Säule der öffentlichen Zuschüsse (beispielsweise Tarifersatzleistungen zum Ausbildungsverkehr, öffentliche Mittel für den ÖPNV-Betrieb und für Investitionen in die ÖPNV-Infrastruktur finanziert über Mittel des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes sowie Umsatzsteuerermäßigung) beleuchten wir im Handbuch nicht.

für das gleiche Bediengebiet betrieben werden. In diesen Fällen kann das bestehende Tarifsyste Anwendung finden. Fahrausweise des jeweiligen Tarifgebiets, ÖPNV-Abonnements inklusive dem Deutschlandticket, können für die Nutzung des Angebots eingesetzt werden. § 51a PBefG legt allerdings fest, dass für Angebote des gebündelten Bedarfsverkehrs ein Mindestbeförderungsentgelt vorzusehen ist, das einen hinreichenden tariflichen Abstand zum Linienverkehr sicherstellt, um den höheren Komfort tariflich abzubilden. Dementsprechend müssen Sie Fahrpreise, die über dem ÖPNV-Tarif liegen, für derartige neue Mobilitätsangebote einplanen.

- Andererseits können die neuen Mobilitätsangebote Bediengebiete abdecken, innerhalb derer zu den gleichen Bedienzeiten bestehende Angebote des ÖPNV betrieben werden. Derartige Situationen können sich unter anderem dann ergeben, wenn das bestehende ÖPNV-Angebot aus einem Linienverkehr besteht und Mobilitätsanbieter parallel hierzu avF-Angebote des gebündelten Bedarfsverkehrs implementieren wollen. In diesen Fällen zeichnet sich das neue Angebot in der Regel durch einen höheren Komfort aus, da dieses zum Beispiel Tür-zu-Tür-Bedienungen beinhaltet. Wenn nur ein geringer preislicher Abstand zwischen altem und neuem Angebot gegeben ist, besteht die Gefahr, dass vor allem Fahrten von den bestehenden zu den neuen Angeboten verlagert werden und eine Kannibalisierung innerhalb des ÖV-Systems stattfindet. Die hiermit verbundenen Auswirkungen (steigende Fahrleistungen ohne gleichzeitigen Zuwachs des Verkehrsaufkommens im ÖV) stehen nicht im Einklang mit kommunalen Zielen der Verkehrsplanung. Um derartige Effekte zu vermeiden, sollte unter Berücksichtigung dieser Zielstellung und der §§ 8

und 13 PBefG zunächst geprüft werden, ob ent-

sprechende Angebote genehmigungsfähig sind. Sofern eine Genehmigung erteilt werden kann, beziehungsweise muss, ist – unter anderem mit Verweis auf § 51a PBefG – das tarifliche Abstandsgebot zwischen den Verkehrsarten einzuhalten, auf dessen Basis für neue Mobilitätsangebote insbesondere des Gelegenheitsverkehrs höhere Beförderungsentgelte vorzusehen sind.

Das im Jahr 2023 eingeführte Deutschlandticket zeigt, dass eine einfache und attraktive Tarifgestaltung ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Gewinnung neuer ÖPNV-Kunden ist. Insbesondere aus Sicht von bestehenden Kundinnen und Kunden des ÖV ist eine Einbettung in das Tarifsyste des ÖPNV wünschenswert. Dies gilt insbesondere, wenn sie über Zeitkarten wie beispielsweise das Deutschlandticket verfügen. Für diese Gruppe könnten Sie Zuschläge bei Nutzung gebündelter Bedarfsverkehre in Erwägung ziehen, um Angebote gleichzeitig attraktiv zu gestalten und einen preislichen Abstand zum Angebot des Linienverkehrs zu gewährleisten.

Krail et al. haben auf der Basis einer internationalen Literaturanalyse Abschätzungen zu kilometerbezogenen Fahrpreisen von Angeboten des gebündelten Bedarfsverkehrs zusammengestellt. Demnach liegen diese zwischen 0,09 und 0,35 Euro je Kilometer.⁷³⁾

Weitere Einnahmequellen und Förderprogramme sollten bei der Finanzierungsplanung beachtet werden.

73) vgl. Krail et al. 2018, S. 77

6) Phase 4: Umsetzung & Erfolgskontrolle



Wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung des Betriebs ist das Einholen notwendiger Zulassungen und Genehmigungen. Um den Betrieb stetig zu optimieren, sind ein Monitoring bzw. eine Evaluation unerlässlich.

Gibt es eine offizielle Entscheidung zum Aufbau eines avF-Betriebs, so schließt sich an die Planungsphase als vierte und letzte Phase die Umsetzung und Erfolgskontrolle an. Neben der konkreten Aufgabenplanung, dem Einholen von Genehmigungen, dem Beschaffen von Gütern und Dienstleistungen und der eigentlichen Realisierung des Fahrbetriebs sollten Sie ein parallel zum Betrieb laufendes Monitoring, eine periodische beziehungsweise abschließende Evaluation und eine stetige Optimierung des Betriebs etablieren.

6.1 *Arbeitsplan, Genehmigung & Beschaffung*

Nun gilt es die in Phase 3 Betriebsplanung beschriebenen Aspekte in durchführbare Arbeitsschritte einzuteilen, mit Zuständigkeiten zu versehen und die erforderlichen Genehmigungen für die öffentliche Beförderung von Personen und den Einsatz der Fahrzeuge in den vorgesehenen Betriebsbereichen einzuholen. Schließlich sind Ausschreibungen und Vergabeverfahren zur Beschaffung der Fahrzeuge und zum Betrieb benötigten Software und Dienstleistungen vorzubereiten.

6.1.1 *Erstellung eines detaillierten Arbeitsplans*

Wenn die grobe Betriebsplanung steht, können Sie mit der Erstellung eines konkreten Arbeitsplans beginnen. Eine Übersicht mit einer möglichst detaillierten Beschreibung der einzelnen Schritte in Tabellenform erleichtert die Zeitplanung und die Festlegung von Zuständigkeiten, das Erkennen von erforderlichen Kompetenzen und Informationsflüssen. Eine Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte, wechselseitige Abhängigkeiten und Synergien werden dadurch sichtbar. So können Sie transparente und planbare Strukturen schaffen und Widersprüche oder Konflikte vermeiden.

Der Arbeitsplan ist das Instrument, anhand dessen bei regelmäßig stattfindenden Treffen der Arbeitsgruppe (siehe Kapitel 3.3.1 Einrichten einer Arbeitsgruppe) der Stand der Arbeiten, Verzögerungen und anstehenden Arbeiten geprüft und geplant werden können.

Als Anhaltspunkte für die effiziente und effektive Zuweisung von Tätigkeiten, Fristen und Zuständigkeiten, gegebenenfalls auch der Finanzierungsmittel, können die Checklisten im Anhang des Handbuchs dienen (siehe Checklisten).

6.1.2 Genehmigungen und Zulassungen

Für den Einsatz von av-Fahrzeugen zur Personenbeförderung sind verschiedene Genehmigungen erforderlich:

- Genehmigung zur Erbringung der Beförderungsleistung nach dem PBefG
- Betriebserlaubnis für das av-Fahrzeug selbst
- Genehmigung für den Betriebsbereich, in dem das av-Fahrzeug fahren soll
- Zulassung des av-Fahrzeugs zum öffentlichen Straßenverkehr durch Erteilung eines Kennzeichens

Im Folgenden werden die Grundzüge dieser Genehmigungen und deren Voraussetzungen erläutert. Zu beachten ist, dass sich durch die föderale Genehmigungsstruktur verschiedene Zuständigkeiten ergeben können und daher eine Vielzahl von Ansprechpersonen in den Prozess eingebunden werden müssen.⁷⁴⁾ Idealerweise haben Sie bereits bei Planungsbeginn die zur Genehmigung erforderlichen Anforderungen sowie entsprechende Unterlagen in Ihrem Informations- und Datenmanagementsystem zusammengestellt (siehe Kapitel 3.3.3 Aufsetzen eines Informations- und Datenmanagements).

6.1.2.1 Genehmigung von Beförderungsleistungen

Das PBefG reguliert in § 1 Abs. 1 S. 1 die entgeltliche oder geschäftsmäßige Beförderung von Personen mit Straßenbahnen, Oberleitungsomnibussen (Obussen) und Kraftfahrzeugen und macht diese mit § 2 Abs. 1 S. 1 genehmigungspflichtig. Die Verkehrsarten des PBefG zeichnen

sich durch verschiedene Rechte und Pflichten sowie damit einhergehender Vor- und Nachteile für bestimmte Einsatzfelder aus. Bei Beantragung einer personenbeförderungsrechtlichen Genehmigung sind diese Aspekte durch Sie zu berücksichtigen, um einen der Zielsetzung (Kapitel 4.2.2 Zielstellung) entsprechenden Service bei der Personenbeförderung zu erreichen.

Es ist die Intention des PBefG, durch einen strengen Rahmen die Existenz- und Funktionssicherung der gewerblichen Personenbeförderung zu gewährleisten, welche einer verkehrlichen Grundversorgung dient, die im Allgemeinwohlinteresse liegt. Durch eine klare Trennung und einen gewissen Abstand (sogenanntes Abstandsgebot) zwischen den definierten Verkehrsformen beziehungsweise -arten soll sichergestellt werden, dass möglichst keine gegenseitige Konkurrenzierung stattfindet und jede Form wirtschaftlich betrieben werden kann. Daneben sind bei der Anwendung des PBefG, seit seiner Novellierung im Jahr 2021, mit § 1a PBefG die Ziele des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen.

So ist innerhalb des Anwendungsbereichs des PBefG die Personenbeförderung nur mit den in §§ 42-50 PBefG definierten Verkehrsarten möglich, sogenannter Typenzwang. Dies bedeutet, dass Verkehrsarten, die sich nicht unter die im PBefG beschriebenen Verkehrsarten fassen lassen, nicht genehmigungsfähig beziehungsweise -pflichtig sind. Ausnahmen gibt es, wenn eine Verkehrsart die Merkmale mehrerer Verkehrsarten enthält (sogenannter „typengemischter Verkehr“ nach § 2 Abs. 6 PBefG) sowie bei der Erprobung neuer Verkehrsarten (sogenannte „Experimentierverkehre“ nach § 2 Abs. 7 PBefG). Um trotzdem einen gewissen Abstand zu

⁷⁴⁾ Werden bundeslandübergreifende Projekte (beispielsweise die Anbindung des Verdichtungsraums einer Großstadt) geplant, ist die Zuständigkeit beider Kommunen (gegebenenfalls auch Bundesländer) zu beachten.

anderen Verkehrsarten zu gewährleisten, können diese Verkehre mit Auflagen versehen beziehungsweise im Falle der Experimentierverkehre nur für einen Zeitraum von längstens fünf Jahren genehmigt werden.

Das PBefG kennt die Personenbeförderung gemäß § 8 Abs. 1 PBefG als Linienverkehr und gemäß § 46 PBefG als Gelegenheitsverkehr. Die Differenzierung ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da nur der ÖPNV durch öffentliche Mittel (ko-)finanziert werden kann und im Gegenzug dafür besonderen Pflichten unterliegt. Personenfernverkehr gemäß § 42a PBefG findet keine Berücksichtigung innerhalb dieses Handbuchs.

Öffentlicher Personennahverkehr

Der Personennahverkehr ist vom Personenfernverkehr zu differenzieren. Als ÖPNV gilt dabei die allgemein zugängliche Beförderung von Personen mit

- Straßenbahnen,
- Obussen und
- Kraftfahrzeugen im Linienverkehr (Linienverkehr ist eine zwischen bestimmten Ausgangs- und Endpunkten eingerichtete (regelmäßige) Verkehrsverbindung in der Form des konventionellen Linienverkehrs nach § 42 PBefG, als Linienbedarfsverkehr nach § 44 PBefG und als Sonderformen beispielsweise Berufs- oder Schulverkehre nach § 43 PBefG, wobei Linienverkehre, die nicht allgemein zugänglich sind, nicht unter den ÖPNV-Begriff fallen),

die überwiegend dazu bestimmt ist, die Verkehrsnachfrage im Stadt-, Vorort- oder Regionalverkehr zu befriedigen. Das ist im Zweifel der Fall, wenn in der Mehrzahl der Beförderungsfälle

eines Verkehrsmittels die gesamte Reiseweite 50 Kilometer oder die gesamte Reisezeit von einer Stunde nicht übersteigt (vgl. § 8 Abs. 1 PBefG).

Der ÖPNV mit Kraftfahrzeugen kann als Linienverkehr (klassisch und als Linienbedarfsverkehr) oder als Gelegenheitsverkehr erbracht werden. ÖPNV in der Form des Gelegenheitsverkehrs (§ 46 PBefG) ist nur in der Ausprägung als Taxen- (§ 47 PBefG) oder Mietwagenverkehr (§ 49 PBefG) gestattet und nur unter der Voraussetzung möglich, dass der Linienverkehr ersetzt, ergänzt oder verdichtet wird (§ 8 Abs. 2 PBefG).

Der Linienbedarfsverkehr ist eine mit der PBefG-Novelle 2021 eingeführte neue Verkehrsform. Es handelt sich um einen Linienverkehr ohne festen Linienweg und auf vorherige Bestellung, der auf Initiative und Kosten der öffentlichen Hand betrieben werden kann. Der Linienbedarfsverkehr soll als Ergänzung zum klassischen Linienverkehr eingesetzt werden. Er eignet sich besonders für den flexiblen Einsatz im Flächenverkehr. Aufgrund der systematischen Zuordnung zum Linienverkehr gelten auch die dort bestehenden Pflichten, vor allem Barrierefreiheit, Beförderungs-, Betriebs- und Tarifpflicht. Gleichzeitig kommt ihm ein ermäßigter Steuersatz auf die Beförderungsentgelte zugute. Bei der genauen Ausgestaltung des Mobilitätsangebotes sind die Ziele der Städte und Landkreise unter Berücksichtigung der Vorgaben des Nahverkehrsplans zu beachten (siehe Kapitel 4.2.2 Zielstellung).

Gelegenheitsverkehr

Gelegenheitsverkehr im Sinne des § 46 PBefG ist kein ÖPNV. Eine Ausnahme bildet der Taxen- und Mietwagenverkehr als Ersatz, Ergänzung oder Verdichtung des bestehenden ÖPNV (vgl. vgl. § 8 Abs. 2 PBefG). Der Gelegenheitsverkehr ist erwerbswirtschaftlich ausgerichtet und

unterliegt, bis auf den Taxenverkehr, nicht den Grundpflichten (Tarif-, Betriebs- und Beförderungspflicht) des ÖPNV.

Den Gelegenheitsverkehr gibt es in den Ausprägungen, wie sie in Abbildung 10 dargestellt sind:

Steuerungsoptionen – Rechte und Pflichten

Die Differenzierung danach, ob der Verkehr als ÖPNV im Sinne des § 8 Abs. 1 PBefG zu klassifizieren ist, ist deshalb von Bedeutung, da daraus eine unterschiedliche Behandlung resultiert. Während der ÖPNV durch öffentliche Mittel (ko-) finanziert werden kann, ist dies bei erwerbswirtschaftlich erbrachtem Verkehr nicht möglich. Die Finanzierung durch die öffentliche Hand geht aber mit umfangreichen Pflichten einher, da der Verkehr der Daseinsvorsorge dienen soll. Diese Pflichten hat der erwerbswirtschaftlich erbrachte Gelegenheitsverkehr (mit Ausnahme des Taxenverkehrs) nicht, sieht sich dafür aber

einigen Regulierungsmaßnahmen ausgesetzt, die gewährleisten sollen, dass der öffentlich finanzierte ÖPNV nicht kannibalisiert wird.

Anders als der von der öffentlichen Hand bestellte (und ko-finanzierte) ÖPNV, welcher der Daseinsvorsorge dient, unterliegt der erwerbswirtschaftliche Gelegenheitsverkehr keinen umfangreichen Pflichten. Somit könnte ein Unternehmen einen erwerbswirtschaftlichen Gelegenheitsverkehr, zum Beispiel in der Form des Mietwagenverkehrs oder des gebündelten Bedarfsverkehrs, an sich nach seinem Belieben dort anbieten, wo der Einsatz besonders lukrativ ist. Dies würde dazu führen, dass ein Verkehr in Konkurrenz zu dem dort bereits bestehenden öffentlich bestellten und der Daseinsvorsorge dienendem ÖPNV treten könnte, ohne jedoch dessen Pflichten zu unterliegen. Ohne eine Verpflichtung zum Betrieb könnte der Gelegenheitsverkehr jederzeit den Verkehr einstellen, wenn die Rentabilität sinkt, zum Beispiel das Anfahren

Gelegenheitsverkehr			
Verkehrsart	Gebündelter Bedarfsverkehr	Taxenverkehr	Mietwagenverkehr
Buchung	Vorausbuchung einzelner Sitzplätze	Vorausbuchung Annahme von Winkaufträgen	Vorausbuchung Anmietung des Fahrzeugs im Ganzen
Bündelung	ja	Fahrtwunschbündelung bei Zustimmung Fahrgast	nein
Zu- und Ausstiegspunkte	individuelle Halte ggf. auf virtuelle Haltepunkte beschränkt	individuelle Halte Bereithaltung an behördlichen zugelassenen Stellen	individuelle Halte
Ziel	Zielbestimmung durch Fahrgast		
Routing	Begrenzung auf Gemeinde- gebiet des Unternehmenssitz	freie Fahrt	
Entgelt	Mindestbeförderungsentgelt	Taxitarif	frei verhandelbar

Abbildung 10: Darstellung der Merkmale der Verkehrsarten des Gelegenheitsverkehrs

touristischer Ziele bei schlechtem Wetter. Damit wird der zur Daseinsvorsorge verpflichtete ÖPNV zusätzlich wirtschaftlich unter Druck gesetzt, da er gegen einen Wettbewerber antreten müsste, der eben nicht zur Bedienung verpflichtet ist, der nicht Randzeiten und Randgebiete abdecken muss und der auch keine Vorgaben hinsichtlich seiner Tarife bekommt.

Durch die zu erwartende Automatisierung der Verkehre könnte die Bedrohung des ÖPNV durch autonome Gelegenheitsverkehre zunehmen, da auch geringere Personalkosten anfallen können. Neben diesem ungleichen Wettbewerb soll zudem unter Umweltaspekten verhindert werden können, dass ineffiziente Verkehre entstehen,

wenn beispielsweise finanzstarke Unternehmen die Städte mit einer großen Fahrzeugmenge fluten, um Marktanteile zu gewinnen.

Um dieses Ungleichgewicht wettzumachen, sind Regulierungswerkzeuge vorgesehen.⁷⁵⁾ In Abbildung 11 und nachfolgend werden die Pflichten des ÖPNV und des Gelegenheitsverkehrs vorgestellt.

Zu den Pflichten des ÖPNV (Linien- und Linienbedarfsverkehr) gehören:

- Barrierefreiheit gemäß § 8 Abs. 3 S. 3 PBefG: Der Inhalt dieses Ziels richtet sich nach dem Stand der Technik in Bezug auf die Ausstattung serien-

Anforderungen Genehmigungsbehörde/ Aufgabenträger	Verkehrsarten				
	ÖPNV		Gelegenheitsverkehr		
	Linienverkehr	Linienbedarfsverkehr	Gebündelter Bedarfsverkehr	Taxenverkehr	Mietwagenverkehr
Routing und Zustieg	Fahrplanpflicht Spontanfahrt möglich	Vorausbuchung Fahrtwunschbündelung Festes Bediengebiet	Vorausbuchung Fahrtwunschbündelung	Spontanfahrt Vorausbuchung Fahrtwunschbündelung bei Zustimmung Fahrgast	Vorausbuchung
Zu- und Ausstiegspunkte	Feste Haltestellen	individuelle Halte; ggf. auf virtuelle Haltepunkte beschränkt	individuelle Halte; ggf. auf virtuelle Haltepunkte beschränkt	individuelle Halte	individuelle Halte
Pflichten	Betriebspflicht Beförderungspflicht Tarifpflicht Pflicht zur Barrierefreiheit		Spezifische Rechte und Pflichten von Genehmigungsbehörde	Betriebspflicht Beförderungspflicht Tarifpflicht Kontingentierung	nur Pkw Auftragsannahme am Betriebssitz Rückkehrpflicht
Versagungsgründe	§ 13 Abs. 2 Nr. 3 PBefG		§ 13 Abs. 5a, 5b PBefG	§ 13 Abs. 4, 5b PBefG	§ 13 Abs. 5b PBefG

Abbildung 11: Gegenüberstellung von ÖPNV und Gelegenheitsverkehr

75) Die Regulierungswerkzeuge greifen zwar in die grundgesetzlich geschützte Berufsfreiheit (Art. 12 GG) ein, sodass die Rechtfertigungsanforderungen für diesen Eingriff sehr hoch sind. Da die Funktionsfähigkeit des öffentlichen Personennahverkehrs jedoch vom Bundesverfassungsgericht als überragend wichtiges Gemeinschaftsgut eingestuft wurde (BVerfGE 11, 168,184), lässt sich der Eingriff in die Berufsfreiheit mit dem Schutz des öffentlichen Personennahverkehrs rechtfertigen.

mäßig hergestellter Fahrzeuge und Haltestellen.

- Beförderungspflicht gemäß § 22 PBefG: Pflicht zur Erbringung der genehmigten Beförderung
- Betriebspflicht gemäß § 21 PBefG: Einrichtung und Aufrechterhaltung des Betriebs
- Tarifpflicht gemäß § 39 PBefG: Fahrpreise werden durch Fahrpreistarife für einen gewissen Zeitraum festgelegt. Dabei werden dem oder den Beförderungsunternehmen bestimmte Entgelte zugeordnet, die sich nach den jeweiligen Beförderungsleistungen richten.
- Fahrplanpflicht gemäß § 40 PBefG beziehungsweise beim Linienbedarfsverkehr die Festlegung eines Bediengebietes mit Bedienzeiten gemäß § 44 PBefG

Pflichten des Gelegenheitsverkehrs (Taxi-, Mietwagen- und gebündelter Bedarfsverkehr)

Da die erwerbswirtschaftlichen Gelegenheitsverkehre nicht in gleichem Umfang den Pflichten des ÖPNV unterliegen, gibt das PBefG den Genehmigungsbehörden Werkzeuge an die Hand, um die Gelegenheitsverkehre so zu regulieren, dass sie den öffentlichen Verkehrsinteressen nicht entgegenstehen und somit den bestehenden ÖPNV nicht kannibalisieren.

Der Taxenverkehr hat unter den Gelegenheitsverkehren eine Sonderrolle, da auch der Taxenverkehr gewissen Pflichten unterliegt, um dem Gemeinwohl zu dienen. Diese sind:

- Beförderungspflicht nach § 22 PBefG
- Betriebspflicht nach § 21 PBefG
- Tarifpflicht nach § 51 PBefG, wobei Landesregierungen beziehungsweise Kommunen Tarife

lockern können (Festpreise und Tarifkorridore bei vorbestellten Fahrten oder für bestimmte Strecken).

- Kontingentierung nach § 13 Abs. 4, 5 PBefG: Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Verkehre durch Begrenzung der Genehmigungen
- Möglichkeit der Genehmigungsbehörde, Emissionsvorgaben nach § 13 Abs. 5b S. 1 PBefG und Vorgaben nach § 13 Abs. 5b S. 2 in Verbindung mit § 64c PBefG zur Barrierefreiheit zu treffen

Für den Verkehr mit Mietomnibussen und Mietwagen gelten folgende (teilweise optionale) Pflichten:

- Keine Beförderungs- und Betriebspflicht
- Möglichkeit der Genehmigungsbehörde:
 - tarifbezogene Regelungen, insbesondere Mindestbeförderungsentgelte nach § 49 PBefG festzulegen,
 - Emissionsvorgaben nach § 13 Abs. 5b S. 1 PBefG zu treffen,
 - Ausnahmen von der Rückkehrpflicht nach § 49 Abs. 5 PBefG festzulegen (andere Abstellorte, die jedoch mindestens 15 Kilometer voneinander entfernt sein müssen)
 - In Städten mit mehr als 100.000 Einwohnenden kann die Genehmigungsbehörde zum Schutz der öffentlichen Verkehrsinteressen die in ihrem Bezirk geltenden Regelungen für den gebündelten Bedarfsverkehr auch auf den in ihrem Bezirk betriebenen Verkehr mit Mietwagen anwenden, wenn per App vermittelter Verkehr mit Mietwagen einen Marktanteil von 25 Prozent am Fahrtaufkommen im Gelegenheitsverkehr mit Taxen, Mietwagen und gebündelten Bedarfsverkehr überschreitet (vgl. § 49 Abs. 4 S. 7 PBefG) und

- Rückkehrpflicht zum Betriebssitz (vgl. § 49 Abs. 4 S. 3 PBefG) nach Ausführung des Beförderungsauftrages

Für den Gebündelten Bedarfsverkehr gemäß § 50 PBefG gelten folgende (teilweise optionale) Pflichten:

- Verpflichtend von der Genehmigungsbehörde:
 - (Im Einvernehmen mit dem Aufgabenträger) festzulegende Bündelungsquote im Stadt- und Vorortverkehr (vgl. § 50 Abs. 3 PBefG) und
 - festzulegendes Mindestbeförderungsentgelt (vgl. § 51a Abs. 2 PBefG)
- Möglichkeit der Genehmigungsbehörde:
 - Rückkehrpflicht zum Betriebssitz oder zu einem anderen Abstellort gemäß § 50 Abs. 1 S. 3 PBefG zu bestimmen, soweit öffentliche Verkehrsinteressen dies erfordern
 - Beförderung gemäß § 50 Abs. 2 S. 2 PBefG zeitlich und räumlich zu beschränken, soweit öffentliche Verkehrsinteressen dies erfordern
 - (im Einvernehmen mit anderen Genehmigungsbehörden und Aufgabenträgern) die Beförderung gemäß § 50 Abs. 2 S. 3 PBefG auch außerhalb des Betriebssitzes des Unternehmers zu gestatten und so das Beförderungsbereich zu erweitern
 - zum Schutz öffentlicher Verkehrsinteressen individuelle Anforderungen gemäß § 50 Abs. 4 S. 2 PBefG zu folgenden Maßnahmen einzuführen: in Verbindung mit § 13 Abs. 5b S. 2 und § 64c Abs. 2 PBefG Einführung von Maßnahmen zu Rückkehrpflicht, Abstellort, Bündelungsquote außerhalb des Stadt- und Vorortverkehrs, Vorgaben zur Barrierefreiheit und in Verbindung mit § 13 Abs. 5b S. 1, § 1a und § 64b PBefG Einführung von Maß-

nahmen zu Emissionsstandards von Fahrzeugen beziehungsweise Einsatz lokal emissionsfreier Fahrzeuge

- Sozialstandards nach § 50 Abs. 4 S. 3 PBefG (zum Beispiel Regelungen zu Arbeitszeiten, Entlohnung und Pausen) festzulegen
- Höchstbeförderungsentgelte sowie den Zeitpunkt, zu dem diese Entgelte zur Anwendung kommen sollen, nach § 51a Abs. 2 S. 2 PBefG festzulegen
- Fahrzeugobergrenze (Kontingentierung) nach § 13 Abs. 5a PBefG festzulegen, bei deren Erreichen keine weiteren Fahrzeuge für die Durchführung des gebündelten Bedarfsverkehrs mehr zugelassen werden

Um kontrollieren zu können, ob die Vorgaben des PBefG eingehalten werden und gegebenenfalls verkehrslenkend einzugreifen, findet behördlicherseits ein Monitoring nach § 3a PBefG statt, wobei die Behörden über den Nationalen Zugangspunkt Zugriff zu den von den Verkehrsunternehmen und Vermittlern verpflichtend bereitzustellenden statischen und dynamischen Daten erhalten.

6.1.2.2 *Betriebserlaubnis für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion*

Av-Fahrzeuge benötigen eine Betriebserlaubnis, welche die Erfüllung technischer Anforderungen bescheinigt. Die Betriebserlaubnis für den Einsatz eines av-Fahrzeuges im Regelbetrieb muss von den Herstellern des Fahrzeuges eingeholt werden. Die Erprobungsgenehmigung wird auf Antrag des Fahrzeughalters erteilt, wobei Fahrzeughalter und Fahrzeughersteller in dem Entwicklungsstadium regelmäßig identisch sein werden. Daher wird über den Prozess der Erteilung nur ein kurzer Überblick gegeben.

Betriebserlaubnis Regelbetrieb

Das KBA ist die zentrale und bundeseinheitlich zuständige Behörde für die Erteilung von Betriebserlaubnissen für Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion nach § 1e Abs. 4 Satz 1 StVG in Verbindung mit § 3 Abs. 1 AFGBV und von Erprobungsgenehmigungen nach § 1i Abs. 1 Nr. 1 StVG in Verbindung mit § 16 AFGBV.

Kern der durch den Fahrzeughersteller initiierten Prüfung des KBA ist die Feststellung nach § 3 ff. AFGBV, ob das av-Fahrzeug den, in den Anlagen der AFGBV beschriebenen, technischen Anforderungen entspricht. Dabei hat der Fahrzeughersteller insbesondere verbindlich zu erklären, dass das av-Fahrzeug die funktionalen Anforderungen erfüllt. Dies betrifft auch die Abnutzung und Alterung der Komponenten.

Die bei der Prüfung getroffenen Feststellungen des KBA dienen der zuständigen Behörde bei der späteren Genehmigung eines Betriebsbereichs nach § 9 Abs. 2 AFGBV als Grundlage, um zu beurteilen, ob der festgelegte Betriebsbereich für den Betrieb des av-Fahrzeugs geeignet ist.

Erprobungsgenehmigung

Es ist davon auszugehen, dass nicht alle av-Fahrzeuge direkt im Regelbetrieb fahren und genehmigt werden, sondern in der Übergangsphase oder Weiterentwicklung einzelne avF-Funktionen erprobt werden. Dies wird durch die sogenannte Erprobungsgenehmigung nach § 1i StVG und § 16 AFGBV ermöglicht, die für individuelle Fahrzeuge gilt. Die Erprobungsgenehmigung ist auf die Erprobung sogenannter „Erlkönige“ ausgerichtet, und soll es vor allem den Herstellern erleichtern, bundeseinheitlich neue Systeme erproben zu können.⁷⁶⁾ Die Erprobungsgeneh-

migung dient gemäß § 1i Abs. 1 Nr. 3 StVG ausschließlich der (technischen) Erprobung einer avF-Funktion und nicht der Erprobung z. B. eines Einsatzes für die Personenbeförderung. Die Nutzung eines Fahrzeuges mit Erprobungsgenehmigung für die Personenbeförderung im Sinne des PBefG ist nicht gestattet. Für Fahrzeuge mit einer Erprobungsgenehmigung kann darüber hinaus kein Betriebsbereich entsprechend § 9 AFGBV genehmigt werden, da hierfür gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 1 AFGBV eine Betriebserlaubnis für ein av-Fahrzeug entsprechend § 4 AFGBV notwendig und eine Erprobungsgenehmigung somit nicht ausreichend ist.

Merkmal der Art der Genehmigung ist, dass andere Anforderungen an den Betrieb gestellt werden und der Betrieb nicht notwendigerweise auf einen bestimmten Bereich beschränkt ist (aber durch das KBA gemäß § 1i Abs. 2 Satz 2 StVG über Nebenbestimmungen auf einen bestimmten Bereich beschränkt werden kann). Es gelten höhere Anforderungen an die Technische Aufsicht, die vor Ort (in der Nähe des Fahrzeuges) anwesend sein muss. Neben der Deaktivierung der avF-Funktion ist auch eine Übersteuerungsmöglichkeit dieser notwendig, sodass die Technische Aufsicht unmittelbar in die Fahrzeugsteuerung eingreifen kann. Mit beiden Maßnahmen wird dem Sicherheitsgedanken Rechnung getragen. Besonderheit der Erprobungsgenehmigung ist, dass diese einer zeitlichen Befristung von vier Jahren unterliegt, wobei eine Verlängerungsoption von zwei weiteren Jahren besteht.

Marktüberwachung

Das KBA ist neben der Erteilung und dem Widerruf der Betriebserlaubnis auch für die Marktüberwachung der Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion zuständig. Dabei wird dem KBA

⁷⁶⁾ vgl. BT-Drucksache 19/27439 (2021), S.29

für die Bewertung der informationstechnischen Sicherheit das BSI an die Seite gestellt. Im Zuge der Marktüberwachung wird geprüft, ob die auf dem Markt bereitgestellten oder im Verkehr befindlichen av-Fahrzeuge den Anforderungen der AFGBV genügen oder gegebenenfalls eine Gefahr, zum Beispiel für Personen oder die Umwelt, darstellen.

6.1.2.3 Genehmigung von Betriebsbereichen

Die hier angesprochenen av-Fahrzeuge entsprechen dem SAE-Level 4 und können nicht überall, sondern nur in Bereichen selbstständig fahren, in denen Bedingungen vorherrschen, die von den Fahrzeugen bewältigt werden können. Da in der Regel erst der Fahrzeughalter über den tatsächlichen Einsatzort des av-Fahrzeuges entscheidet, ist es dessen Aufgabe, bei der zuständigen Behörde einen Betriebsbereich nach § 1e Abs. 1 Nr. 3 StVG in Verbindung mit § 7 Abs. 2 AFGBV zu beantragen, in welchem das av-Fahrzeug fahrerlos eingesetzt werden darf.

Dabei richtet sich die Zuständigkeit der genehmigenden Behörde danach, wo der Betriebsbereich liegen soll. Je nach Straßenart kann sich die Zuständigkeit daher aus Bundes- oder Landesrecht ergeben. Auf Bundesfernstraßen, soweit dem Bund die Verwaltung zusteht, ist die Autobahn GmbH zuständig. Eine einheitliche Zuständigkeit auf Landesebene besteht nicht, da das StVG und die AFGBV bundesrechtliche Regelungen sind, die aufgrund der verfassungsrechtlich gewährten Organisationshoheit der Länder nicht in deren Zuweisungskompetenzen eingreifen können. Die zuständige Behörde zur Genehmigung der Betriebsbereiche muss daher in den meisten Bundesländern noch durch Landesrecht bestimmt werden. Folgende Bundesländer haben bereits auf landesrechtlicher Ebene geregelt,

welche Behörde für die Genehmigung der Betriebsbereiche zuständig ist (Stand Dezember 2023):

- Bayern: Zuständige Behörde ist die Landesbauverwaltung Bayern.⁷⁷⁾
- Hessen: Zuständige Behörde ist das Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement gemäß § 1a Verordnung zur Bestimmung verkehrsrechtlicher Zuständigkeiten (StVRZustV).
- Schleswig-Holstein: Zuständige Behörde sind die Landrätinnen und Landräte sowie die Bürgermeisterinnen und Bürgermeister der kreisfreien Städte als Kreisordnungsbehörden gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 7 Straßenverkehrsrechts-Zuständigkeitsverordnung Schleswig-Holstein (StrVRZustVO).
- Thüringen: Zuständige Behörde ist das Landesverwaltungsamt gemäß § 11 Abs. 1 Nr. 1 Thüringer Verordnung zur Übertragung von Ermächtigungen und über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Straßenverkehrsrechts (StVRZustÜV TH).

Die Zuständigkeitsregelungen auf Landesebene können sowohl zentral, eine Genehmigungsbehörde für das gesamte Bundesland, als auch dezentral, mehrere Genehmigungsbehörden pro Bundesland, ausgerichtet sein.

Wird ein Betriebsbereich in einem Bundesland angestrebt, welches noch keine Zuständigkeitsregelungen getroffen hat, ist von der allgemeinen landesrechtlichen Zuständigkeitsverteilung der Straßenbaubehörden auszugehen, zum Beispiel Zuständigkeit des Landkreises für Kreisstraßen. Es wird angeraten, den aktuellen Stand der Zuständigkeit nach Landesrecht zu ermitteln und sich bei Fragen zunächst an die jeweilige (oberste) Straßenbaubehörde des Landes zu wenden.

⁷⁷⁾ Siehe <https://autonomes-fahren.bayern.de/>

Erstreckt sich ein Betriebsbereich über Bundes- und Landesstraßen beziehungsweise über Ländergrenzen, so entscheiden nach § 9 Abs. 4 Satz 2 AFGBV die jeweils zuständigen Behörden nach gegenseitiger Anhörung im Rahmen ihrer Zuständigkeiten. Die ebenfalls betroffenen Gebietskörperschaften, auf deren Gebieten der Betriebsbereich liegt, haben dabei kein Mitspracherecht. Die für die Genehmigung des Betriebsbereichs zuständigen Behörden müssen sich zwar mit den Gebietskörperschaften „ins Benehmen“ setzen, ohne jedoch von einer Zustimmung abhängig zu sein. Dies gilt, sofern nicht der Einsatz von av-Fahrzeugen auf solchen Straßen erfolgt, für die die Gebietskörperschaft nach § 9 Abs. 4 Satz 1 AFGBV originär zuständig ist. Das Zusammenspiel mehrerer Zuständigkeitsbehörden kann insbesondere für die Dauer des Genehmigungsprozesses von Relevanz sein.

Zu beachten ist, dass die Genehmigung gemäß § 7 Abs. 4 AFGBV vorbehaltlich Rechte anderer erteilt wird und eine Genehmigung den Betriebsbereich in seinem Zustand nicht konserviert. Sollte zum Beispiel durch bauliche Änderungen an der Strecke nicht mehr gewährleistet sein, dass das Fahrzeug dort führerlos zurechtkommt, so hat der Fahrzeughalter keinen Anspruch darauf, dass die Strecke im ursprünglichen Zustand verbleibt.

Die für die Genehmigung des Betriebsbereichs zuständige Behörde kann die Begutachtung anhand des Begutachtungsleitfadens „Anforderungen für die Erteilung der Betriebsbereichsgenehmigung gemäß AFGBV“ vornehmen. Es ist zu beachten, dass die Behörde entsprechend den örtlichen Gegebenheiten auch abweichende Anforderungen formulieren kann.

Der Begutachtungsleitfaden umfasst in seinen Anlagen sowohl eine Antragsvorlage (Anlage 1) für den Halter des av-Fahrzeugs, als auch eine Checkliste (Anlage 2) für die Beurteilung durch

die genehmigende Behörde, ob das av-Fahrzeug die Fahraufgabe selbstständig bewältigen kann, und ob der Ausschluss der Gefährdung von Leib und Leben von Personen im beantragten Betriebsbereich gewährleistet wird.

Beantragung durch den Fahrzeughalter

Während bei der Beantragung der Betriebserlaubnis den Fahrzeughersteller umfangreiche Nachweispflichten treffen, muss bei der Beantragung des Betriebsbereichs der Fahrzeughalter Nachweise für den sicheren Betrieb führen.

Das in Anlage 1 des Leitfadens abgedruckte Antragsformular ist ein Musterantrag. Die zuständige Behörde ist nicht auf die dort beziehungsweise in der AFGBV genannten Punkte beschränkt, sondern kann nach § 8 Abs. 3 AFGBV vom Fahrzeughalter weitere Angaben verlangen, sofern dies für das Verfahren erforderlich ist.

Der Antrag (Anlage 1 des Leitfadens) ist in zehn Abschnitte unterteilt:

1. Angaben über antragstellende Person
2. Angaben über das Wartungspersonal und die Technische Aufsicht
3. Erklärung des Halters und Nachweise zu Wartungspersonal und Technischer Aufsicht
4. Erforderliche Nachweise bezüglich des Fahrzeugs und autonomer Fahrfunktion
5. Angaben zum Betriebsbereich
6. Angaben zu dem zugrundeliegenden Projekt
7. Rechtliche Hinweise an die antragstellende Person
8. Datenschutzhinweis an die antragstellende Person
9. Raum für Anmerkungen
10. Erklärung über die Richtigkeit und Vollständigkeit der gemachten Angaben der antragstellenden Person

Im Folgenden werden Erläuterungen zu relevanten Antragsinhalten gegeben, wobei durch Verweise kenntlich gemacht wird, wo die Anforderungen ihren normativen Ursprung haben:

Erklärung des Halters und Nachweise zu Wartungspersonal und Technischer Aufsicht (Pkt. 3)

Im dritten Abschnitt hat die antragstellende Person zu erklären, dass die personellen und sachlichen Voraussetzungen gemäß §§ 13 und 14 AFGBV (vgl. § 8 Abs. 1 Nr. 3 AFGBV) vorliegen. Die antragstellende Person hat Nachweise zur persönlichen Geeignetheit und Zuverlässigkeit des Halters oder von dem vom Halter eingesetzten Wartungspersonal und der Technischen Aufsicht vorzulegen.

Die sachlichen Voraussetzungen sind:

- Einhaltung der Wartungsintervalle unter Zugrundelegung der vom Hersteller zur Verfügung gestellten Reparatur- und Wartungsinformationen:
 - Tägliche Abfahrtskontrolle (die Anforderungen zur täglichen Abfahrtskontrolle ergeben sich aus § 13 Abs. 7 AFGBV)
 - Gesamtprüfung nach den Vorgaben des Betriebshandbuchs des Herstellers alle 90 Tage
 - Hauptuntersuchung nach Maßgabe der Anlage VIII in Verbindung mit Anlage VIIIA der StVZO alle sechs Monate
 - Berichts- Dokumentationspflichten gegenüber dem KBA und der den Betriebsbereich genehmigenden Behörde nach dem Stand der Technik (Das Einhalten des Stands der Technik wird gemäß § 13 Abs. 5 Satz 2 AFGBV gesetzlich vermutet, wenn die Vorgaben der ISO 9001:2015 Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe erfüllt werden. Darüber hinaus muss die Dokumentenverwaltung gemäß § 13 Abs. 3 Satz

3 AFGBV den Vorgaben der Artikel 24, 25 und 32 der Verordnung (EU) 2016/679 genügen)

- Bestellen von Personal zur Durchführung der Wartungsaufgaben und der Aufgabe der Technischen Aufsicht
- Bereitstellung und Einrichtung von Räumlichkeiten sowie informationstechnischen Systemen für die Wahrnehmung der Aufgabe der Technischen Aufsicht (siehe Kapitel 5.2.3.4 Betriebsleitzentrale)

Die personellen Voraussetzungen sind:

- Wartungspersonal:
 - Meister-Abschluss im Kraftfahrzeugmechaniker-Handwerk
 - Unter der Voraussetzung, dass eine mindestens dreijährige Tätigkeit im Kraftfahrzeugbereich nachgewiesen werden kann, stehen dem Meister-Abschluss gemäß § 13 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 AFGBV gleich: Abschluss als Diplom-Ingenieurin oder -ingenieur, Diplom-Ingenieurin oder -ingenieur (FH), Ingenieurin oder Ingenieur (graduiert), sowie Bachelor oder Master oder staatlich geprüfte Technikerin oder Techniker in den Fachrichtungen Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Elektrotechnik oder Luft- und Raumfahrttechnik
 - Erfolgreiches Absolvieren einer Schulung gemäß § 13 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 AFGBV in Bezug auf das av-Fahrzeug beim Fahrzeughersteller
 - Zuverlässigkeit gemäß § 8 Abs. 2 Nr. 2 AFGBV in Verbindung mit § 13 Abs. 2 Satz 2 Nr. 3 AFGBV (Führungszeugnis (sogenannte Belegart O zur Vorlage bei einer Behörde) und gegebenenfalls Auskunft aus dem Fahrerlaubnisregister, wenn das Personal im manuellen Betrieb steuern soll)

- Technische Aufsicht:

- Abschluss als Diplom-Ingenieurin oder -ingenieur, Diplom-Ingenieurin oder -ingenieur (FH), Ingenieurin oder Ingenieur (graduiert), sowie Bachelor oder Master oder staatlich geprüfte Technikerin oder Techniker in den Fachrichtungen Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Elektrotechnik oder Luft- und Raumfahrttechnik gemäß § 14 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 lit. a) – c) AFGBV
- Erfolgreiches Absolvieren einer Schulung gemäß § 14 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 AFGBV in Bezug auf das av-Fahrzeug beim Fahrzeughersteller
- Zuverlässigkeit gemäß § 8 Abs. 2 Nr. 2 und 3 AFGBV (Führungszeugnis (Belegart O), Auskunft aus dem Fahrerlaubnisregister und Auskunft über Eintragungen aus dem Fahrerlaubnisregister; sofern in dem Fahrerlaubnisregister mehr als drei Punkte eingetragen sind, ist die Zuverlässigkeit gemäß § 14 Abs. 1 Satz 4 AFGBV nicht gegeben).

- Hilfspersonal der Technischen Aufsicht: ⁷⁸⁾

- Mindestens 3-jährige Berufserfahrung im Bereich des Verkehrs- oder Kraftfahrzeugwesens ⁷⁹⁾
- Erfolgreiches Absolvieren mindestens jährlicher Schulungen gemäß § 14 Abs. 2 Satz 2 AFGBV in Bezug auf das av-Fahrzeug beim Fahrzeughersteller
- Gegebenenfalls gültige Fahrerlaubnis der dem av-Fahrzeug entsprechenden Fahrzeugklasse gemäß § 14 Abs. 2 Satz 5 und 6 AFGBV, wenn die Person Manöver freigeben oder im manuellen Betrieb steuern soll

- Während der Begutachtungsleitfaden (in seiner Nr. 3.4) davon ausgeht, dass für das Hilfspersonal die gleichen Anforderungen hinsichtlich Zuverlässigkeit gelten wie für die Technische Aufsicht, wird eine solche Anforderung in § 14 Abs. 2 AFGBV für das Hilfspersonal der Technischen Aufsicht nicht genannt. Die Genehmigungsbehörde hat jedoch grundsätzlich gemäß § 9 Abs. 5 Satz 1 AFGBV die Möglichkeit Nebenbestimmungen zu erlassen und kann daher auf diesem Wege auch Zuverlässigkeitsanforderungen festlegen.

Erforderliche Nachweise bezüglich des Fahrzeuges und autonomer Fahrfunktion (Pkt. 4)

Im vierten Abschnitt hat die antragstellende Person weitere Nachweise zu erbringen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Hersteller verbindlich erklären muss, dass die technische Ausrüstung des von ihm hergestellten av-Fahrzeuges den gesetzlichen Anforderungen gemäß § 1f Abs. 3 Nr. 4 StVG, die an av-Fahrzeuge gestellt werden, erfüllt. Es ist daher nicht die Aufgabe des Halters, die Gesetzeskonformität des av-Fahrzeuges nachzuweisen, sondern die des Herstellers im Rahmen der Erteilung der Betriebserlaubnis. Der Halter hat die entsprechenden Nachweise im Rahmen der Genehmigung des Betriebsbereichs vorzulegen. Nationale Betriebserlaubnis nach § 4 AFGBV für das av-Fahrzeug beziehungsweise eine Gleichwertigkeitsbescheinigung des KBA für Betriebserlaubnisse eines Mitgliedstaates der EU oder des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum. Die Betriebserlaubnis stellt fest, dass das av-Fahrzeug beziehungsweise seine autonome Fahrfunktion StVO-konform

78) Sofern die als Technische Aufsicht eingesetzte Person mit Zustimmung des Fahrzeughalters weiteren Personals zur Durchführung ihrer Aufgaben bedienen will, gelten für dieses delegierte Personal geringere Qualifikationsanforderungen.

79) Der Begutachtungsleitfaden fordert in seiner Nr. 3.4 für „alle an der Technischen Aufsicht eingesetzten Personen (einschließlich Hilfskräfte)“ die Vorlage von Ausbildungsnachweisen im Sinne des § 14 Abs. 1 AFGBV. Die in § 14 Abs. 1 genannten Ausbildungsnachweise beinhalten jedoch die hohen Qualifikationen, wie sie nach dem Willen des Gesetzgebers nur für die Technische Aufsicht selbst, nicht jedoch für das Hilfspersonal vorgesehen sind. Für das Hilfspersonal gelten die Qualifikationsanforderungen aus § 14 Abs. 2 AFGBV.

ist und somit die Verkehrsregeln beherrscht.

Die Betriebserlaubnis wird durch den Hersteller gemäß § 3 Abs. 1 AFGBV beim KBA beantragt und von diesem gemäß § 4 Abs. 1 AFGBV erteilt, wenn das av-Fahrzeug den normativen Anforderungen entspricht.

- Nachweis über die Sicherstellung der Datenverarbeitung gemäß § 1g StVG für eine gegebenenfalls erforderliche Übermittlungsanfrage, auch bereits im Zuge der Antragstellung

- Der Halter ist dazu verpflichtet die in § 1g Abs. 1 Satz 1 Nr. 1-13 StVG genannten Daten⁸⁰⁾ zu speichern. Die Auflistung ist abschließend, sodass weitere Daten nicht gespeichert werden dürfen.⁸¹⁾
- Die für die Genehmigung der Betriebsbereiche zuständige Behörde ist berechtigt, die genannten Daten, Vor- und Nachname der als Technische Aufsicht eingesetzten Person sowie Nachweise über ihre fachliche Qualifikation vom Halter gemäß § 1g Abs. 1 Satz 2, Abs. 6 Satz 1 StVG zu verlangen, um sie zu speichern und zu verwenden, soweit dies für die Prüfung und Überwachung erforderlich ist.
- Die Anforderungen an die Datenverarbeitung ergeben sich aus der Anlage 1 zur AFGBV (dort insbesondere Nr. 13). Der Fahrzeughersteller hat das av-Fahrzeug so auszustatten, dass dem Halter die Speicherung

- der genannten Daten tatsächlich möglich ist (vgl. dazu § 1g Abs. 3 Satz 1 StVG). So hat der Halter gegebenenfalls durch Beibringen eines Sachverständigengutachtens darzulegen, dass er die vom Hersteller zur Verfügung gestellten technischen Möglichkeiten auch tatsächlich nutzt und die normativen Vorgaben zur Datenverarbeitung umsetzt.

Die zuständige Behörde kann darüber hinaus weitere Angaben vom Halter gemäß § 8 Abs. 3 AFGBV verlangen, sofern dies für das Verfahren zur Genehmigung eines festgelegten Betriebsbereichs erforderlich ist. Darunter fallen zum Beispiel Nachweise gemäß § 1f Abs. 3 StVG, die grundsätzlich vom Hersteller des Fahrzeugs zu erbringen sind. Hierunter fällt unter anderem

- der Nachweis des Herstellers über die Sicherung vor Angriffen auf die elektronische und elektrische Architektur,⁸²⁾
- der Nachweis über eine durchgeführte Risiko- beurteilung,⁸³⁾
- Darlegung eines Maßnahmenplans für den Fall einer Manipulation an oder mit dem Kraftfahrzeug in Verbindung stehenden elektronischen oder elektrischen Architektur und
- Zusicherung, dass unerlaubte Zugriffe und Manipulationen unverzüglich dem KBA und der nach

80) Die Daten sind: 1. Fahrzeugidentifizierungsnummer, 2. Positionsdaten, 3. Anzahl und Zeiten der Nutzung sowie der Aktivierung und der Deaktivierung der autonomen Fahrfunktion, 4. Anzahl und Zeiten der Freigabe von alternativen Fahrmanövern, 5. Systemüberwachungsdaten einschließlich Daten zum Softwarestand, 6. Umwelt- und Wetterbedingungen, 7. Vernetzungsparameter wie beispielsweise Übertragungslatenz und verfügbare Bandbreite, 8. Name der aktivierten und deaktivierten passiven und aktiven Sicherheitssysteme, Daten zum Zustand dieser Sicherheitssysteme sowie die Instanz, die das Sicherheitssystem ausgelöst hat, 9. Fahrzeugbeschleunigung in Längs- und Querrichtung, 10. Geschwindigkeit, 11. Status der lichttechnischen Einrichtungen, 12. Spannungsversorgung des Kraftfahrzeuges mit autonomer Fahrfunktion, 13. von extern an das Kraftfahrzeug gesendete Befehle und Informationen.

81) BeckOK StVR/Will, 21. Ed. 15.10.2023, StVG § 1g Rn. 7

82) Ein entsprechender Nachweis kann beispielsweise durch die Dokumentation der Soft- und Hardwarestrategien erbracht werden, die im av-Fahrzeug und der mit dem Fahrzeug verknüpften, elektronischen und elektrischen Architektur eingesetzt werden, vgl. BeckOK StVR/Will, 21. Ed. 15.10.2023, StVG § 1f Rn. 42.

83) Ein entsprechender Nachweis kann zum Beispiel dadurch erbracht werden, dass der Hersteller darlegt, wie genau er die festgestellten Risiken vermeiden kann, vgl. BeckOK StVR/Will, 21. Ed. 15.10.2023, StVG § 1f Rn. 47.

Bundes- oder Landesrecht zuständigen Behörde oder auf Bundesfernstraßen, soweit dem Bund die Verwaltung zusteht, der Gesellschaft privaten Rechts im Sinne des Infrastrukturgesellschaftserichtungsgesetzes mitgeteilt werden.⁸⁴⁾

Angaben zum Betriebsbereich (Pkt. 5)

Im fünften Abschnitt hat die antragstellende Person Angaben hinsichtlich des gewünschten Betriebsbereichs abzugeben, um darzulegen, dass der Betriebsbereich sich für den Einsatz des av-Fahrzeuges eignet. Zur planerischen Perspektive siehe Abschnitt 5.2 Betriebsbereiche. Sofern die Fahrzeuge baugleich sind, kann die Betriebsbereichsgenehmigung nach § 7 Abs. 3 AFGBV auch für mehrere dieser baugleichen Fahrzeuge erteilt werden.

- Konkrete Bestimmung des vorgesehenen Betriebsbereichs gemäß § 1d Abs. 2 StVG in Verbindung mit § 7 Abs. 1 und Abs. 2 Satz 1 AFGBV durch den Halter des av-Fahrzeuges: örtlich und räumlich bestimmter öffentlicher Straßenraum, in dem ein av-Fahrzeug bei Vorliegen der Voraussetzungen gemäß § 1e Abs. 1 StVG betrieben werden soll
- Darstellung des konkretisierten, als Betriebsbereich festgelegten Streckennetzes gemäß

§ 8 Abs. 1 Nr. 1 AFGBV für den Betrieb des Fahrzeuges, mit Darstellung eines kartographisch umgrenzten Bereichs in geeigneter digitaler Form;⁸⁵⁾ dabei darf das Gebiet nicht lediglich grob umrissen werden, sondern muss so konkretisiert sein, dass sich ein Streckennetz ergibt und die zum Betriebsbereich gehörenden Straßenabschnitte eindeutig gekennzeichnet sind.⁸⁶⁾

- Die den Betriebsbereich genehmigende Behörde kann gemäß § 8 Abs. 3 AFGBV weitere Angaben vom Halter verlangen, sodass es ratsam ist, möglichst detaillierte Informationen zum betreffenden Gebiet, welches als Betriebsbereich genehmigt werden soll, bereitzuhalten.⁸⁷⁾
- Angabe einer konkreten Beschreibung des Betriebszwecks und der damit verbundenen Betriebsbedingungen gemäß § 8 Abs. 1 Nr. 1 AFGBV. Hier ist darzustellen, ob das av-Fahrzeug zum Beispiel zur Personen- oder Güterbeförderung eingesetzt werden soll oder ob es bestimmte Infrastrukturanforderungen gibt.⁸⁸⁾
- Nachweis des Halters, dass die Deaktivierbarkeit der avF-Funktion in diesem Betriebsbereich zu jeder Zeit gewährleistet ist (vgl. § 8 Abs. 1 Nr. 2 AFGBV).⁸⁹⁾ Bezüglich der erforderlichen Funk-

84) Diese geforderte Zusicherung über die Meldung unerlaubter Zugriffe ist eine Pflicht, die den Hersteller adressiert (§ 1f Abs. 3 Nr. 6 StVG), sodass der Halter die Zusicherung des Herstellers vorzulegen hat.

85) Eine Vorgabe, was eine „geeignete“ digitale Form ist, machen weder StVG noch AFGBV, sondern überlassen dies der jeweiligen Behörde. Daher ist es an dieser Stelle angezeigt, sich mit der zuständigen Behörde in Verbindung zu setzen, um deren Vorgaben abzufragen.

86) Kennzeichnung zum Beispiel entsprechend des „Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989“ (ETRS89) in Verbindung mit dem „Universalen Transversalen Mercator“ (UTM), vgl. Begutachtungsleitfaden zur AFGBV Nr. 3.1.

87) Mögliche Informationen (nicht abschließend): Bahnübergänge, Einrichtungen des ÖPNV, Einrichtungen mit erhöhtem Gefährdungspotenzial (Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser etc.), Fahrbahngeometrie, Fahrtrichtungen, Gefahrenstellen, Intelligente Infrastruktur (V2X), Topografie, Verkehrszeichen (Beschilderung und Markierungen), Verwaltungsgrenzen auf Gemeindeebene (flurstückscharf), vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGBV Nr. 3.1.

88) Sofern die Betriebserlaubnis des av-Fahrzeuges Vorgaben hinsichtlich der Infrastruktur macht (zum Beispiel Kurvenradius, Ampel mit V2X-Kommunikation), kommen nur Strecken als Betriebsbereich in Betracht, in denen diese Anforderungen erfüllt werden.

89) Der Halter muss in diesem Zusammenhang nachweisen, dass das av-Fahrzeug „jederzeit durch die Technische Aufsicht oder durch Fahrzeuginsassen deaktiviert“ werden kann (§ 1e Abs. 2 Nr. 8 StVG) und über eine (redundante) „ausreichend stabile und vor unautorisierten Eingriffen geschützte Funkverbindungen, insbesondere zur Technischen Aufsicht“ verfügt (§ 1e Abs. 2 Nr. 10 StVG) ohne die eine Deaktivierung aus der Ferne nicht möglich wäre. Für den Nachweis kann auf das vom Hersteller entsprechend § 12 Abs. 1 Nr. 2 lit. a) AFGBV beziehungsweise § 12 Abs. 1 Nr. 2 lit. c) in Verbindung mit Abs. 6 AFGBV zu erstellende Sicherheitskonzept (Anlage 1 Nr. 7 der AFGBV) sowie

verbindung unter anderem zur Deaktivierung der autonomen Fahrfunktion ist anzunehmen, dass die Behörde zum Beispiel Karten zur Netzabdeckung fordert und die Genehmigung unter Umständen nur dann erteilt, wenn sich die antragstellende Person bestimmte Mobilfunkkapazitäten durch den/die Mobilfunkanbieter für den sicheren Betrieb freihalten lässt.

- Nachweis des Halters, dass die Möglichkeit der Freigabe von Fahrmanövern im Sinne des § 1e Abs. 3 StVG in diesem Betriebsbereich zu jeder Zeit gewährleistet ist (vgl. § 8 Abs. 1 Nr. 2 AFGBV).⁹⁰⁾ Für den Nachweis der Manöverfreigabe gelten die Ausführungen zum Nachweis der Deaktivierbarkeit.
- Die den Betriebsbereich genehmigende Behörde kann die Genehmigung nach § 9 Abs. 5 AFGBV jederzeit mit Nebenbestimmungen versehen und zum Beispiel auch befristete Verbote der Personen- oder Güterbeförderung erlassen.

Bei einem Änderungsantrag zum Betriebsbereich oder Antrag auf Ruhen der Betriebsbereichsgenehmigung gilt gemäß § 10 Abs. 1 Nr. 6 AFGBV (wenn zum Beispiel aufgrund von Baustellen und anderen Störungen nicht mehr gewährleistet ist, dass die Genehmigungsvoraussetzungen des § 9 AFGBV vorliegen):

- Im Zuge von Veränderungen im Betriebsbereich ist zu prüfen, ob aufgrund der Änderung der Straßeninfrastruktur ein (vorübergehendes) Ruhen der Genehmigung erforderlich ist, oder der Betriebsbereich interimsmäßig angepasst und genehmigt werden muss.

- Eine Mitteilung an die Genehmigungsbehörde, gegebenenfalls unter Darstellung des geänderten, konkretisierten Bereichs, hat umgehend zu erfolgen.

Die für die Genehmigung des Betriebsbereichs zuständige Behörde wird die Geeignetheit des Betriebsbereichs nach folgenden Maßgaben ermitteln:

Die für die Genehmigung des Betriebsbereichs zuständige Behörde kann entweder selbst, durch Sachverständige, Prüfdienste oder andere geeignete Stellen gemäß § 9 Abs. 3 AFGBV begutachten lassen, ob die Anforderungen des Betriebsbereichs mit den Fähigkeiten des Fahrzeuges übereinstimmen, oder dem Halter auferlegen, dass er ein entsprechendes Gutachten auf eigene Kosten vorlegt. Ob das av-Fahrzeug die Fahraufgabe selbstständig bewältigen kann, wird anhand des „Musterkatalog Fahraufgaben im festgelegten Betriebsbereich“ der Anlage 2 des Begutachtungsleitfadens überprüft. Sollte an einzelnen Streckenabschnitten festgestellt werden, dass das av-Fahrzeug den Anforderungen nicht genügt, wird die Behörde der antragstellenden Person die Möglichkeit einräumen, den Betriebsbereich so anzupassen, dass ein sicherer Betrieb gewährleistet ist.

Der Betriebsbereich ist gemäß § 9 Abs. 2 Satz 1 AFGBV geeignet, wenn:

- das Fahrzeug nach den Feststellungen der Betriebserlaubnis die Fahraufgabe innerhalb des Betriebsbereichs selbstständig bewältigen kann. Dabei wird die durch den Hersteller vorgegebene

die Test- und Validierungsmethoden (Anlage 1 Nr. 10 der AFGBV) zurückgegriffen werden, um den Nachweis der Deaktivierbarkeit vor Ort zu erbringen.

90) Der Halter hat in diesem Zusammenhang nachzuweisen, dass das av-Fahrzeug tatsächlich in der Lage ist, aus dem risikominimalen Zustand heraus, Fahrmanöver vorzuschlagen, die dann von der Technischen Aufsicht freigegeben und sodann durch das av-Fahrzeug eigenständig ausgeführt werden können (§ 1e Abs. 2 Nr. 4 und § 1e Abs. 3 StVG). Auch hier ist bei einer außerhalb des av-Fahrzeuges eingesetzten Technischen Aufsicht die (redundante) „ausreichend stabile und vor unautorisierten Eingriffen geschützte Funkverbindungen, insbesondere zur Technischen Aufsicht“ essenziell (§ 1e Abs. 2 Nr. 10 StVG).

ne und das KBA festgestellte ODD des Fahrzeuges mit den Gegebenheiten vor Ort abgeglichen

und durch Realfahrten auf, zum Beispiel auf repräsentativen und/oder kritischen Abschnitten und bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen, Tageszeiten und Verkehrsaufkommen, der Strecke verifiziert.

- Es ist anzunehmen, dass die den Betriebsbereich genehmigende Behörde sich bezüglich der repräsentativen Abschnitte an dem Begutachtungsleitfaden orientiert. Dieser schlägt folgende Untergliederung in sechs unabhängige Ebenen vor:⁹¹⁾

1. Straßengeometrie⁹²⁾
2. Straßenausstattung und Verkehrsregeln⁹³⁾
3. Temporäre Veränderungen und Ereignisse, zum Beispiel Arbeitsstellen⁹⁴⁾
4. Dynamische Objekte, zum Beispiel verkehrsrelevante Objekte wie Kraftfahrzeug-, Rad- und Fußverkehr⁹⁵⁾
5. Umfeldbedingungen, zum Beispiel Lichtverhältnisse, Fahrbahnglätte⁹⁶⁾
6. Digitale Informationen, zum Beispiel V2X, digitale Karten⁹⁷⁾

- Der Begutachtungsleitfaden schlägt vor, dass bei einem Auftreten mindestens einer der Ebenen, ergänzende Untersuchungen in den repräsentativen Abschnitten in Erwägung gezogen werden sollten, wobei insbesondere auf Abschnitte mit besonders schutzbedürftigen Verkehrsteilnehmenden oder Unfallauffälligkeiten geachtet werden soll.

- Der Begutachtungsleitfaden fordert, dass die Technische Aufsicht während der Realfahrten vor Ort, beziehungsweise im av-Fahrzeug, anwesend ist, um im Bedarfsfall das System zu deaktivieren oder Fahrmanöver freizugeben. Bei diesen Realfahrten handelt es sich um Fahrten zur Überprüfung der Fahrzeugfähigkeiten auf repräsentativen beziehungsweise kritischen Abschnitten.

- Auszugehen ist darüber hinaus auch von Tests, ob die Mobilfunkabdeckung in Häuserschluchten/Tunneln/Waldstrecken das Interagieren mit der Technischen Aufsicht zulässt und ob das av-Fahrzeug die Grenzen seines Betriebsbereichs korrekt erkennt beziehungsweise das Versetzen in den risikominimalen Zustand funktioniert.

91) Der Untergliederungsvorschlag beruht auf den Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt „PEGASUS“; Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

92) Y-Kreuzung; spitzwinkelige Einmündungen; Knotenpunkte mit mehr als vier Armen; Turbokreisverkehr; zu geringe Anfahrtsicht; enge Einmündungen (zum Beispiel in Altstadtbereichen); Radienfolge im zu vermeidenden Bereich, vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

93) Andersfarbige Fahrbahnoberflächen von Radverkehrsanlagen; nicht im Verkehrszeichenkatalog (VzKat) enthaltene Zusatzzeichen, vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

94) Sicherung eines Konvois durch die Polizei; komplizierte Verkehrsführung im Baustellenbereich; Unfallstelle; Veranstaltungen/Versammlungen, vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

95) Elektrokleinstfahrzeuge sowie Radverkehr (zum Beispiel auch querender Radverkehr auch über Fußgängerüberwege); landwirtschaftliche Sonderfahrzeuge; Großraum- und Schwertransporte und deren mobile Begleitfahrzeuge; Pferde-Fuhrwerke, Tiere auf der Fahrbahn; Kommunalfahrzeuge, wie Straßenreinigung, Müllsammler inklusive Personal; Einsatzfahrzeuge (zum Beispiel landesspezifische Merkmale), vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

96) Laub auf der Fahrbahn; Schneeverwehungen; Nebelbänke; Überschwemmungen; Sandstürme, vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

97) Kommunikation mit Technischer Aufsicht im Bereich eines Tunnels oder anderer Hindernisse für die Datenübertragung, vergleiche Begutachtungsleitfaden zur AFGVB Nr. 5.1.

- die Straßeninfrastruktur den technischen Anforderungen des Fahrzeuges entspricht. Intention des Ordnungsgebers war es laut Verordnungsbegründung, die Fahrzeuge möglichst nicht von einer kostenintensiven und aufwändigen zusätzlichen Infrastruktur abhängig zu machen, sodass grundsätzlich davon ausgegangen wird, dass av-Fahrzeuge mit der vorhandenen Infrastruktur zurechtkommen. Die vorhandene Infrastruktur muss jedoch in einem Zustand sein, dass das av-Fahrzeug dort zum Beispiel Beschilderungen und Markierungen auch als solche erkennen kann.
- durch den Betrieb des av-Fahrzeuges in dem Betriebsbereich weder die Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs beeinträchtigt noch Leib und Leben von Personen über das allgemeine Risiko einer Beeinträchtigung durch den für den beantragten Betriebsbereich ortsüblichen Straßenverkehr hinaus erheblich gefährdet werden. Eine Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit läge beispielsweise vor, wenn das av-Fahrzeug auf einer Straße mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h lediglich 30 km/h fahren würde. Besonders an wichtigen Knotenpunkten oder verkehrsensitiven Abschnitten ist daher darauf zu achten, dass gegebenenfalls mit entsprechenden Gutachten/Untersuchungen dargelegt wird, dass der Betrieb des av-Fahrzeuges die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs nicht beeinträchtigt.
- sonstige öffentliche Belange, etwa des Umweltschutzes, zum Beispiel Immissionsschutzes, der Genehmigung nicht entgegenstehen.

Unvorhersehbare Umstände zum Beispiel in Folge höherer Gewalt bleiben unberücksichtigt.⁹⁸⁾

6.1.2.4 Zulassung zum öffentlichen Straßenverkehr

Die letztendliche Genehmigung dafür, dass das av-Fahrzeug sich am öffentlichen Straßenverkehr beteiligen darf, wird durch die Zulassung zum Straßenverkehr erteilt. Zuständig ist nach § 1 Abs. 1 Satz 1 StVG die Zulassungsbehörde. Die örtliche Zuständigkeit gemäß § 75 Abs. 2 Satz 1 Fahrzeug-Zulassungsverordnung (FZV) richtet sich danach, wo die private Person ihren Wohnsitz hat (Nr. 1) beziehungsweise wo die juristische Person / Gewerbetreibende ihren Sitz hat (Nr. 2).

Die Zulassung richtet sich nach § 1 Abs. 1 StVG in Verbindung mit § 11 AFGBV und § 3 Abs. 1 und 2 FZV. Sie unterscheidet sich bei av-Fahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen dadurch, dass gemäß § 11 Abs. 2 Satz 1 AFGBV nicht nur die gültige Betriebserlaubnis und der Nachweis über das Bestehen einer dem Pflichtversicherungsgesetz entsprechenden Kraftfahrzeug-Haftpflichtversicherung, auch für die Technische Aufsicht, § 1 Satz 2 PflVG, vorgelegt werden muss, sondern darüber hinaus auch die gültige Genehmigung eines festgelegten Betriebsbereichs.

Die Zulassung erfolgt gemäß § 3 Abs. 1 Satz 3 FZV bei Erfüllen der Voraussetzungen durch Zuteilung eines Kennzeichens, Abstempelung der Kennzeichenschilder und Ausfertigung einer Zulassungsbescheinigung.

6.1.3 Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen

Av-Fahrzeuge, ihre Ausstattung und (Buchungs-) Software müssen in der Regel durch den Mobilitätsanbieter beziehungsweise die Kommune beschafft werden, da diese die Komponenten in der Regel nicht selbst herstellen. Die öffentli-

98) § 9 Abs. 2 Satz 2 StVG

che Beschaffung, der Kommunen und öffentliche Mobilitätsanbieter unterliegen, umfasst den Erwerb von Gütern und Dienstleistungen durch die öffentliche Hand. Der Erwerb von Gütern und Dienstleistungen erfolgt über Ausschreibungen. Für diese Tätigkeit können Sie auf das Fachpersonal in der Verwaltung zurückgreifen, das vertiefte Kenntnisse zum nationalen und europäischen Rechtsrahmen hat. Diese Kenntnisse sind von Bedeutung, da Rechtsverletzungen den Beschaffungs- und damit Umsetzungsprozess verzögern können. Hilfreich kann das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz sein, welches eine Anlaufstelle für Fragen zu innovativen Beschaffungen darstellt.

Ermitteln Sie zu Beginn des Vergabeverfahrens, was Sie tatsächlich an Gütern und Dienstleistungen benötigen. Dazu ist eine enge Zusammenarbeit zwischen der Beschaffungs- und Fachabteilung notwendig, um den genauen Bedarf zu ermitteln. Tragen Sie anschließend vorhandene Güter oder Dienstleistungen zusammen. Notwendige, aber nicht vorhandene Güter und Dienstleistungen sind zu erwerben. Das heißt, Sie nehmen eine Markterkundung im Sinne des § 28 Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge vor. Berücksichtigen Sie zuvor die für Sie entschiedenen Auswahlkriterien und mögliche Anpassungsbedarfe für das Vorhaben. Legen Sie technische Spezifikationen fest. Sie können dazu leistungsbezogene Kriterien festlegen, die beispielsweise durch die Auftragnehmer zu erfüllen sind. Im Rahmen der Fahrzeugbeschaffung müssen Sie darüber hinaus das Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG) beachten:

- Mindestziele für solche Fahrzeuge, die der Personenbeförderung dienen (vgl. § 6 Abs. 2 SaubFahrzeugBeschG)

- Branchenvereinbarungen, die auf eine ganzheitliche Einhaltung der Mindestziele abstellen (vgl. § 5 Abs. 2 SaubFahrzeugBeschG)

Bei Ausschreibungen, die die Quoten sauberer Fahrzeuge missachten, droht ein Vergaberechtsverstoß.

Im Rahmen der Beschaffung sollten Sie berücksichtigen, in welchem Umfang die Ausschreibung von Einzelleistungen versus Leistungsbündeln rechtlich geboten ist. Grundsätzlich gilt, dass nach der funktionellen Betrachtungsweise Leistungen gebündelt auszuschreiben sind, die hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Funktion einen einheitlichen Charakter aufweisen. Ist hingegen eine getrennte vollständige Nutzung der Anlage ohne Beeinträchtigungen möglich, kann diese als Einzelleistung ausgeschrieben werden.

Im Bereich des avF liegt neben den zu beschaffenden Fahrzeugen ein besonderes Augenmerk darauf, ein konsistentes Ökosystem beziehungsweise kompatible Einzellösungen zu beschaffen. Neben dem Fahrzeug sind hiervon die passende Software sowie insbesondere die Personale der Technischen Aufsicht umfasst. So muss bei der Planung eines bedarfsgesteuerten Verkehrs der Fokus auch auf Applikationen für den Fahrgast und das Fahrpersonal liegen. „Software-as-a-Service“-Verträge erscheinen sinnvoller als die einmalige Beschaffung, um den zukünftigen Weiterentwicklungen der Software Rechnung tragen zu können. Um die Software kennenzulernen und gegebenenfalls ihre Anforderungen zu präzisieren, bietet sich als Verfahrensart insbesondere das Verhandlungsverfahren mit Teilnahmewettbewerb an. Dabei handelt es sich um eine Form der Ausschreibung, hierbei können konzeptionelle und innovativen Lösungen leichter berücksichtigt werden. Um rechtliche Hürden zu minimieren, sollten Sie bei der Anbieterauswahl

berücksichtigen, ob Vorerfahrungen des Software-Partners im deutschen Rechtsraum vorliegen.

- Insbesondere im Bereich des avF stellt sich ebenfalls die Frage, ob sogenannte Full-Service-Angebote eingeholt werden. Dabei handelt es sich um Ausschreibungen, die Fahrzeuge nebst Software, Personal, insbesondere für die Technische Aufsicht, und auch zukünftige Wartungsarbeiten sowie die Abrechnung der Fahrten enthalten. Dabei werden alle Bestandteile durch einen Auftragnehmer (gegebenenfalls mit Subunternehmern) erfüllt. Vorteil ist, Sie haben eine Ansprechperson.
- Alternativ können Ausschreibungen für Einzelleistungen erfolgen. Es ist in diesem Fall durch die Definition technischer Standards sicherzustellen, dass die Leistungen in jeder Hinsicht kombiniert werden können. Beispiel hierfür ist die separate Ausschreibung der Software zur Steuerung des Fahrzeuges.
- Zwischen den Full-Service-Angeboten und der Einzelausschreibung liegen Angebote, die neben der Software noch weitere, jedoch nicht alle für den Einsatz des bedarfsgesteuerten Verkehrs notwendigen Komponenten beinhalten. Durch solche Ausschreibungen wird die Anzahl der erforderlichen Schnittstellen zu anderen Produkten verringert.

Mögliche, nicht abschließende Anforderungen in der Ausschreibung können sein:

- technologische Rahmenbedingungen,
- zu bewältigende Verkehrssituationen (Abbiegemanöver, Höchstgeschwindigkeit, Bewältigung des Mischverkehrs),
- barrierefreie Nutzung,

- Nachhaltigkeit,
- Haltestellen-Service,
- Sensorik,
- Infrastrukturkommunikation,
- Datenschutz und Cybersecurity,
- intermodale Buchung sowie
- Personal für die Technische Aufsicht.

6.2 Umsetzung des Betriebs

Derzeit handelt es sich bei dem avF-Betrieb in Deutschland in der Regel um Testbetriebe; bei denen Klein- und Standardbusse mit Automatisierungsfunktionen des SAE-Level 3 und geringer eingesetzt werden. Der Rhein-Main-Verkehrsverbund setzt im Rahmen des BMDV geförderten Projektes KIRA erste autonome bedarfsgesteuerte av-Flotte im Regelbetrieb auf die Straßen von Darmstadt und im Kreis Offenbach ein.⁹⁹⁾ In Hamburg-Harburg soll es die autonome öffentliche Personenbeförderung ab 2025 im Rahmen des BMDV geförderten Projektes AHOI geben.¹⁰⁰⁾ Ein weiteres On-Demand-Angebot soll im Rahmen des BMDV geförderten Projektes ALIKE ebenfalls in Hamburg ab 2025 Fahrgäste im Realbetrieb befördern.¹⁰¹⁾

6.3 Monitoring, Evaluation & Optimierung

Die Praxisanwendung des avF-Einsatzes kann von einer Fortschritts- und Erfolgskontrolle profitieren. Monitoring beziehungsweise Evaluation ermöglichen die Überwachung der Planungs- und Umsetzungsaktivitäten vor dem Hintergrund des gesetzten Zeit- und Finanzrahmens. Während Sie mit Hilfe eines Monitorings regelmäßig Daten und Informationen erheben, die

99) vgl. KIRA 2024

100) vgl. VHH 2024

101) vgl. Hochbahn 2024

den Umsetzungsfortschritt und das Einhalten von festgelegten Qualitätsstandards überprüfen, betrachten und bewerten Sie im Rahmen der Evaluation die Strukturen und Prozesse, aber auch die erzielten Ergebnisse und Wirkungen zu spezifischen Zeitpunkten zum Beispiel zu Einsatzbeginn, als Zwischenevaluationen zu einem festgelegten Zeitpunkt nach Einführung des Betriebs oder auch nach Beendigung eines Betriebs. Durch diese Fortschritts- und Erfolgskontrollen kann die Einhaltung des Arbeitsplans geprüft werden (siehe Kapitel 6.1.1 Erstellung eines detaillierten Arbeitsplans). So können Sie Verzögerungen, Risiken der Zielerreichung und sonstige Probleme bei der Umsetzung frühzeitig aufdecken.

Mit der Konzeption des Monitorings beziehungsweise der Evaluation sind die relevanten Fragestellungen zu identifizieren, welche durch diese Maßnahmen geprüft werden sollen. Zuvor festgelegte Bewertungskriterien der Zielerreichungsmöglichen Aussagen zu Effizienz und Effektivität des avF-Angebots und sollten die Frage beantworten, mit wie viel Aufwand welche Wirkung erzielt wurde. Anhand von Indikatoren können (Zwischen-)Ergebnisse mit der Situation zum Einsatzstart analysiert und verglichen werden. Daher sollten die Indikatoren bereits im Zuge der Zieldefinition entwickelt und dafür notwendige Daten identifiziert, dokumentiert und archiviert werden (siehe Kapitel 4.2.2 Zielstellung und Kapitel 3.3.3 Aufsetzen eines Informations- und Datenmanagements).

Sollte während des Prüfprozesses festgestellt werden, dass avF-Angebote nicht den angestrebten Einsatzzweck erfüllen oder negative Folgewirkungen zutage treten, sollten Sie Anpassungen vornehmen. Dies kann von kleineren Veränderungen in der Umsetzung bis hin zum Stoppen des avF-Betriebs reichen. Auch aktuelle politische, technologische, rechtliche und finanzielle Entwicklungen können im weiteren Verlauf

flexible Anpassungen in der Umsetzung bedingen. Sind große Anpassungen nötig, kann es sein, dass neue Genehmigungen für die veränderte Umsetzung eingeholt werden müssen.

7) Glossar

ADS	Automated Driving System (automatisiertes Fahrsystem), dieses bezeichnet die Hardware und Software, die in ihrer Kombination in der Lage sind, die gesamte dynamische Fahraufgabe (Dynamic Driving Task, DDT) dauerhaft in einer bestimmten zulässigen Betriebsdomäne (Operational Design Domain, ODD) durchzuführen.
AFGBV	Autonome Fahrzeug-Genehmigungs- und Betriebsverordnung
Autonom	Der Begriff autonom wird umgangssprachlich und auch im Handbuch für Fahrzeuge verwendet, die die Fahraufgabe ohne im Fahrzeug anwesende menschliche Rückfallebene selbstständig übernehmen. Dies ist ab der Automatisierungsstufe SAE Level 4 der Fall.
Autonome Fahrfunktion	Bei einer autonomen Fahrfunktion handelt es sich um eine technische Ausrüstung des Fahrzeuges, die es diesem ermöglicht, die Fahraufgabe, ohne eine fahrzeugführende Person selbstständig in einem festgelegten Betriebsbereich zu erfüllen (§ 1d Abs. 1 StVG) und bestimmte technische Voraussetzungen erfüllt (§ 1d Abs. 2 in Verbindung mit § 1e Abs. 2 StVG).
avF	Autonomes und vernetztes Fahren zur Personenbeförderung im Zuge des öffentlichen Straßenverkehrs
av-Fahrzeuge	Autonome und vernetzte Fahrzeuge
BauGB	Baugesetzbuch
BefBedV	Verordnung über die Allgemeinen Beförderungsbedingungen für den Straßenbahn- und Obusverkehr sowie den Linienverkehr mit Kraftfahrzeugen
Betriebsbereich	Der Betriebsbereich ist der örtlich und räumlich bestimmte Straßenraum, in dem in dem das Fahrzeug entsprechen der ODD seiner autonomen Fahrfunktion in der Lage ist, die Fahraufgabe selbstständig zu übernehmen.

Bedarfsverkehr	Der Bedarfsverkehr, oder auch On-Demand-Verkehr, ist eine Beförderungsleistung, die nur dann erfolgt, wenn ein Fahrt- oder Haltewunsch vorliegt. Die Fahrten sind nicht fahrplan- und haltestellengebundenen.
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BOKraft	Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr
CsgG	Carsharinggesetz
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems, kooperative intelligente Transportsysteme
DDT	<p>Dynamic Driving Task, bezeichnet alle operativen Funktionen und taktischen Funktionen in Echtzeit, die für den Betrieb des Kraftfahrzeugs erforderlich sind, mit Ausnahme strategischer Funktionen wie Fahrtenplanung und Auswahl von Zielen und Wegpunkten, und die ohne Einschränkung die folgenden Teilaufgaben einschließen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. seitliche Bewegungssteuerung des Kraftfahrzeuges durch Lenken (operativ) 2. Längsbewegungssteuerung des Kraftfahrzeuges durch Beschleunigung und Verzögerung (operativ) 3. Überwachung der Fahrumgebung durch Objekt- und Ereigniserkennung, Einstufung und Reaktionsvorbereitung (operativ und taktisch) 4. Durchführung der Reaktion in Bezug auf Objekt und Ereignis (operativ und taktisch) 5. Fahrmanöverplanung (taktisch) 6. Verbesserung der Erkennbarkeit durch Beleuchtung, Aktivierung der Hupe, Signale, Handzeichen usw. (taktisch)
DS-GVO	Diese Datenschutz-Grundverordnung enthält Vorschriften zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten und zum freien Verkehr solcher Daten. Sie schützt die Grundrechte und Grundfreiheiten natürlicher Personen und insbesondere deren Recht auf Schutz personenbezogener Daten.
EG-FGV	Die EG-Fahrzeuggenehmigungsverordnung regelt die Genehmigung für Kraftfahrzeuge und ihre Anhänger sowie für Systeme, Bauteile und selbstständige

technische Einheiten für diese Fahrzeuge.

EmoG	Elektromobilitätsgesetz
Flächenbetrieb/ Flächenverkehr	Der Flächenbetrieb beziehungsweise Flächenverkehr ergibt sich im Vergleich zu Linien- und Sektor-beziehungweise Korridorbetrieb rein durch die Fahrtwünsche. Ist daher nicht richtungsgebunden und in der Regel nicht haltestellen- und fahrplangebunden.
FZV	Die Fahrzeug-Zulassungsverordnung normiert die Zulassung von Fahrzeugen und Personen zum öffentlichen Straßenverkehr in Deutschland. Sie regelt insbesondere die Notwendigkeit und Verfahren der Zulassung und Außerbetriebsetzung von Fahrzeugen zum öffentlichen Straßenverkehr.
Gebündelter Bedarfsverkehr	Der gebündelte Bedarfsverkehr (§ 50 PBefG) findet auf vorherige Bestellung statt und bündelt die Fahrtwünsche mehrerer Fahrgäste entlang ähnlicher Wegstrecken. Der gebündelte Bedarfsverkehr ist nicht Teil des ÖPNV, sondern eine Form des Gelegenheitsverkehrs.
Gelegenheitsverkehr	Der Gelegenheitsverkehr ist Teil des Öffentlichen Verkehrs und bezeichnet Mobilitätsdienstleistungen, welche gewerbsmäßig erbracht werden und der Regulierung des Personenbeförderungsgesetzes unterliegen. Dies sind der Verkehr mit Taxen, Ausflugsfahrten und Ferienzweck-Reisen, Verkehr mit Mietomnibussen und mit Mietwagen und der gebündelter Bedarfsverkehr. Diese sind grundsätzlich für alle Nutzenden zugänglich, es besteht aber (mit Ausnahme des Taxenverkehrs) keine Beförderungspflicht. Die Gelegenheitsverkehre unterliegen regulatorischen Pflichten, welche sich nach der jeweiligen Verkehrsform richten. Sie werden aus unternehmerischem Interesse erbracht und werden daher nicht öffentlich ko-finanziert. Die Beförderungsentgelte werden mit dem regulären Umsatzsteuersatz versteuert.
GNSS	Global Navigation Satellite System ist der Überbegriff von verschiedenen Satellitennavigationssystemen zur Positionsbestimmung und Navigation. Dazu gehören beispielsweise GPS oder das europäische Galileo-System.
GPS	Global Positioning System (GPS) ist ein satellitengestütztes Navigationssystem. Ein Netzwerk aus vielen Satelliten sendet kontinuierliche Signale, welche von GPS-Geräten auf der Erde empfangen werden. Dadurch ist eine Positionsbestimmung auf der Erde möglich.
GüKG	Güterkraftverkehrsgesetz

Kommunikations- technologie	Technologien zur Kommunikation mit IT-Infrastruktur, Verkehrsinfrastruktur (beispielsweise LSA) und anderen Verkehrsteilnehmern. Heute gängig sind hierfür Mobilfunk und WLAN.
Korridorbetrieb	Ein Korridorbetrieb ist ein richtungsgebundener Fahrbetrieb, wobei sich der Fahrtverlauf infolge der Fahrtwünsche ergibt. Im Vergleich zum Linienbetrieb erfolgt ein flexibles Routing, wobei der Start- und Zielpunkt festgelegt sind.
KBA	Das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) ist eine deutsche Bundesoberbehörde für den Straßenverkehr mit Sitz in Flensburg. Es untersteht dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr.
Latenz	Latenz wird im Bereich der Telekommunikation als Verzögerungszeit definiert, die bei der Datenübertragung zwischen zwei oder mehreren Endgeräten auftritt.
LIDAR	Light Detection And Ranging. Das LIDAR ist eine Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung. Statt der Radiowellen wie beim Radar werden Laserstrahlen verwendet.
Linienbetrieb/ Linienverkehr	Linienverkehr (§ 42 PBefG) ist eine zwischen bestimmten Ausgangs- und Endpunkten eingerichtete regelmäßige Verkehrsverbindung, auf der Fahrgäste an bestimmten Haltestellen ein- und aussteigen können. Er setzt nicht voraus, dass ein Fahrplan mit bestimmten Abfahrts- und Ankunftszeiten besteht oder Zwischenhaltestellen eingerichtet sind.
Linienbedarfsverkehr	Der Linienbedarfsverkehr (§ 44) findet auf vorherige Bestellung ohne festen Linienweg zwischen bestimmten Ein- und Ausstiegspunkten innerhalb eines festgelegten Gebietes und festgelegter Bedienzeiten (ohne Fahrplan) statt. Der Linienbedarfsverkehr ist Teil des ÖPNV.
Lokalisierungs- technologie	Technologien zur (Eigen-)Lokalisierung des Fahrzeuges im Raum: Je nach Technologie lassen sich sowohl Position als auch Orientierung des Fahrzeuges bestimmen.
LSA	Lichtsignalanlage oder umgangssprachlich Ampel
MDV	Mobilitätsdatenverordnung
Mietwagenverkehr	Im Mietwagenverkehr (§ 49 PBefG) wird ein Fahrzeug auf vorherige Bestellung im Ganzen angemietet (Pooling-Verbot), wobei der Mieter Ziel und Ablauf der Fahrt bestimmt. Der Mietwagenverkehr ist eine Form des Gelegenheitsverkehrs, kann als Ergänzung des ÖPNV aber selbst ÖPNV sein.

MIV/IV	Motorisierter Individualverkehr beziehungsweise Individualverkehr
OBU	On-Board-Unit: fahrzeugseitiges Funkgerät zur Kommunikation zwischen Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur
Obus	Oberleitungsomnibus
ODD	„Zulässige Betriebsdomäne“ (ODD) im Sinne des Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren (BGBl. I 2021, S. 3108) bezeichnet den vom Hersteller eines Kraftfahrzeugs mit autonomer Fahrfunktion grundsätzlich für die Verwendung des Kraftfahrzeugs vorgesehenen Anwendungsbereich. Der Anwendungsbereich umfasst insbesondere umweltbedingte, geografische und tageszeitliche Einschränkungen sowie, sofern erforderlich, Informationen zu notwendigen Verkehrs- oder Fahrbahnmerkmalen.
Odometrie	Methode zur Berechnung von Position und Orientierung eines Fahrzeuges auf Grundlage von Sensordaten wie Drehzahl und Lenkwinkel.
Operator	Siehe Sicherheitsfahrer
ÖPNV	Der öffentliche Personennahverkehr ist Teil des Öffentlichen Verkehrs im Rahmen der Grundversorgung auf Straße, Schiene, Wasser und mittels Luftseilbahn. Für die Zuordnung zum ÖPNV ist zusätzlich erforderlich, dass die Personenbeförderung eine Strecke von 50 km in der Regel nicht überschreitet. Der ÖPNV kann von der öffentlichen Hand kofinanziert werden und unterliegt bestimmten gesetzlichen Pflichten (Tarif-, Fahrplan-, Betriebs- und Beförderungspflicht). Im Gegenzug bestehen steuerliche Vorteile (ermäßigter Umsatzsteuersatz) für die Beförderungsentgelte.
ÖV	Der öffentliche Verkehr ist die gewerbliche Personenbeförderung und wird entsprechend der Verkehrsform des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) definiert. Er umfasst den Linien- und Linienbedarfsverkehr (als öffentlicher Personennahverkehr – ÖPNV) und den Gelegenheitsverkehr (unter anderem Taxen, Mietwagen und gebündelter Bedarfsverkehr).
Pkw	Personenkraftwagen
Prädiktion	Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz und einer breiten Datenbasis kann das Fahrzeug eine Vorhersage beispielsweise über die zu erwartende Verkehrsdichte tätigen und Fahrtroute oder auch Geschwindigkeit entsprechend anpassen.

PBefG	Das Personenbeförderungsgesetz regelt die entgeltliche oder geschäftsmäßige Beförderung von Personen mit Straßenbahnen, mit Oberleitungsbussen (Obussen) und mit Kraftfahrzeugen.
PflVG	
PflVG	Pflichtversicherungsgesetz
PUDO	Pick-up & Drop-Off-Point oder Abhol-/Absetzpunkte eines öffentlich-zugänglichen Fahrbetriebs
QoS	Quality of Service: Bezeichnet Maßnahmen, welche im Mobilfunk eingesetzt werden, um den Datenverkehr zu verwalten und zu sichern.
Routing	Mit Routing ist im Öffentlichen Verkehr die Routenplanung eines Startortes A zu einem Zielort B gemeint. Möglicherweise werden Zwischenziele durch hinzukommende Fahrtwünsche weiterer Fahrgäste mit in die Routenplanung aufgenommen. Die Routenplanung kann nach verschiedenen Kriterien wie Reisezeit, Aufnahme weiterer Fahrgäste, kürzester Weg, etc. vorgenommen werden.
RSU	Road-Side-Unit: infrastrukturseitiges Funkgerät zur Kommunikation mit Fahrzeugen
SAE	Society of Automotive Engineers (intern. Verband Automobilingenieure); Zur Beschreibung der Automatisierungsstufen von straßengebundenen Fahrzeugen wird überwiegend das Klassifikationssystem der Society of Automotive Engineers (SAE) verwendet.
SaubFahrzeugBeschG	Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge
Sektorbetrieb	Ein Sektorbetrieb ist ein richtungsgebundener Fahrbetrieb, wobei sich der Fahrtverlauf eines festgelegten Start- beziehungsweise Endhaltepunkts infolge der Fahrtwünsche der Fahrgäste ergibt. Der Sektorbetrieb ist auf einen Punkt ausgerichtet und bedient die Fahrtwünsche eines gut abgrenzbaren Bedienungsgebiets (Sektor).
Servicepersonal	Bei dem Servicepersonal handelt es sich um Personen, die den Fahrgästen Hilfestellung anbieten, zum Beispiel bei Auskünften zu Fahrzeug und Haltepunkte, beim Ein- und Ausstieg oder ähnlichem.
Sicherheitsfahrer	Der Sicherheitsfahrer, auch Operator oder Stewart genannt, ist weniger für die Quer- und Längsführung des Fahrzeuges oder die Umgebungsbeobachtung verantwortlich, sondern stellt vielmehr die Rückfallebene im Fahrzeug dar.

SLAM	Simultaneous Localization and Mapping, bezeichnet eine Technologie mit deren Hilfe die unmittelbare Umgebung basierend auf den eingehenden Sensordaten virtuell abgebildet und gleichzeitig die Position und Orientierung des Fahrzeuges in ebendieser ermittelt wird.
SMART-Kriterien	Bei den SMART Kriterien handelt es sich um eine Regel, mit deren Hilfe sich Zieldefinitionen überprüfen lassen. Dabei sollten die Ziele den Kriterien Spezifisch, Messbar, Attraktiv, Realistisch und Terminiert genügen.
StVG	Das Straßenverkehrsgesetz ist die gesetzliche Grundlage des Straßenverkehrsrechts in Deutschland.
StVO	Die Straßenverkehrsordnung regelt das Verhalten im Straßenverkehr (unter anderem Straßenbenutzung, Geschwindigkeitsbegrenzung) sowie die Klassifikation der Verkehrszeichen und andere Verkehrseinrichtungen.
StVRZustÜV TH	Verordnung zur Übertragung von Ermächtigungen und über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Straßenverkehrsrechts
StVRZustV	Verordnung zur Bestimmung verkehrsrechtlicher Zuständigkeiten
StrVRZustVO	Straßenverkehrsrechts-Zuständigkeitsverordnung Schleswig-Holstein
StVZO	Die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung regelt die Zulassung von Fahrzeugen im Allgemeinen, die Betriebserlaubnis und Bauartgenehmigung sowie die Bau- und Betriebsvorschriften.
Taxenverkehr	Im Taxenverkehr (§ 47 PBefG) wird ein Fahrzeug bestellt, hierbei gewunken oder an zugelassenen Stellen aufgesucht, wobei das Fahrziel und der Ablauf durch die Fahrgäste bestimmt wird und mit deren Zustimmung auch ein Zustieg weiterer Personen (Pooling) möglich ist. Der Taxenverkehr ist eine Form des Gelegenheitsverkehrs, kann aber als Ergänzung des ÖPNV auch selbst ÖPNV sein.
Technische Aufsicht	Die technische Aufsicht im Kontext des automatisierten Fahrens ist der Ersatz für den nicht mehr erforderlichen Fahrzeugführer. Die technische Aufsicht kann mehrere Fahrzeuge parallel betreuen, muss das Fahrzeug nicht permanent überwachen und kann es auch nicht fernsteuern, sondern lediglich Manöver vor-/freigeben.
Trajektorie	Eine Trajektorie kann als berechneter Bewegungspfad oder Weg eines Fahrzeuges im Zusammenhang mit av-Fahrzeugen verstanden werden. Eine Trajektorie ist dabei die genaue Linie, auf der das Fahrzeug sich bewegt.

UN/ECE	Die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (United Nations Economic Commission for Europe) ist eine von fünf Regional-Kommissionen des Wirtschafts- und Sozialrates der Vereinten Nationen. Hauptziel ist die Förderung der pan-europäischen, wirtschaftlichen Integration. Über sogenannte UN-Regelungen werden einheitliche Vorgaben für Ausrüstungsteile von Fahrzeugen getroffen (zum Beispiel Lenkanlage, Assistenzprogramme), um die Typgenehmigung für Fahrzeuge international zu vereinheitlichen.
Vernetztes Fahren	Vernetzung bezeichnet die Kommunikation der Verkehrsteilnehmer untereinander und von Verkehrsteilnehmern mit der Infrastruktur. Hierfür wird eine (flächendeckende) Kommunikationstechnologie benötigt.
VRU	Vulnerable Road User: leicht verletzliche Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger oder Fahrradfahrer
V2I-Kommunikation	Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation (Vehicle-to-Infrastructure), dabei handelt es sich um die Kommunikation der Fahrzeuge mit Infrastruktureinrichtungen wie Funkbaken und Lichtsignalanlagen.
V2N-Kommunikation	Fahrzeug-zu-Netzwerk-Kommunikation (Vehicle-to-Network), dabei handelt es sich um den Informationsaustausch zwischen einem Fahrzeug und einem Netzwerk.
V2P-Kommunikation	Fahrzeug-zu-Fußgänger-Kommunikation (Vehicle-to-Pedestrian), dabei handelt es sich um den Informationsaustausch zwischen einem Fahrzeug und einer Person im Umkreis des Fahrzeuges.
V2V-Kommunikation	Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation (Vehicle-to-Vehicle), dabei handelt es sich um den Informationsaustausch zwischen fahrenden Fahrzeugen.
V2X-Kommunikation	Fahrzeug-zu-X-Kommunikation (Vehicle-to-X), dabei steht das X stellvertretend für die zuvor erklärten Kommunikationsmöglichkeiten eines Fahrzeuges.

8) Literaturverzeichnis

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 Verkehrsentwick-

lung, 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/WhitetepaperDieZukunftfaehrtselbst.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.
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr, BMDV (2023): Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen im öffentlichen Personennahverkehr, Version 2016+, Verfahrensanleitung, Zugriff: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/standardisierte-bewertung-2016plus-verfahrensanleitung.pdf?__blob=publicationFile, 15.11.2024
- 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 Risikokontstellation 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 Einsatz-möglichkeiten 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.; Kanngießer, V. et al. (2020): Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Verkehrssysteme. Zugriff: https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Publications/DIKOVE_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.; Sernec, 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.; Pitzen, C., Schippl, J. (Hrsg.) (2024): Automatisierter ÖPNV. Hintergründe und praktische Ableitung zur Umsetzung in kleineren Städten und ländlichen Regionen, Berlin.

9) Anlagen

9.1 *Checklisten*

1. Checkliste Phase 1: Planungsrahmen & Vorbereitung
2. Checkliste Phase 2: Strategieentwicklung
3. Checkliste Phase 3: Betriebsplanung
4. Checkliste Phase 4: Umsetzung & Erfolgskontrolle

9.1.1 Checkliste Phase 1: Planungsrahmen & Vorbereitung

Nr.	Prüfpunkte	Verweis	✓
1	Chancen und Herausforderungen für die Kommune sind herausgearbeitet	Kap. 3.1 S. 12	
2	Planungsrahmen ist festgelegt und schriftlich fixiert <ul style="list-style-type: none"> • Planungsebene (Strategieentwicklung/ Betriebsplanung) ist festgelegt • Planungsgegenstand und -ziel sind definiert • Planungsgebiet sowie zeitlicher und finanzieller Rahmen sind abgesteckt 	Kap. 3.2 S. 15	
3	Arbeitsgruppe ist festgelegt <ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzen, Fähigkeiten und Qualifizierungsbedarfe sind ermittelt • fachliche und technisch-methodische Kompetenzen sind abgedeckt • relevante Ebenen der Verwaltung sind abgedeckt • erforderliche externe Leistungen sind ausgeschrieben • Leitungsperson der Arbeitsgruppe ist benannt • ausreichende personelle und finanzielle Ressourcen sind bereitgestellt 	Kap. 3.3.1 S. 16	
4	Kommunikations- und Beteiligungskonzept ist festgelegt <ul style="list-style-type: none"> • relevante Personengruppen sind identifiziert • Beteiligungsverfahren (inkl. Informations- und Beteiligungszeitpunkten, Entscheidungsspielräumen und Formaten) ist geplant 	Kap. 3.3.2. S. 18	
5	Informations- und Datenmanagement ist aufgesetzt <ul style="list-style-type: none"> • Managementsystem ist entwickelt/ausgewählt • vorhandene Informationen, Daten und Planwerke zu Mobilitätskenngrößen und Trends sind zusammengetragen • langfristige Datenverfügbarkeit und Datenqualität sind geprüft 	Kap. 3.3.3 S. 20	

Tabelle 4: Checkliste zu Planungsrahmen & Vorbereitung

9.1.2 Checkliste Phase 2: Strategieentwicklung

Nr.	Prüfpunkte	Verweis	✓
1	Mobilitätsbedarfe sind ermittelt <ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle und künftige Mobilitätsbedarfe sind festgehalten • Zielgruppen- und Stakeholderanalyse sind durchgeführt • Zielgruppen- und stakeholder-spezifische Bedarfe sind in einem Anforderungskatalog festgehalten 	Kap. 4.1 S. 21	
2	Vision zum avF ist entwickelt und kommuniziert <ul style="list-style-type: none"> • partizipative Erarbeitung einer avF-Vision ist erfolgt • Vision ist ansprechend beschrieben und visualisiert • Vision ist öffentlich kommuniziert 	Kap. 4.2.1 S. 26	
3	Zielsystem ist erarbeitet <ul style="list-style-type: none"> • Leitziele und operative Ziele sind partizipativ erarbeitet • messbare Indikatoren zu jedem operativen Ziel sind entwickelt • Leit- und Umsetzungsziele mit Indikatoren sind beschlossen und dokumentiert 	Kap. 4.2.2 S. 27	
4	Einsatz- und Handlungsfelder sind identifiziert und beschrieben <ul style="list-style-type: none"> • relevante avF-Handlungsfelder sind samt Zuständigkeiten und Terminierung festgelegt und beschrieben • Einsatzräume, Bedienformen und -zeiten sind festgelegt • Wirksamkeit des Einsatzes im Hinblick auf die Zielerreichung ist gegeben 	Kap. 4.2.3 S. 28	
5	AvF-Strategie ist dokumentiert, kommuniziert und verankert <ul style="list-style-type: none"> • Bedarfe, Vision, Zielsystem und Handlungsfelder sind schriftlich dokumentiert • Strategieentwurf ist durch die Arbeitsgruppe geprüft und überarbeitet • Strategie ist durch legitimierte Entscheidungstragende festgelegt • Strategie ist klar und verständlich kommuniziert • Strategieinhalte sind in relevanten Planungsdokumenten konzeptionell verankert 	Kap. 4.3 S. 31	

Tabelle 5: Checkliste zur Strategieentwicklung

9.1.3 Checkliste Phase 3: Betriebsplanung

Nr.	Prüfpunkte	Verweis	
1	Fahrzeuge sind im Rahmen der Fahrten- und Flottenplanung ausgewählt <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung ODD, Anwendungsbereich des av-Fahrzeugs, ist vorhanden • Einlernprozesse der Fahrzeuge sind eingeplant • Umsetzung des barrierefreien Zugangs und der Kommunikation sind geklärt • Instandhaltungsaufgaben sind av-Fahrzeughalter bekannt und eingeplant • Bedarf für Gütertransport im av-Fahrzeug zur Personenbeförderung ist geklärt • Prüfung, ob bei geringer Nachfrage eine Mehrfachkonzession von PBefG-Verkehrsarten sinnvoll ist • Optionen für Vorgaben der Fahrtwunschbündelung sind geprüft und geregelt • Auswahl eines Fahrzeugmodells ist abgeschlossen 	Kap. 5.1 S. 34	
2	Betriebsbereich mit Anforderungen ist beschrieben <ul style="list-style-type: none"> • Planung des Streckenverlaufs einschließlich Fahrzeugdepots, Lademöglichkeiten sowie Position und Art von Haltestellen ist abgeschlossen • verfügbare Kommunikationstechnologien sowie deren Abdeckung im Streckenverlauf sind analysiert und beschrieben • Risikoanalyse der Strecke ist durchgeführt 	Kap. 5.2 S. 43	
3	Gewählter Betriebsbereich ist für die Anforderungen des av-Fahrzeugs optimiert <ul style="list-style-type: none"> • gegebenenfalls notwendige Arbeiten an der physischen Infrastruktur sind beauftragt, hierzu <i>können</i> zählen: <ul style="list-style-type: none"> » notwendige/sinnvolle Ergänzung durch digitale Karten oder Road Side Units ist eingeplant » zusätzliche Aus- und Beleuchtung der Fahrbahn ist veranlasst » Anbringung von Landmarker an Landstraßen ist veranlasst » Anpassung von Haltestellen an den (veränderten) Bedarf (Umsetzung von baulichen und organisatorischen Vorkehrungen an intermodalen Mobilitäts-punkten ist veranlasst, Barrierefreiheit ist geschaffen) • gegebenenfalls notwendige Arbeiten an der digitalen Infrastruktur sind beauftragt, hierzu <i>können</i> zählen: <ul style="list-style-type: none"> » Mobilfunknetzabdeckung ist geprüft, eventuell der Mobilfunknetzausbau vorangetrieben » wenn nötig, Anstrengungen zur besseren GPS-Abdeckung gefördert » bei Bedarf sind infrastrukturelle C-ITS Mobilitätssysteme installiert » Konzept einer digitalen kommunalen Systemarchitektur liegt vor » kommunale, nutzbare Daten für die digitale Karte sind verfügbar » Datenbereitstellungspflicht und -nutzungsmöglichkeiten sind geprüft » hoher Datensicherheitsstandard ist etabliert, datenschutzrechtliche Einzel-fallprüfung ist für Verarbeitung personenbezogener Daten durchgeführt 	Kap. 5.2 S. 43	

Nr.	Prüfpunkte	Verweis	✓
4	Personal(entwicklungs)bedarfe sind analysiert <ul style="list-style-type: none"> • personelle Anforderungen und Anpassungen an avF sind analysiert • Stellenprofile sind angepasst formuliert, notwendige Einstellungen vorgenommen • Personen und Bereiche, wo Umstrukturierungen stattfinden, sind informiert • Personal ist für den avF-Betrieb qualifiziert 	Kap. 5.3.1 S. 56	
5	Detaillierte Kostenschätzung unter Berücksichtigung aller Komponenten liegt vor <ul style="list-style-type: none"> • Kosten und Ausgaben für Infrastruktur sind abgeschätzt, dabei sind Investitionen beziehungsweise deren Abschreibungen und Verzinsung, Erhaltungskosten sowie Kosten für Grunderwerb berücksichtigt • Kosten und Ausgaben für Personal sind abgeschätzt • Kosten und Ausgaben für Steuern (unter Beachtung Linien-, Gelegenheitsverkehr) sind abgeschätzt • Kosten und Ausgaben für Fahrzeugbeschaffung sind abgeschätzt (Abfrage bei Fahrzeugherstellern) • Kosten und Ausgaben für Versicherungen sind abgeschätzt (Abfrage bei Versicherungsgesellschaften) • Kosten und Ausgaben für Unterhaltung sind abgeschätzt • Kosten und Ausgaben für Energie sind abgeschätzt (Abfrage bei Fahrzeugherstellern) • Folgende sonstige Kostenkomponenten sind in der Gesamtkostenplanung eingeplant <ul style="list-style-type: none"> » Dispositionssoftware, Bezahlplattform und weitere Digitalisierung der Betriebsleitzentralen » Konzepterstellung, Machbarkeitsstudien, Routenbewertung und -wahl » Genehmigungen, Datenschutz und zur Abwehr von Cyber-Kriminalität » Beteiligungsprozesse und Marketing » Zeitlich differenzierte Ausgabenschätzung für alle Akteure ist abgestimmt » klare Zuordnung der Kosten und Ausgaben der Akteure liegt vor » mögliche Ausgleichszahlungen sind vereinbart 	Kap. 5.3.2.1 S. 59	
6	Einnahmen sind differenziert nach Jahren und Akteuren abgeschätzt <ul style="list-style-type: none"> • Tarife der Mobilitätsangebote sind gestaltet • individuelle finanzielle Anreize sind geprüft und gegebenenfalls vereinbart • Finanzierungslücken sind durch Gegenüberstellung der Ausgaben und Einnahmen differenziert nach Jahren und Akteuren ermittelt • alternative Einnahmequellen und Förderprogramme sind geprüft • Finanzierungslücken sind für alle Akteure und den gesamten Betrachtungszeitraum geschlossen 	Kap. 5.3.2.2 S. 64	

Tabelle 6: Checkliste zur Betriebsplanung

9.1.4 Checkliste Phase 4: Umsetzung & Erfolgskontrolle

Nr.	Prüfpunkte	Verweis	✓
1	Geplante Umsetzung ist in durchführbare Arbeitsschritte eingeteilt <ul style="list-style-type: none"> • einzelne Arbeitsschritte sind schriftlich festgehalten und für betreffende Personen einsehbar • zeitliche Fristen und Zeiträume sind abgestimmt • Zuständigkeiten sind festgelegt 	Kap. 6.1.1 S. 66	
2	Erforderliche Genehmigungen sind eingeholt <ul style="list-style-type: none"> • Genehmigung für die Beförderung von Personen ist eingeholt • Betriebserlaubnis des Fahrzeugherstellers liegt vor • Genehmigung des Betriebsbereichs liegt vor • Zulassung des av-Fahrzeugs zum öffentlichen Straßenverkehr liegt vor 	Kap. 6.1.2 S. 66	
3	Beschaffung der erforderlichen Güter und Dienstleistungen ist erfolgt <ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsbedarf ist klar definiert, zeitlich zugeordnet und vereinbart (unter anderem Anforderungskatalog zur Fahrzeugbeschaffung) • Schnittstellen zwischen Abteilung Beschaffung und Fachabteilungen sind etabliert • Ausschreibungsspezifikationen (insbesondere Software) sind definiert • Ausschreibungen sind veröffentlicht • Angebote sind beurteilt, Bieter ausgewählt und vertraglich gebunden 	Kap. 6.1.3 S. 89	
4	Monitoring und Evaluation sind vereinbart <ul style="list-style-type: none"> • Zeitpunkte für Monitoring und Evaluation sind festgeschrieben • messbare Indikatoren und wenn nötig, Erhebungsmethoden sind gewählt • möglichst neutrale Personen führen Erfolgskontrolle durch • für ein schriftliches Festhalten und Veröffentlichen der Ergebnisse ist gesorgt 	Kap. 6.3 S. 91	

Tabelle 7: Checkliste zur Umsetzung & Erfolgskontroll

9.2 Exkurse

9.2.1 Beispiele von Ansätzen zur strategischen Konzeption von avF

Beispiele für eine Strategie zum autonomen und vernetzten Fahren sind derzeit noch überschaubar. Die Stadt Wien hat im April 2019 Grundpositionen hinsichtlich des avF sowie den notwendigen Regelungsbedarf gemeinsam mit 100 Personen erarbeitet und die Ergebnisse in einem Bericht und auf ihrer Webseite veröffentlicht.¹⁰²⁾

Die Stadt Hamburg erarbeitete im Rahmen der Strategie für die Weiterentwicklung und Umsetzung Intelligenter Transportsysteme und Services (ITS – ITS-Strategie für Hamburg) sechs Handlungsfelder. Eines davon ist das „Automatisierte und vernetzte Fahren“. Sicherheit, technische Leistungsfähigkeit, Steuerungs- und Kommunikationswege vorausgesetzt, schreibt die Stadt darin vor, die Anforderungen an die bauliche sowie die verkehrs- und informationstechnische Infrastruktur zu ermitteln. Mit dieser Erkenntnis ist ein infrastrukturelles Umfeld für Automatisierungsfunktionen der SAE-Level 4 und 5 bis zum Jahr 2030 zu schaffen. Das Zielbild 2030 adressiert autonomes Fahren sowohl im ÖPNV als auch IV. Mindestens das Hamburger Hauptstraßennetz sollte demnach baulich, verkehrlich und informationstechnisch so ausgerüstet werden, dass autonome Fahrzeuge eingesetzt werden können. Der ÖPNV soll durch entsprechenden Technologieeinsatz und Mobilitätsangebote mittels Testbetrieben und dem Einsatz in Verknüpfung mit Bedarfs- und Sharing-Angeboten die Entwicklung vorantreiben.¹⁰³⁾

Die „Strategie zur automatisierten und vernetzten Mobilität“ des Landes Baden-Württemberg bildet die Grundlage für Positionen und künftige Aktivitäten der Regierung. Die Strategie wurde durch eine interministerielle Arbeitsgruppe gemeinsam mit der Landesagentur für Neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH, entwickelt. Bis zum Jahr 2030 wurden zwei Hauptziele vereinbart: Erstens, die Mobilität von Menschen und Gütern zu verbessern und zweitens, die Forschungs-, Innovations-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in Baden-Württemberg zu stärken. Sechs Handlungsfelder, unterlegt mit spezifischen Unterzielen und Maßnahmen, sollen der Erreichung dieser Ziele dienen.¹⁰⁴⁾

Die österreichische Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen AustriaTech veröffentlichte 2021 die Broschüre „Mobilität findet Stadt. Fokus: Automatisierte Mobilität“. Sie enthält einen Strukturierungsvorschlag von Zielen, Wirkungsbereichen und daraus abgeleiteten Handlungsfeldern des autonomen und vernetzten Fahrens. Mit der Aufstellung der in Abbildung 12 dargestellten Leitziele, differenziert nach räumlichen Ebenen, soll eine integrierte Organisation des avF-Einsatzes ganzheitlich über alle Mobilitätsangebote sichergestellt werden. Obschon es sich nicht um einen kommunalen Ansatz handelt, liefert dieser ein Beispiel dafür, wie Ziele untergliedert, welche Wirkungsbereiche unterschieden und wie Handlungsfelder strukturiert werden können.

102) vgl. AustriaTech 2019; Stadt Wien 2024

103) vgl. Anlage zur Drucksache 21/13503 der Freien und Hansestadt Hamburg 2018, S. 5, 7, 27ff.

104) vgl. Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg 2020, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg 2023

Auf der Basis von sieben Wirkungsbereichen sollen diese Ziele erreicht werden. Die einzelnen Wirkungsbereiche hat AustriaTech mit Handlungsfeldern untersetzt (siehe Abbildung 13). Die struk-

turierte Darstellung eines Handlungsfeldes mit dem Bezug zur Zielerreichung samt ihrer Effekte, Aufwände und Handlungsoptionen zeigt das Handlungsfeld Flächennutzung in Abbildung 14.

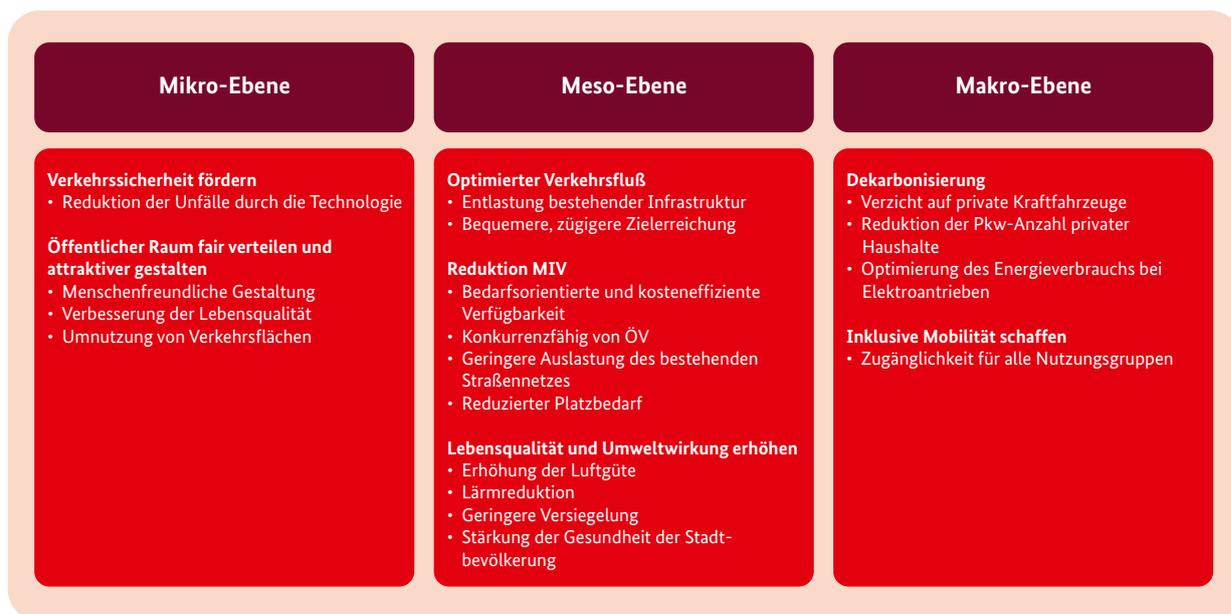


Abbildung 12: Leitziele differenziert nach räumlichen Ebenen



Abbildung 13: Darstellung der sieben Wirkungsbereiche

Flächennutzung

Öffentlicher Raum und Flächenwidmung

Ziele



Dekarbonisierung



Reduktion MIV



Verkehrsfluss



Verkehrssicherheit



Inklusive Mobilität schaffen



Öffentlichen Raum fair verteilen und attraktiver gestalten



Lebensqualität erhöhen, Luftgüte verbessern und Lärm reduzieren

● sehr relevant ● mäßig relevant ● indirekt relevant

Potenzielle Effekte oder Aufwände

Automatisierte Fahrzeuge als ÖV- und Sharing-Angebote: kein Bedarf an automatisierten Privat-PKW und damit an Park- und für den MIV reservierten Verkehrsflächen; Städtische Funktionen/ Infrastruktur in Planungsüberlegungen einbeziehen.

Zunehmende Zersiedlung durch attraktivere und flexiblere Fahrten mit automatisiertem Privat-PKW (Möglichkeit sich während der Fahrtzeit anderen Tätigkeiten zuzuwenden, die Fahrtzeit als Arbeitszeit zu verwenden etc.), dadurch Auswirkungen auf den Pendlerverkehr.

Durch einen komfortablen und zuverlässigen Umstieg an ÖV-Knotenpunkten mit intermodaler Schnittstelle mittels digitaler Infrastruktur (z.B. digitale Information zu Stellplätzen und Abfahrtszeiten im Fahrzeug etc.) werden Parkflächen am Stadtrand für die NutzerInnen attraktiver.

Abnehmende Bedeutung der Entfernung zwischen Wohn- und Arbeitsort, dadurch noch deutlichere Nutzungstrennung zwischen Wohn- und Arbeitsbereichen (tagsüber unbelebte Wohnsiedlungen), und vermehrtes Verkehrsaufkommen.

● positiv ● negativ

Mögliche Handlungsoptionen:

Angestrebte Mobilität in Flächenwidmungsplänen und verbindlichen (örtlichen) Entwicklungskonzepten verankern (z. B. über Kennzahlen, wie Fahrzeugbestand, Mobilitätsangebotsqualität oder ÖV-Erreichbarkeit).

Gebietskörperschaft als Betreiber von Mobilitätservices etablieren, um individuelle Bedürfnisse der Menschen zu adressieren und Fahrten kosteneffizient (durch Automatisierung von Fahrzeugen und Dienstleistungen) zu bündeln. Wobei jedoch die Kosten von jenen mitgetragen werden sollen, die von diesen Angeboten profitieren (z.B. Einkaufszentren, Arbeitgeber).

Automatisierte öffentliche Verkehrslösungen bieten größeren Handlungsspielraum und neue Möglichkeiten in der Gestaltung der Siedlungsentwicklung mit neuen stadtviertelbezogenen Angeboten ohne den motorisierten Individualverkehr zu erhöhen (z.B. Schaffung der Voraussetzung für kleinräumige Angebotskonzepte). Mit automatisierten ÖV-Angeboten können Einkaufszentren umweltfreundlich erschlossen werden. Umnutzung der neu gewonnenen Flächen im öffentlichen Raum und Verbesserung der Lebensqualität für die Bevölkerung, u.a. Schaffung oder Ausbau von Freiflächen (Erarbeitung von Nutzungs- und Verteilungskonzepten für den öffentlichen Raum und den Straßenquerschnitt).

Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung des Handlungsfeldes Flächennutzung

9.2.2 Weitere Ausführungen zur Finanzierung

Im Zusammenhang mit der Finanzierung von avF-Angeboten spielen Aspekte zur optimierten Planung von Mobilitätsangeboten auf Basis der von den av-Fahrzeugen erhobenen Daten, gesamtwirtschaftlichen Wirkungen des Einsatzes von av-Fahrzeugen sowie Erfahrungen aus Testbetrieben zur Höhe der Kosten eine relevante Rolle. Diese Themenbereiche sind in den nachfolgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt.

Optimierte Planung von Mobilitätsangeboten

Die zunehmende Digitalisierung des ÖPNV führt dazu, dass Mobilitätsanbieter – unter Beachtung der Anforderungen des Datenschutzes – zunehmend differenzierte und hinreichende Daten zur Nutzung ihrer Angebote vorliegen. Diese Daten können – unter anderem auch unter Verwendung von KI-Algorithmen – dazu genutzt werden, Mobilitätsangebote optimiert und bedarfsgerecht zu planen und zu betreiben. Auf der Basis historischer Daten und Echtzeitinformationen zur Nutzung können darüber hinaus kurzfristige Prognosen zur Entwicklung der Nachfrage und zur Fahrzeugauslastung mit hinreichender Genauigkeit erzeugt und das Angebot kurzfristig angepasst werden. Die so vorgenommenen Optimierungen des ÖPNV-Angebots können zu einer verbesserten Auslastung der Fahrzeugflotte und zur Kostenreduktion führen. Sie sind jedoch eine Folge der zunehmenden Digitalisierung und können unabhängig vom avF-Einsatz realisiert werden. Der Einsatz von av-Fahrzeugen kann allerdings einen Digitalisierungsschub auslösen und so mittelbar zur Kostenreduktion durch eine effizientere Ausgestaltung des ÖPNV-Angebots beitragen.

Veränderungen der gesamtwirtschaftlichen Kosten

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sind noch weitere Aspekte zu beachten. Das geringere Unfallrisiko von av-Fahrzeugen bewirkt beispielsweise auch eine Reduktion der gesamtwirtschaftlich entstehenden Unfallkosten, die im Rahmen des Heilungs- und Genesungsprozesses beziehungsweise durch den Ausfall der Verunglückten entstehen.

Langfristig und bei weitgehender Marktdurchdringung wird der Einsatz von av-Fahrzeugen weitere gesamtwirtschaftliche Kosteneinsparungen nach sich ziehen: So werden beispielsweise Folgeabstände von Fahrzeugen reduziert werden können und so zu Kapazitätssteigerungen bestehender Verkehrsanlagen führen. Sofern Rebound-Effekte durch geeignete begleitende Maßnahmen verhindert oder bestenfalls zusätzliche Verlagerungen vom MIV zum ÖV erreicht werden, können Kfz-Verkehrsflächen anderen Verkehrsteilnehmenden oder auch anderen Nutzungen zugewiesen und der Ausbau der Straßeninfrastruktur und die damit verbundenen Kosten reduziert werden (siehe Kapitel 3.1.4 Umwelt- und Klimawirkungen und Kapitel 3.1.5 Flächeninanspruchnahme).

Erfahrungen des Testbetriebs im Rahmen des Projektes TaBuLa

Es liegen erste Erfahrungen zu den Kosten von avF-Angeboten aus Testbetrieben vor. Diese haben zwar nur eine bedingte Aussagekraft für einen späteren Regelbetrieb, allerdings können sie Hinweise für Kommunen liefern. Im Rahmen des Projektes TaBuLa wurden Erkenntnisse zu den Kosten des Testbetriebs zusammengestellt.

Das Projektkonsortium von TaBuLa kommt in ihrem Abschlussbericht zu der Erkenntnis, „dass derzeit ein automatisiert fahrendes Shuttle nicht wirtschaftlich sinnvoll im ÖPNV eingesetzt werden kann“ (Gertz et al. 2021, S. 41). Weiter heißt es, dass „die Kosten [...] pro Fahrplankilometer im Rahmen des aktuellen anspruchsvollen Projektes mit den aktuellen Randbedingungen ungefähr das 10-fache eines regulären Busbetriebes eines 12-m-Standardbusses“ betragen. Als Gründe werden beispielsweise die Anschaffungskosten, der Aufwand zur Streckenertüchtigung und zur Inbetriebnahme des Angebots, die weiterhin bestehende Notwendigkeit einer Begleitperson aufgrund des aktuellen Stands der Technik, die Versicherungskosten sowie Kosten für Software und Anpassungen der Route der Fahrzeuge mit Nachjustierungen der Kartographie inklusive Freigaben durch die technische Prüfstelle genannt. Hinzu käme die im Vergleich zum Standardbus geringere Kapazität der eingesetzten Fahrzeuge.

Für den Betrieb des Kleinbusses in Lauenburg seien von den Verkehrsbetrieben Hamburg-Holstein zwischen Juni 2019 und März 2021 ca. 360.000 Euro in den Bereichen Betriebshofleitung, Fahrpersonal, Werkstatt und Kfz-Versicherung aufgewendet worden. Gertz et al. beziffern die Kosten für die zusätzliche Infrastruktur (Verkehrsanlagen, Verkehrstechnik, Energie und Kommunikation) für den Testbetrieb einer 2,5 km langen Ringbuslinie mit Kleinbussen in Lauenburg mit 250.000 Euro.

Grote/Röntgen (2021, S. 69) betrachten allerdings auch das zukünftige Potenzial von avF-Angeboten: „Wenn ein autonomer störungsfreier Betrieb ohne Fahrzeugbegleitende mit den beiden TaBuLa-Shuttles mit regulären Geschwindigkeiten bereits jetzt fahren könnte, wäre der Betrieb knapp 30 Prozent günstiger als bei dem Einsatz eines klassischen Minibusses mit Dieselantrieb. Dieses deutet auf das Potenzial für einen Flotten-

betrieb in bestimmten Einsatzszenarien hin. Es wurden für dieses Szenario Kosten von rund 2,50 Euro pro Fahrplankilometer unter verschiedenen Annahmen ermittelt. Diese Höhe ist jedoch in Anbetracht der kleinen Gefäßgröße für einen eigenwirtschaftlichen Betrieb deutlich zu hoch. In einer größeren Flotte nach Marktreife ist allerdings eine andere Skalierung zu erwarten, sodass die Einsparungen bei 30 bis 40 Prozent pro Fahrplankilometer liegen könnten.“

9.3 Beteiligte Organisationen

Wir bedanken uns bei folgenden Organisationen für die Unterstützung bei der Erstellung des vorliegenden Handbuchs. Die Inhalte dieses Handbuchs spiegeln nicht zwingend alle Ansichten der beteiligten Akteure wider.

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

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales und Verkehr,
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Autorinnen und Autoren

PTV Group, Berlin:

Inga Luchmann, Dr. Alexander Dahl, Christian Reuter

Rödl & Partner, Berlin & Hamburg:

Till Stegemann, Ricarda Bans, Jörg Niemann

KIT – Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe:

Eva-Maria Knoch, Vivien Geenen, Robin Knebel

ifok GmbH, Bensheim & Berlin:

Frank Zimmermann, Johannes Sternberger, Marvin Riedl

Stand

November 2024

Druck

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Hausdruckerei

Gestaltung

ifok GmbH, D-64625 Bensheim

Bildnachweis

Titel: Adobe Stock 788932592, Fotograf: ORG; KI generiertes Bild

S. 04: Adobe Stock 962475033, Fotograf: STDG; KI generiertes Bild

S. 04: Adobe Stock 750124420, Fotograf: MaxSafaniuk; KI generiertes Bild

S. 04: Adobe Stock 597028232, Fotograf: Akarat Phasura; KI generiertes Bild

S. 12: Adobe Stock 579459679, Fotograf: dusanpetkovic1

S. 22: Adobe Stock 522187304, Fotograf: Cecilie Skjold Wackerhausen/peopleimages.com

S. 36: Adobe Stock 793553705, Fotograf: mariiaplo; KI generiertes Bild

S. 72: Adobe Firefly, Fotograf: Markus Büsges; KI generiertes Bild

Diese Publikation wird von der Bundesregierung im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.



www.bmdv.bund.de

-  facebook.com/bmdv
-  x.com/bmdv
-  youtube.com/bmdv
-  instagram.com/bmdv

-  threads.net/@bmdv
-  social.bund.de/@bmdv
-  linkedin.com/company/bmdv-bund
-  bsky.app/profile/bmdv.bsky.social