



© Hochbahn

FUTURE AUTONOMOUS SYSTEM OF (PUBLIC) TRANSPORT HAMBURG

FAST HAMBURG

Potenzialstudie autonome Fahrzeuge

20. Februar 2026

FAST Hamburg wird durch das Förderprogramm ELENA PDS des InvestEU Advisory Hub der Europäischen Union kofinanziert.



Potenzialstudie autonome Fahrzeuge

**Potenzialstudie autonome Fahrzeuge im ÖPNV im
Rahmen des EU-Förderprojekts FAST**

Auftragsnummer: BAA 2025-11-01004

für die

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Verkehr und Mobilitätswende (BVM)

Amt Verkehr

Referatsleitung ITS und Datenmanagement

Alter Steinweg 4

20459 Hamburg

durch die

Interlink GmbH

Wallstraße 58

10179 Berlin

20. Februar 2026

IMPRESSUM

Herausgeberin

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Verkehr und Mobilitätswende
Amt Verkehr
Referatsleitung ITS und Datenmanagement
Alter Steinweg 4, 20459 Hamburg

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Forschungsvorhaben

Future Autonomous System of (Public-) Transport Hamburg (FAST Hamburg)

Förderung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde anteilig mit Mitteln des ELENA PDS des InvestEU Advisory Hub der Europäischen Union finanziert.

Bearbeitung

Interlink GmbH
Wallstraße 58
10179 Berlin

Autorinnen und Autor

Daniela Müller, Liss Böckler und Jonas Matthes

Kontakt

Liss Böckler
Teamleitung und Beraterin für autonomes Fahren im ÖPNV
boeckler@interlink-verkehr.de

ZUSAMMENFASSUNG

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) in Deutschland steht in den kommenden Jahren vor erheblichen Herausforderungen: Steigende Kosten, Fachkräftemangel, wachsende Qualitätsanforderungen sowie politische Zielsetzungen der Verkehrs- und Klimawende treffen auf steigende Fahrgastzahlen und einen weiterhin angestrebten Rückgang des motorisierten Individualverkehrs. Vor diesem Hintergrund sind neue betriebliche und technologische Lösungsansätze erforderlich. Autonome Fahrzeuge gelten dabei als potenziell wirkungsvolle Option, um den ÖPNV langfristig effizienter und leistungsfähiger zu gestalten und das Angebot gleichzeitig, im Sinne der öffentlichen Daseinsvorsorge, deutlich auszuweiten.

Die vorliegende Studie untersucht das mittel- bis langfristige Potenzial autonomer Fahrzeuge der Stufe SAE Level 4 im Zeitraum von 2030 bis 2040. Der Fokus liegt auf deutschen Metropolregionen, ergänzt durch vier Interviews mit Akteuren aus Norwegen, Belgien, Frankreich und der Schweiz.

Die Studie basiert auf semistrukturierten Interviews mit Akteuren der Nachfrage- und Angebotsseite. Auf der Nachfrageseite wurden elf Interviews mit sechs Verkehrsverbänden und fünf Verkehrsunternehmen geführt, welche neun der elf deutschen Metropolregionen abdecken. Auf der Angebotsseite wurden zehn Interviews mit Fahrzeugherstellenden, AD-Stack Entwickelnden sowie Anbietenden von Ridepooling durchgeführt. Thematisch standen der erwartete Fahrzeugbedarf, priorisierte Einsatzbereiche, wirtschaftliche Rahmenbedingungen und bestehende Hürden zur Skalierung im Mittelpunkt.

Hinsichtlich der mittelfristigen Nachfrage an autonomen Fahrzeugen sehen die Befragten einen Bedarf an Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion im ÖPNV. Konkrete Planungen existieren bislang nur in wenigen Regionen. Insgesamt summieren sich die Nennungen auf rund 18.000 autonome Fahrzeuge für den Zeitraum 2030 bis 2040, wobei weniger als ein Drittel auf konkrete Angaben deutscher Verkehrsunternehmen und -verbände entfällt. Dies verdeutlicht den frühen Stand der Planungen.

Als Einsatzbereiche werden sowohl Linienverkehre als auch Bedarfsverkehre als relevant eingeschätzt. Hinsichtlich der Gefäßgrößen werden Einsatzpotenziale von kleinen Shuttles bis hin zu Linienbussen, abhängig von lokalen und betrieblichen Rahmenbedingungen, gesehen.

Auf der Seite der Herstellenden sind die Produktionskapazitäten abhängig von der Nachfrage. Ein Hochlauf für Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion wird nach der Prototypenphase erwartet und setzt eine verlässliche Nachfrage sowie den erfolgreichen Nachweis technischer

und betrieblicher Zuverlässigkeit voraus. Als zentrale Hürden auf der Bedarfsseite zählen offene Fragen zu Kosten, Wirtschaftlichkeit, Finanzierung sowie zur betrieblichen Integration und langfristigen Wartung der innovativen Technologie.

Zur Skalierung von Fahrzeugen mit autonomer Fahrzeugfunktion im ÖPNV werden insbesondere Anschubfinanzierungen, eine langfristig gesicherte ÖPNV-Finanzierung und großflächige Pilotprojekte in Modellregionen als notwendig erachtet. Insgesamt zeigt sich eine hohe Offenheit auf der Bedarfsseite. Eine flächendeckende Umsetzung bis 2040 erscheint derzeit nicht absehbar; autonome Fahrzeuge werden aktuell eher als ergänzender Baustein des bestehenden ÖPNV-Systems bewertet.

EXECUTIVE SUMMARY

Local public transport in Germany faces considerable challenges in the upcoming years: rising costs, a shortage of skilled workers, growing quality requirements, and political objectives for transport and climate change are coinciding with rising passenger numbers and a continued desire to reduce motorized private transport. Against this backdrop, new operational and technological solutions are needed. Autonomous vehicles are considered a potentially effective option for making public transport more efficient and reliable in the long term, while at the same time significantly expanding the range of services offered in the interests of public welfare.

This study examines the medium- to long-term potential of SAE Level 4 autonomous vehicles in the period from 2030 to 2040. The focus is on German metropolitan regions, supplemented by four interviews with stakeholders from Norway, Belgium, France, and Switzerland.

The study is based on semi-structured interviews with stakeholders on the demand and supply sides. On the demand side, eleven interviews were conducted with six transport associations and five transport companies covering nine of the eleven German metropolitan regions. On the supply side, ten interviews were conducted with vehicle manufacturers, AD stack developers, and ridepooling providers. The topics focused on expected vehicle demand, prioritized areas of application, economic conditions, and existing scaling hurdles.

With regard to medium-term demand for autonomous vehicles, all stakeholders surveyed see a fundamental need for them in public transport. However, concrete plans exist in only a few regions so far. Overall, the figures add up to around 18,000 autonomous vehicles for the period from 2030 to 2040, with less than a third of these figures coming from specific information provided by German transport companies and associations. This illustrates the early stage of planning.

Both regular services and on-demand services are considered equally relevant areas of application. Potential applications are seen across all vehicle sizes – from small shuttles to larger regular buses, depending on local and operational conditions.

On the manufacturer side, production capacities are heavily dependent on demand. A ramp-up for vehicles with autonomous driving functions is expected after the prototype phase. It requires reliable demand and successful proof of technical and operational reliability. The main barriers on the demand side are open questions regarding costs, economic efficiency, financing, operational integration, and long-term maintenance of the innovative technology.

In order to scale up autonomous vehicles in public transport, start-up financing, long-term secure public transport financing, and large-scale pilot projects in model regions are considered particularly necessary. Overall, there is a high level of fundamental openness towards autonomous vehicles. However, widespread implementation by 2040 does not appear feasible at present; autonomous vehicles are currently seen more as a complementary component of the existing public transport system.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	III
Executive Summary	V
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	10
1.1 Anlass	10
1.2 Ziele der Studie	11
1.3 Aufbau des Dokuments	11
2 Studiendesign	12
2.1 Forschungsfragen	13
2.2 Studienmethodik	13
2.2.1 Methodik und Güte	13
2.2.2 Auswahl und Zusammensetzung der Interviewpartner	15
2.2.3 Vorbereitende Arbeiten	20
2.2.4 Durchführung der Interviews	21
2.2.5 Auswertung der Interviews	22
2.3 Ergänzende Informationen	22
3 ÖPNV-Entwicklung in den Metropolregionen	24
3.1 Berlin-Brandenburg	24
3.2 Frankfurt/Rhein-Main	25
3.3 Hamburg	26
3.4 Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg	28
3.5 Mitteldeutschland	29
3.6 München	30
3.7 Nordwest	31
3.8 Nürnberg	32
3.9 Rhein-Neckar	33
3.10 Rhein-Ruhr	34
3.11 Stuttgart	35
4 Beschaffungsprozess von Fahrzeugen im deutschen ÖPNV	36
4.1 Rahmenbedingungen und Aufgabenträgerschaft	36
4.2 Finanzierung des ÖPNV	39
4.3 Beauftragung von Verkehrsleistungen	40
4.4 Fahrzeugbeschaffung und -anforderungen	41
4.5 Erwartbare Änderungen durch autonom fahrende Fahrzeuge	42
4.6 Zwischenfazit	43
5 Ergebnisse der Interviews	44

5.1	Nachfrageseite	44
5.1.1	Bedarf und Einsatzpotenziale.....	45
5.1.2	Rahmenbedingungen und Hürden.....	51
5.1.3	Abschluss	56
5.2	Angebotsseite.....	57
5.2.1	Produktion und prognostizierte Nachfrage	57
5.2.2	Rahmenbedingungen und Hürden.....	64
5.2.3	Abschluss	70
5.3	Zusammenführung.....	71
5.4	Auswertung.....	72
5.4.1	ÖPNV-Entwicklung.....	72
5.4.2	Abhängigkeiten bei der Fahrzeugbeschaffung	73
5.4.3	Bedarf an autonomen Fahrzeugen	74
6	Handlungsempfehlungen	77
6.1	Finanzierung	77
6.2	Technische Standards und Genehmigung.....	78
6.3	Know-how und Fachpersonal	79
6.4	Akzeptanz	80
7	Fazit und Ausblick	80
7.1	Fazit.....	80
7.2	Ausblick	82
8	Literaturverzeichnis	85
9	Anhang	92

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AD	Autonomous Driving, engl. für autonomes Fahren
AD-Stack	Autonomous Driving Stack, engl. für Technologie-Stack für autonomes Fahren
MIV	Motorisierter Individualverkehr
OEM	Original Equipment Manufacturer, engl. für Fahrzeugherstellende
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
SDS	Self-Driving-System, engl. für selbstfahrendes System
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

1 EINLEITUNG

1.1 Anlass

Autonomes Fahren gilt als Schlüsseltechnologie für eine nachhaltige, sichere und inklusive Mobilität. Es ist nicht nur eine technologische Innovation, sondern ein gesellschaftliches Transformationsprojekt, das Stadtentwicklung, Klimaschutz, soziale Teilhabe und wirtschaftliche Resilienz gleichermaßen betrifft. Der ÖPNV benötigt neue Lösungen, um Fachkräftemangel, Angebotslücken und steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit zu bewältigen. Autonome Fahrzeuge im ÖPNV können einen wesentlichen Beitrag leisten, insbesondere zu:

- der Aufrechterhaltung und Ausweitung des ÖPNV trotz Fachkräftemangel,
- dem Klimaschutz durch Elektrifizierung und geteilte Mobilität,
- der Verbesserung der Verkehrssicherheit durch die Reduktion menschlicher Fehler,
- der Förderung sozialer Teilhabe, insbesondere für mobilitätseingeschränkte Gruppen,
- einer flächendeckenden Versorgung auch in ländlichen Räumen sowie
- der Digitalisierung und Stärkung der Innovationsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland.

Autonomes Fahren – selbstfahrend in definierten Betriebsbereichen und überwacht durch eine Technische Aufsicht – steht an der Schwelle zur Marktreife und bietet das Potenzial, den öffentlichen Verkehr grundlegend zu transformieren. In den USA und China sind bereits erste fahrerlose Dienste im kommerziellen Einsatz, vor allem in Form von Robotaxis. Diese Modelle erzielen jedoch geringere gesellschaftliche Nutzenwirkungen als geteilt genutzte Fahrzeuge, die den Anforderungen des ÖPNV entsprechen. Während technologische Entwicklungen und gesetzliche Rahmenbedingungen in Deutschland bereits weit fortgeschritten sind, fehlt es bislang an einer flächendeckenden Umsetzung im öffentlichen Verkehr. Die Gründe dafür sind vielfältig: fragmentierte Pilotprojekte, fehlende Skalierungsperspektiven, komplexe regulatorische Prozesse sowie technologische Herausforderungen.

Ein zentrales Hindernis für die Industrialisierung autonomer Fahrzeuge ist der Mangel an Planungssicherheit für anbietende Unternehmen. Derzeit ist unklar, wie viele Fahrzeuge die ÖPNV-Branche zukünftig nachfragen wird. Der VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) geht in einem Positionspapier von 2025 von einem jährlichen Bedarf von mehreren tausend Fahrzeugen aus, um die wirtschaftliche Auslastung der

Produktionswerke sicherzustellen.¹ Ohne verlässliche Nachfrageprognosen besteht die Gefahr, dass sich die Industrie aus dem europäischen Markt zurückzieht – mit gravierenden Folgen für Wertschöpfung, Innovation und Beschäftigung. OEMs und AD-Stack-Entwickelnde² benötigen klare Signale über zukünftige Bedarfe, um Investitionen in Produktionskapazitäten, Softwareentwicklung und Typgenehmigungen zu rechtfertigen.

1.2 Ziele der Studie

Die Potenzialstudie verfolgt das Ziel, die beschriebene Wissenslücke zur Nachfrage von autonomen Fahrzeugen im ÖPNV zu schließen, indem sie:

- den mittelfristigen Bedarf (2030-2040) an autonomen Fahrzeugen im ÖPNV quantifiziert,
- die Betriebsformen identifiziert, für die ÖPNV-Akteure autonome Fahrzeuge vorsehen (z. B. On-Demand-Verkehre oder Linienbetrieb),
- die zentralen Hürden und Herausforderungen erfasst, insbesondere in den Bereichen Technik, Betrieb, Personal, Finanzierung und Infrastruktur sowie
- konkrete Handlungsempfehlungen für Politik, Verkehrsunternehmen und Industrie ableitet, um die Integration autonomer Mobilitätslösungen zu beschleunigen.

Die Ergebnisse der Studie sollen als Entscheidungsgrundlage für Förder- und Investitionsstrategien dienen und Entscheidungsträgerinnen und -träger der öffentlichen Hand bei der aktiven Gestaltung autonomer Mobilität unterstützen. Darüber hinaus trägt die Studie dazu bei, Anreize und Planungssicherheit für Anbietende zu schaffen und so die erforderlichen hohen Investitionen in die Technologie zu rechtfertigen.

1.3 Aufbau des Dokuments

Im ersten Kapitel wird die Ausgangslage der Fahrzeugpotenzialstudie dargestellt und die Ziele erläutert, die mit der Untersuchung verfolgt werden. Darauf folgt Kapitel 2 zum Studiendesign, in dem die methodische Vorgehensweise beschrieben wird. Dieses umfasst die Entwicklung der Forschungs- und Leitfragen für die Interviews, die Kriterien zur Auswahl der Interviewpartnerinnen und -partner sowie die angewandte Auswertungsmethodik. Zudem

¹ VDV 2025

² Autonome Fahrzeuge setzen sich aus zwei zentralen Komponenten zusammen: der physischen Fahrzeughardware, hier vertreten durch die Gruppe der OEMs (Original Equipment Manufacturer, englisch für Fahrzeugherstellende) und der darauf aufbauenden Softwarearchitektur für automatisiertes Fahren, dem AD-Stack (Autonomous Driving Stack, englisch für Softwarestack für autonomes Fahren).

werden die vorbereitenden Arbeiten und die Durchführung der Interviews transparent dargestellt, um die Nachvollziehbarkeit des Vorgehens sicherzustellen.

Neben den Interviews als Kern der Studie werden in den folgenden Kapiteln zwei ergänzende Themen behandelt, die für die Interpretation der Ergebnisse und die Einordnung der Markteinschätzung von zentraler Bedeutung sind: die Entwicklung des ÖPNV in den deutschen Metropolregionen (Kapitel 3) sowie die Beschaffungsprozesse für Fahrzeuge im deutschen ÖPNV (Kapitel 4). Diese Analysen liefern den kontextuellen Rahmen für die Hauptuntersuchung.

Im Anschluss erfolgt in Kapitel 5 die Auswertung der Interviews aus zwei Perspektiven: zum einen aus Sicht der ÖPNV-Akteure, also der Nachfrageseite, zum anderen aus Sicht der OEMs und AD-Stack-Entwickelnden (Angebotsseite). Die Ergebnisse werden zusammengeführt und interpretiert, um ein ganzheitliches Bild der aktuellen und zukünftigen Anforderungen zu zeichnen. Darauf aufbauend werden in Kapitel 6 Handlungsempfehlungen für Politik, Industrie und ÖPNV-Akteure abgeleitet.

Das Dokument schließt in Kapitel 7 mit einer Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse und einem Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen. Damit bietet die Studie sowohl eine fundierte Analyse als auch konkrete Impulse für die strategische Weiterentwicklung autonomer Mobilität im ÖPNV.

2 STUDIENDESIGN

In diesem Kapitel wird die methodische Vorgehensweise der Studie beschrieben. Dieses umfasst die Entwicklung der Forschungs- und Leitfragen für die Interviews, die Kriterien zur Auswahl der Interviewpartnerinnen und -partner sowie die angewandte Auswertungsmethodik. Zudem werden die vorbereitenden Arbeiten und die Durchführung der Interviews transparent dargestellt, um die Nachvollziehbarkeit des Vorgehens sicherzustellen. Neben den Interviews werden zwei ergänzende Themen behandelt, welche hier in den Studienkontext gesetzt werden.

2.1 Forschungsfragen

Entsprechend der im Kapitel 1.2 beschriebenen Ziele der Fahrzeugpotenzialstudie wurden sechs Forschungsfragen entwickelt und in drei Kategorien eingeteilt:

1. Nachfrage und Einsatzpotenzial im ÖPNV
 - Wie hoch ist der mittelfristige Bedarf an autonomen Fahrzeugen im ÖPNV in Deutschland (Zeithorizont 2030-2040)?
 - Welche Fahrzeugklassen und Einsatzbereiche (Linien- oder Bedarfsverkehre) werden von ÖPNV-Planenden priorisiert?
2. Produktionspotenzial und Marktperspektive der OEMs
 - Welche Produktionskapazitäten und wirtschaftlichen Schwellenwerte bestehen auf Seiten der OEMs für autonome Fahrzeuge?
 - Welche Nachfrageerwartungen haben Hersteller für den Zeitraum 2030-2040?
3. Erfahrungswerte und Handlungsempfehlungen
 - Welche Hürden bestehen, um autonome Fahrzeuge im ÖPNV skalierbar zu machen?
 - Welche Maßnahmen sind zur Skalierung autonomer Mobilität erforderlich?

Um die aufgezeigten Forschungsfragen beantworten zu können, wurden qualitative Interviews mit der Angebots- und Nachfrageseite des Marktes für autonom fahrende Fahrzeuge durchgeführt. Das weitere Vorgehen wird im folgenden Kapitel in den einzelnen Schritten beschrieben.

2.2 Studienmethodik

Das Kapitel beschreibt zunächst die gewählte Methodik und Güte für die Studie. Daran anschließend werden die Auswahl und Zusammensetzung der Interviewten und die vorbereitenden Arbeiten aufgezeigt sowie die Durchführung und Auswertung der Interviews beschrieben.

2.2.1 Methodik und Güte

In diesem Kapitel wird erläutert, welche Methodik bei der Studie verfolgt wird und die Gütekriterien werden dargestellt.

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, müssen Daten erhoben werden. Dazu wurden qualitative Interviews als Methodik ausgewählt. Die Studie folgt einem qualitativ-

explorativen Design,³ das auf die vertiefte Erhebung von Expertenwissen und Erfahrungswerten abzielt. Die qualitative Herangehensweise⁴ ermöglicht es, komplexe Zusammenhänge, Einschätzungen und strategische Perspektiven detailliert zu erfassen.

Der explorative Forschungsansatz zielt darauf ab, ein vertieftes Verständnis für das Potenzial autonomer Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr zu gewinnen. Im Mittelpunkt stehen die Erhebung und Analyse von Einschätzungen, Erfahrungen und Erwartungen zentraler Akteursgruppen (OEMs, AD-Stack-Entwickelnde, ÖPNV-Planende und Ridepooling-Anbietende).

Innerhalb der halbstandardisierten qualitativen Experteninterviews⁵ wurden umfangreiche Informationen zu den Fragestellungen und befragten Personen erhoben. Bei der Herausstellung der Ergebnisse wird auf tiefergehende Darstellungen dieser Inhalte sowie ausführliche Ausführungen zu vereinzelt Kontexten im Rahmen der Veröffentlichung bewusst verzichtet. Für die Zielerreichung werden kontextbezogene und vereinfachte Darstellungen zur Beantwortung der Forschungsfragen genutzt und mögliche Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Da es sich um ein dynamisches und teils noch wenig erforschtes Themenfeld handelt, wird bewusst auf eine hypothesenprüfende Vorgehensweise verzichtet. Stattdessen ermöglicht der explorative Ansatz, neue Themenfelder zu identifizieren, Zusammenhänge zu erkennen und Orientierungswissen für zukünftige Entwicklungen zu generieren.

Die entwickelten Leitfäden wurden auf die Bedarfe der verschiedenen teilnehmenden Gruppen auf der Angebots- und Nachfrageseite hin strukturiert. Das Fragensampling der teilstandardisierten Einzelinterviews besteht aus offenen und geschlossenen Fragestellungen. Während die geschlossenen Fragestellungen die Möglichkeit bieten Antworten vergleichen zu können, fördern die offenen Fragestellungen tiefergehende Informationen und die Individualität der Antworten gemäß den Kenntnissen der befragten Personen.

Die Interviews wurden in der Regel online durchgeführt, fernmündliche oder schriftliche Teilnahmen wurden angeboten. Einführend in die Befragung wurden die Personen nach ihren Positionen und in der Institution, nach den Erfahrungen im Bereich autonomes Fahren sowie nach ihrer Einschätzung der Relevanz des autonomen Fahrens befragt. Alle Leitfäden befinden

³ MAYRING 2020

⁴ MAYRING 2010

⁵ VON DEM BERGE 2020

sich im Anhang. Es wurden etwa elf Interviews mit OEMs (inkl. AD-Stack-Entwickelnde und Anbietenden von Ridepooling) sowie dreizehn Interviews mit ÖPNV-Planenden aus Deutschland und fünf mit ÖPNV-Planenden in der EU vorgesehen. Der Zeitrahmen der Erhebung wurde von August bis Dezember 2025 vorgesehen.

Für die Tiefe der qualitativen Studie wurde ein heterogenes Feld an Befragten mit unterschiedlichen Stellungen im Unternehmen, Aufgaben und Erfahrungen in der jeweiligen Institution sowie unterschiedlichen Erfahrungen und Wissensbeständen zum Thema autonomes Fahren ausgewählt. Die Auswahl und Zusammensetzung der Befragten ist Kapitel 2.2.2 zu entnehmen. Die Studie ist nicht repräsentativ im quantitativen statistischen Sinne. Es gab keine zufällige Auswahl der Interviewpartner. Diese wurden unter anderem auf Grund der Fachkenntnis, Erfahrung und Zugänglichkeit ausgewählt. Die Repräsentativität der qualitativen Studie ergibt sich aus der Anwendung der Kriterien zur Güte.

Für die Transparenz der Studie werden die Prozesse der Datenerhebung und Auswertung im weiteren Verlauf des Kapitels 2 im Einzelnen aufgezeigt und beschrieben. Die Inhalte beziehen sich auf verwendete Instrumente, Entwicklung der Ziele, Entwicklung der Forschungsfragen, erhobene Daten und den Zeitraum der Erhebung.

2.2.2 Auswahl und Zusammensetzung der Interviewpartner

In diesem Kapitel wird erläutert, nach welchen Kriterien die Interviewpartner und -partnerinnen ausgewählt wurden und wie sich die Zusammensetzung der Befragten ergibt.

Im ersten Schritt wurde die Nachfrageseite betrachtet. Es sollten Akteure aus dem deutschen ÖPNV-Sektor ermittelt werden, die eine möglichst hohe Bevölkerungsanzahl abdecken und voraussichtlich den größten Anteil autonom fahrender Fahrzeuge einsetzen werden. Daraus folgend wurde die Ebene der deutschen Metropolregionen als Kriterium ausgewählt. Es handelt sich dabei um elf Regionen mit großen Städten, die von der Ministerkonferenz für Raumordnung definiert wurden. In Tabelle 1 sind die Metropolregionen samt ihrer jeweiligen Bevölkerungszahl aufgelistet (vgl. Abbildung 1). In den elf deutschen Metropolregionen leben über 57,5 Millionen Menschen, was etwa 69% der Gesamtbevölkerung Deutschlands entspricht (rund 83,5 Millionen laut Statistischem Bundesamt, Dezember 2023). Damit decken die Metropolregionen den Großteil der deutschen Bevölkerung ab. Für die Studie wird angenommen, dass in diesen Räumen zukünftig die meisten autonom fahrenden Fahrzeuge beschafft und eingesetzt werden. Daraus schließend sollte aus jeder Metropolregion mindestens eine Interviewpartnerin oder ein Interviewpartner akquiriert werden.

Raumbezug (MR=Metropolregion)	Bevölkerungszahl (Stand: 2023)
Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg	6.216.845
MR Frankfurt/Rhein-Main	5.808.536
MR Hamburg	5.434.720
MR Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg	3.743.768
MR Mitteldeutschland	2.986.027
MR München	6.194.599
MR Nordwest	2.837.011
MR Nürnberg	3.573.469
MR Rhein-Neckar	2.445.100
MR Rhein-Ruhr	12.921.971
MR Stuttgart	5.502.367
Metropolregionen gesamt	57.664.413
Deutschland	83.456.045

Tabelle 1: Auflistung der elf deutschen Metropolregionen und ihrer Bevölkerungszahlen, Quelle: „Monitoring - Europäische Metropolregionen in Deutschland“ im Auftrag des Initiativkreises Europäische Metropolregionen in Deutschland (IKM)

Da die Metropolregionen selbst jedoch nicht über tiefgehende ÖPNV-Expertise verfügen, wurden nicht deren Vertreterinnen oder Vertreter befragt, sondern die größten Verkehrsverbünde in den jeweiligen Regionen. Diese Verbünde vereinen mehrere Verkehrsunternehmen unter sich und verfügen dadurch über Überblickswissen zu Strukturen, Abläufen und Herausforderungen im ÖPNV. In Fällen, in denen die angefragten Verkehrsverbünde eine Teilnahme ablehnten oder trotz mehrfacher Kontaktaufnahme nicht reagierten, wurden ergänzend die größten Verkehrsunternehmen der jeweiligen Metropolregionen kontaktiert, um dennoch eine fundierte Perspektive aus der Praxis des ÖPNV-Betriebs zu gewährleisten. Nicht an der Studie teilgenommen haben die Metropolregionen Nordwest sowie Rhein-Ruhr.

Da für die Skalierung autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge die internationale Perspektive von zentraler Bedeutung ist, wurden zusätzlich vier Vertreterinnen und Vertreter aus europäischen Ländern in die Befragung einbezogen: Norwegen, Frankreich, Belgien und die Schweiz. Diese Länder gelten als besonders aktiv bei der Einführung autonomer Mobilitätsangebote im ÖPNV.

Durch diese internationale Ergänzung konnten wertvolle Erfahrungen, Strategien und Marktentwicklungen berücksichtigt werden, die über den deutschen Markt hinausgehen.

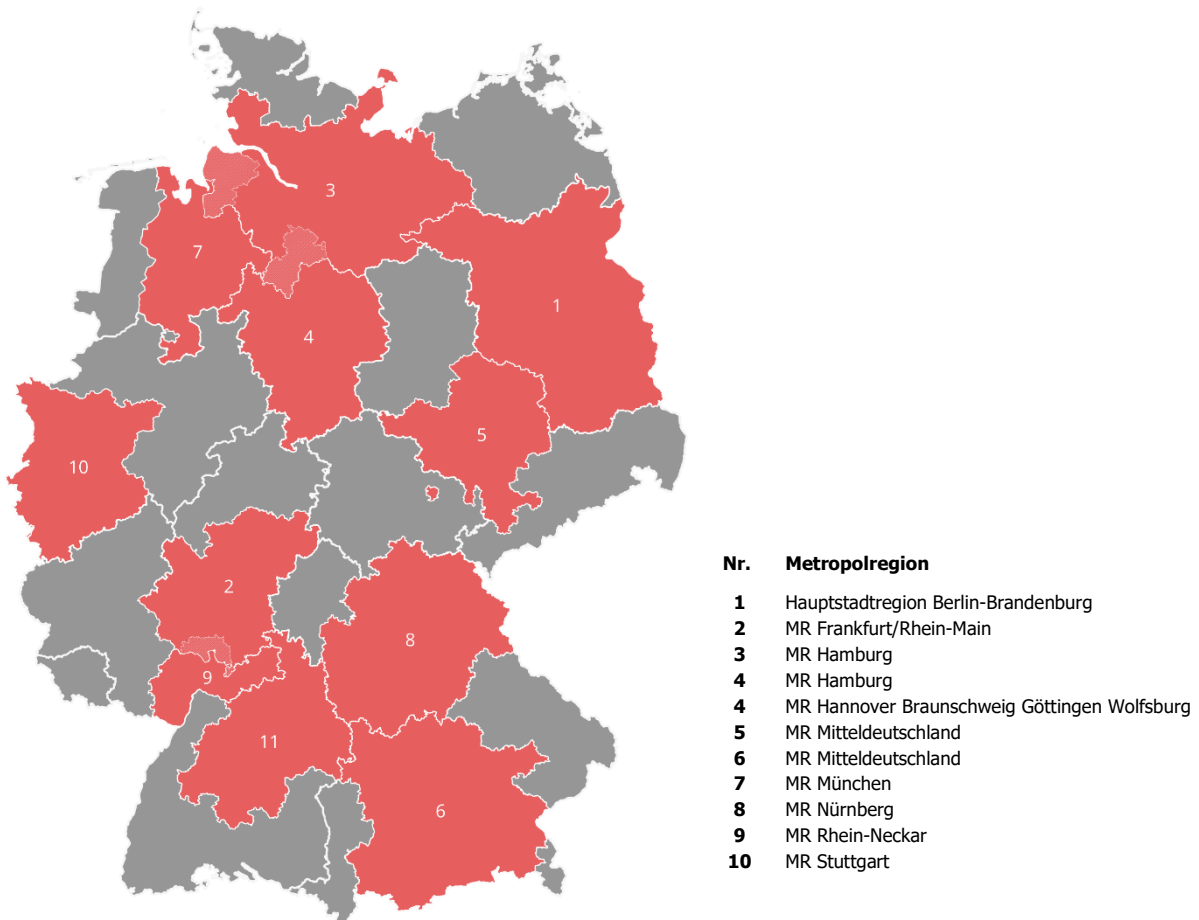


Abbildung 1: Metropolregionen in Deutschland

Die komplette Auflistung der erfolgten Interviews mit der ÖPNV-Seite/Nachfrageseite ist der nachfolgenden Tabelle 2 zu entnehmen. Die befragten Personen bekleideten überwiegend strategische Positionen, um fundierte Aussagen zum Thema autonomes Fahren treffen zu können. Dazu zählen insbesondere Funktionen in der Unternehmensentwicklung, Geschäftsführung sowie Bereichsleitung.

Für die Angebotsseite, also Anbietende von Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion, wurden Interviewpartnerinnen und -partner ausgewählt, die in Deutschland und Europa eine besonders hohe Aktivität im Bereich autonomer Mobilität aufweisen. Dazu zählen sowohl Unternehmen, die Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion entwickeln als auch solche, die konventionell gesteuerte Busse anbieten. Neben OEMs wurden auch Entwickelnde von Automatisierungssoftware in die Untersuchung einbezogen (AD-Stack-Entwickelnde). Nicht alle Unternehmen, die angefragt wurden, haben sich an der Studie beteiligt.

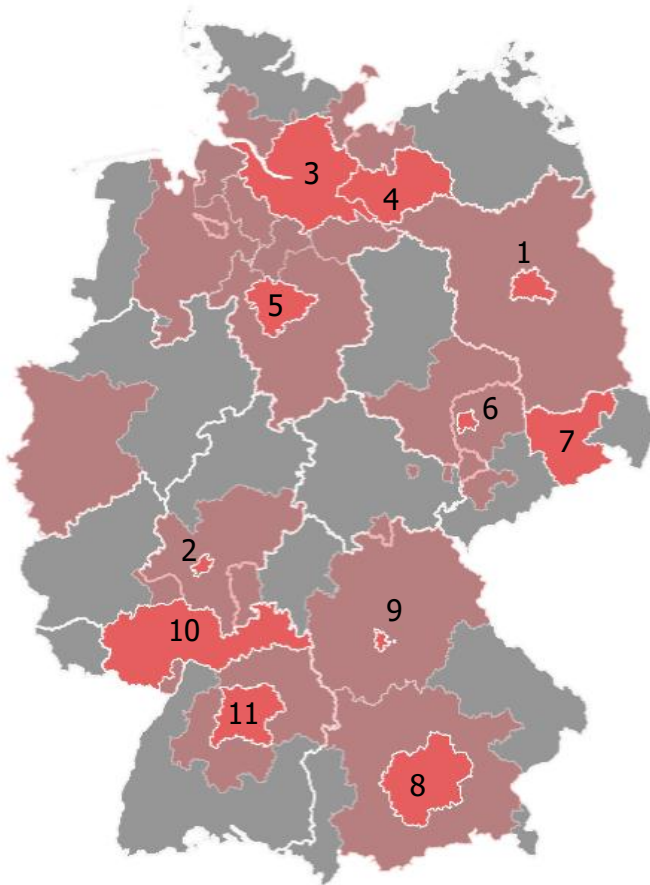
Nr.	Raumbezug (MR=Metropolregion)	Interviewte Organisation
1	Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg	Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) - AöR -
2	MR Frankfurt/Rhein-Main	rms GmbH
3	MR Hamburg	Hamburger Verkehrsverbund (hvv) GmbH
4	MR Hamburg	Verkehrsgesellschaft Ludwigslust-Parchim (VLP) mbH
5	MR Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg	Großraum-Verkehr Hannover (GVH) GmbH, Region Hannover
6	MR Mitteldeutschland	Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH
7	MR Mitteldeutschland	Verkehrsverbund Oberelbe (VVO) GmbH
8	MR München	Münchner Verkehrs- und Tarifverbund (MVV) GmbH
9	MR Nürnberg	VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft
10	MR Rhein-Neckar	Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) GmbH
11	MR Stuttgart	Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB)
12	Norwegen	Ruter AS
13	Frankreich	Groupe RATP (EPIC)
14	Schweiz	Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
15	Belgien	De Lijn (EVA)

Tabelle 2: Auflistung der an der Potenzialstudie teilgenommenen Organisationen der Nachfrageseite (Verkehrsunternehmen und -verbände)

Um die Prognosen der Angebotsseite einzuholen, wurden Interviews mit Fachpersonen aus der Fahrzeugherstellung sowie der Entwicklung des Technologie-Stacks für autonomes Fahren geführt. Die befragten Personen bekleideten überwiegend leitende oder strategische Positionen, die eine fundierte Einschätzung zu Marktentwicklungen und Innovationsstrategien ermöglichen. Dazu zählen insbesondere Funktionen in der Entwicklung, Vertriebsleitung sowie Abteilungsleitung.

Eine vollständige Übersicht der Interviews mit der Angebots- bzw. Fahrzeugseite enthält Tabelle 3. Abbildung 2 bildet die Interviewpartner- und Partnerinnen geographisch ab und stellt sie den Metropolregionen gegenüber.

Insgesamt wurden 25 Interviews geführt – davon 15 mit Vertreterinnen und Vertretern der Nachfrageseite (ÖPNV-Akteure) und 10 mit Expertinnen und Experten der Angebotsseite (OEMs, Ridepooling- und AD-Stack-Entwickelnde). Diese breite Basis ermöglicht eine fundierte Einschätzung sowohl der erwarteten Nachfrage als auch der technologischen und marktseitigen Möglichkeiten für den Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge im ÖPNV.



Nr.	Raumbezug (hellrot)	Interviewte Organisation (dunkelrot)
1	Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg	Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) - AöR
2	MR Frankfurt/Rhein-Main	rms GmbH
3	MR Hamburg	Hamburger Verkehrsverbund (hvv) GmbH
4	MR Hamburg	Verkehrsgesellschaft Ludwigslust-Parchim (VLP) mbH
5	MR Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg	Großraum-Verkehr Hannover (GVH) GmbH, Region Hannover
6	MR Mitteldeutschland	Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH
7	MR Mitteldeutschland	Verkehrsverbund Oberelbe (VVO) GmbH
8	MR München	Münchner Verkehrs- und Tarifverbund (MVV) GmbH
9	MR Nürnberg	VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft
10	MR Rhein-Neckar	Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) GmbH
11	MR Stuttgart	Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB)

Abbildung 2: Kartenansicht der für die Studie interviewten Organisationen

Nr. Interviewte Organisation	
1	MAN Truck & Bus SE
2	OEM im Busbereich (Namensnennung wurde nicht gewünscht)
3	HOLON GmbH
4	Schaeffler Automotive Buehl GmbH & Co. KG
5	eVersum Mobility Solutions GmbH
6	MOIA GmbH
7	Adastec Corp.
8	IAV GmbH – Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr
9	Mobileye Germany GmbH
10	MOTOR Ai GmbH

Tabelle 3: Auflistung der an der Potenzialstudie teilgenommenen Organisationen der Angebotsseite

2.2.3 Vorbereitende Arbeiten

Im Folgenden werden die für die Erarbeitung der Potenzialstudie notwendigen Vorarbeiten stichpunktartig dargestellt:

- Austausch zu geeigneten Formaten der Erhebung und wichtigsten Anzusprechenden auf der Angebots- und Nachfrageseite
- Schwerpunktsetzung auf den ÖPNV und OEMs (inkl. AD-Stack-Entwickelnden), Ergänzung zum Angebot durch Anbietende von Ridepooling
- Ergänzung für einen sachdienlichen Blick über den deutschen Markt hinaus in den europäischen Markt mittels zusätzlicher Interviews mit ÖPNV-Anbietenden
- fokussierte Literaturrecherche zur ÖPNV-Planung in den Metropolregionen
- Auswahl und Analyse von themenspezifischen Statistiken
 - Literatur und Übersicht: Firmen und Standorte Anbietende (L3-4), Stellungnahme zu den Zielen und Chancen vom autonomen Fahren
 - Statistiken: Umfragen zum autonomen Fahren, Marktvolumen, kommerzieller Einsatz, Akzeptanz und weiteren sachdienlichen Themen
 - Artikel: themenspezifische öffentliche Mitteilungen, welche das Angebot und die Nachfrage von autonomen Fahrzeugen und Systemen behandeln, Förderrichtlinien und politische Ambitionen für die Gestaltung des Markthochlaufs von autonomen Fahrzeugen, Neuigkeiten zu europaweiten und internationalen technischen Fortschritten Level 4 autonomes Fahren und Kooperationen verschiedener Hersteller im europäischen Markt
- Recherche möglicher Ansprechpartnerinnen und -partner im ÖPNV in den Metropolregionen, OEMs und AD-Stack-Entwickelnden am Markt
 - größte Verkehrsverbünde und Unternehmen
 - Marktpräsenz und größte Anbieter im Bussegment
 - Anzusprechende in der EU: Aktivitäten im Bereich autonomes Fahren
- Zielgruppen:
 - Vertretende von OEMs mit Bezug zur Entwicklung autonomer Fahrzeuge
 - AD-Stack-Entwickelnde
 - Anbietende von Ridepooling-Angeboten
 - Planende im ÖPNV
- Entwicklung der Ansprachen für die Gewinnung von Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen:
 - Inhalt: Betreff, Auftraggebende, Hintergrund, Bitte um Mitwirkung
 - Rücklauf mit dem AG
 - Übersetzung der Fragebögen
- Auswahlverfahren:
 - gezielte Auswahl der Anzusprechenden auf Basis von Relevanz, Erfahrung und Projektbeteiligung

- fernmündliche Ansprache:
 - Inhalt: Betreff, Auftraggebende, Hintergrund, Bitte um Mitwirkung
- Termine und Interviews – bei positiver Mitwirkungsanzeige:
 - Versand von Terminvorschlägen
 - Versand der Einwilligungsbestätigung (Einholen der Zustimmung oder Ablehnung von Video- und Tonaufnahmen → Ablehnung zur nicht anonymen oder anonymen Verwendung der Interviewinhalte)
- Entwicklung der Fragebögen:
 - Iterative Entwicklung der Fragen im Sparring
 - Abstimmung der Fragen für die nachfrage- und angebotsseitige Gegenüberstellung von Ergebnissen
 - Rücklauf und Austausch zu den Fragestellungen mit dem AG
 - Übersetzung der Fragebögen
- Testfragebögen (ÖPNV/OEMs/AD-Stack-Entwickelnde/Ridepooling-Anbietende):
 - Interne Überarbeitung im Rahmen einer textlichen Überarbeitung mit je einem Review-Partner sowie mündlichem Austausch zum Verständnis der Fragen deren Inhalte und möglichem Ergebnisgehalt
 - Iterative Entwicklung von Antwortkategorien, interne Überarbeitung in mehreren Schleifen unter Beachtung der Methode zur Auswertung
 - Testinterviews mit Testperson mit gemeinsamer Auswertung im Anschluss bzgl. der Begrüßenden Worte, Einleitung des Interviews in Bezug auf die Auftraggebenden, Durchführenden und Inhalte der Leitfragen sowie dem Verständnis der Fragen, ggf. vorherige Anmerkungen zum Fragebogen eingereicht, fehlende oder unzureichende Formulierungen

2.2.4 Durchführung der Interviews

Im Folgenden wird die Durchführung der Interviews stichpunktartig dargestellt.

- Interviewende: 1-2 Personen Interlink GmbH
- Befragte: 1-2 Personen der jeweiligen Institution
- Inhalt: Begrüßung, Einführung, Rückfragen, leitfadengestützte Durchführung des Interviews, Verabschiedung
- Aufzeichnung: insofern möglich Aufzeichnung mittels Video- und Transkriptionsfunktion von Teams, alternativ mittels Mitschriften im Fragebogen; Insofern das Interview nicht zustande kam, wurden die Fragen schriftlich beantwortet.

2.2.5 Auswertung der Interviews

Im Folgenden wird die Vorgehensweise für die Auswertung der Interviews stichpunktartig dargestellt:

- Schritt 1: Ablegen der Dokumente
- Schritt 2: Durchsicht der Transkripte ggf. Überarbeitung
- Schritt 3: Übertrag der relevanten Textstellen in Excel-Tabelle
- Schritt 4: Interpretation der Textstellen für die Auswertung, klassische Zählungen
- Schritt 5: Sortierung der Interviews in einer weiteren Excel-Tabelle
- Schritt 6: Übertrag der Kernaussagen in die Auswertung
- Schritt 7: Auswertung der Ergebnisse (u. a. Substitution der Fragen zur Gegenüberstellung der verschiedenen Befragungsgruppen, inhaltliche Wiedergabe mittels Text, Tabellen o. ä.)
- Schritt 8: Prägnante Beschreibung und Darstellung der Ergebnisse
- Schritt 9: Beantwortung der Forschungsfragen

2.3 Ergänzende Informationen

Neben den Interviews als eigentlichem Kern der Studie wurden zwei ergänzende Themen untersucht, die für das Verständnis der Ergebnisse und die Einordnung der Markteinschätzung von zentraler Bedeutung sind: die Entwicklung des ÖPNV in den deutschen Metropolregionen (Kapitel 0) sowie der Beschaffungsprozess für Fahrzeuge im deutschen ÖPNV (Kapitel 4).

Die Analyse der ÖPNV-Entwicklung in den Metropolregionen ist relevant, weil diese Räume den größten Teil der Bevölkerung abdecken und voraussichtlich die Haupttreiber für den Einsatz autonomer Fahrzeuge sein werden. Je nach Informationslage wurden Angaben zur gesamten Metropolregion, zum Verbundgebiet der größten Verkehrsverbünde und/oder zu großen Städten in der Metropolregion zusammengestellt. In Tabelle 4 sind die Metropolregionen mit ihren größten Verkehrsverbänden und -unternehmen aufgelistet. Obwohl in der Erhebung auch eine europäische Perspektive eingenommen wird, beschränkt sich die Betrachtung der ÖPNV-Entwicklung aufgrund des Schwerpunkts der Studie auf die deutschen Metropolregionen.

Folgende Aspekte wurden für den groben Überblick zur ÖPNV-Entwicklung für jede Region zusammengestellt:

- ein Überblick über Gegebenheiten vor Ort und zukünftige ÖPNV-Entwicklungen,
- der jeweilige Modal Split,
- wichtigste Themen der Strategien für 2030 bis 2040 sowie

- das Vorhandensein von Aktivitäten rund ums autonome Fahren.

Ebenso wichtig ist die Betrachtung des (Entscheidungs-)Prozesses zur Fahrzeugbeschaffung. Der Beschaffungsprozess ist ein zentraler Hebel für die Einführung autonomer Fahrzeuge im ÖPNV. Das entsprechende Kapitel zeigt, von welchen Rahmenbedingungen und Akteuren die Beschaffung neuer Fahrzeuge abhängig ist und welche Veränderungen durch autonom fahrende Fahrzeuge voraussichtlich zu erwarten sind.

Die detaillierte Erläuterung dieser beiden Themen erfolgt in den folgenden Kapiteln, um die Ergebnisse der Interviews in den richtigen Kontext zu setzen und die Rahmenbedingungen für den Einsatz autonomer Fahrzeuge im ÖPNV umfassend darzustellen.

Raumbezug (MR=Metropolregion)	Bevölkerung (Stand: 2023)	Größte Verkehrsverbünde	Größte Verkehrsunternehmen
Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg	6.216.845	Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg (VBB)	Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)
MR Frankfurt/RheinMain	5.808.536	Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV)	Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main (VGF)
MR Hamburg	5.434.720	Hamburger Verkehrsverbund (HVV)	Hamburger Hochbahn AG
MR Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg	3.743.768	ÜSTRA Verkehrsverbund	ÜSTRA Hannoversche Verkehrsbetriebe AG
MR Mitteldeutschland	2.986.027	Mitteldeutscher Verkehrsverbund (MDV)	Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB)
MR München	6.194.599	Münchner Verkehrs- und Tarifverbund (MVV)	Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG)
MR Nordwest	2.837.011	Verkehrsverbund Bremen & Niedersachsen (VBN)	Bremer Straßenbahn AG (BSAG)
MR Nürnberg	3.573.469	Verkehrsverbund Großraum Nürnberg (VGN)	VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft (VAG Nürnberg)
MR Rhein-Neckar	2.445.100	Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN)	Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (RNV)
MR Rhein-Ruhr	12.921.971	Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR), Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS)	Rheinbahn AG, Rhein-Sieg-Verkehrsgesellschaft (RSVG), Kölner Verkehrs-Betriebe AG (KVB)
MR Stuttgart	5.502.367	Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart (VVS)	Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB)

Tabelle 4: Alphabetische Auflistung der elf deutschen Metropolregionen, ihrer Bevölkerungszahlen, großen Verkehrsverbünde und -unternehmen, Quelle: „Monitoring - Europäische Metropolregionen in Deutschland“ im Auftrag des Initiativkreises Europäische M

3 ÖPNV-ENTWICKLUNG IN DEN METROPOLREGIONEN

Im vorliegenden Kapitel wird für alle elf Metropolregionen ein Überblick über die Gegebenheiten vor Ort sowie die zukünftige ÖPNV-Entwicklung gegeben.

3.1 Berlin-Brandenburg

Die Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg verzeichnet seit dem Jahr 2007 ein kontinuierliches Wachstum der ÖPNV-Nachfrage über das gesamte Verbundgebiet hinweg – ein Trend, der sich in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter verstärken wird. Bis zum Jahr 2040 nimmt die Bevölkerung in Berlin nach aktuellen Voraussagen um rund 187.000 Personen zu, das sind etwa 5 Prozent.⁶ Der Modal Split nach Wegen liegt für Berlin bei 35 % zu Fuß, 14 % Fahrrad, 27 % ÖPNV, 18 % MIV-Fahrende und 6 % MIV-Mitfahrende. Das Bundesland Berlin verzeichnete laut MiD 2023 den höchsten ÖV-Anteil bundesweit.⁷ In Brandenburg betragen diese Anteile: 28 % zu Fuß, 12 % Fahrrad, 9 % ÖPNV, 38 % MIV-Fahrende und 13 % MIV-Mitfahrende.⁸

Neben den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) ist der Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg (VBB) zentraler Akteur im Bereich Tarife, Fahrgastinformationen und Mobilitätsangebote in der Metropolregion. Zur Bewältigung des wachsenden Mobilitätsbedarfs und zur Umsetzung klima- und nutzerorientierter Ziele formulieren die Länder Berlin und Brandenburg eine umfassende Strategie, die unter anderem die Elektrifizierung der Busflotten und Ladeinfrastruktur sowie den barrierefreien Ausbau von Haltestellen und Fahrgastinformationen beinhaltet.

Zudem spielt das Berliner Mobilitätsgesetz bei der Planung eine entscheidende Rolle. Dieses ist in Deutschland einzigartig, da es dem ÖPNV, Fuß- und Radverkehr einen planerischen Vorrang vor dem Autoverkehr einräumt. Es wurde 2018 vom Abgeordnetenhaus beschlossen und setzt das Ziel, eine nachhaltige und sichere Verkehrswende in Berlin zu gestalten.

In der Hauptstadtregion werden und wurden bereits mehrere Projekte zum autonomen Fahren im ÖPNV umgesetzt (u. a. STIMULATE, BeIntelli, AutoNV_OPR, NoWeL4). Darüber hinaus haben die BVG zusammen mit den zwei anderen größten deutschen Nahverkehrsgesellschaften, der Hamburger Hochbahn AG (HOCHBAHN) und der Münchner

⁶ SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, BAUEN UND WOHNEN 2022

⁷ INFAS, DLR, IVT, & INFAS 360 2025

⁸ FOLLMER, DUBERNET, BÄUMER & WAWRZYNYIAK 2025

Verkehrsgesellschaft (MVG) im September 2025 eine strategische Allianz für den ÖPNV der Zukunft verabschiedet.

Die Kooperation setzt zunächst drei strategische Schwerpunkte:

- autonomes Fahren: Bis 2035 sollen bis zu 2.000 autonome Fahrzeuge den öffentlichen Nahverkehr in den drei Städten ergänzen.
- Mobilitätsplattform (MAX): Einführung einer gemeinsamen digitalen Plattform, die Bus, Bahn und Sharing-Angebote in einer App bündelt.
- standardisierte Vertriebssysteme: Harmonisierung und Digitalisierung der Ticket- und Buchungssysteme, um ein einheitliches, komfortables Kundenerlebnis überregional sicherzustellen.⁹

3.2 Frankfurt/Rhein-Main

Die Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main zählt zu den wirtschaftlich stärksten Ballungsräumen Deutschlands mit jährlich steigenden Fahrgastzahlen im öffentlichen Verkehr. Innerhalb des Rhein-Main-Verkehrsverbundes (RMV) werden derzeit über 808 Millionen Fahrgäste jährlich befördert – circa 2,5 Millionen täglich und ist damit zentraler Akteur für die Mobilität im Gebiet.¹⁰ Die Region umfasst die Stadt Frankfurt am Main, das Rhein-Main-Gebiet mit Städten wie Offenbach, Wiesbaden, Mainz, Darmstadt etc. und ist durch ein dichtes Netz aus S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn, Bussen sowie Regional- und Expresslinien eng vernetzt.

Laut MiD 2023 entfallen in Frankfurt am Main 32 % aller Wege auf den Fußverkehr. Der Radverkehr erreicht einen Anteil von 15 %, während der öffentliche Nahverkehr 24 % aller Wege ausmacht. Der MIV liegt bei 29 %. Damit ergibt sich für den Umweltverbund ein Anteil von insgesamt rund 71 %, was im bundesweiten Vergleich einen außergewöhnlich hohen Wert darstellt.¹¹

⁹ BERLINER VERKEHRSBETRIEBE 2025

¹⁰ BUSCH u. a. 2021

¹¹ FOLLMER u. a. 2025

Der RMV strebt bis 2030 einen Fahrgastzuwachs von rund 30% an, um der wachsenden Nachfrage insbesondere im SPNV gerecht zu werden. Die Strategie setzt auf folgende Kernbereiche:

- Expresslinien und Taktverdichtung, um Kapazitäten zu erhöhen und Reisezeiten zu reduzieren,
- intermodale Anschlusssicherung, die reibungslose Übergänge zwischen S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn, Bus sowie digitalen Mobilitätsformen gewährleisten soll,
- Barrierefreiheit entlang aller Verkehrsmodi als verbindliches Ziel, sowohl infrastrukturell als auch durch rollstuhlzugängliche Fahrzeuge,
- Entwicklung einer zentralen Mobilitätsplattform, die digitale Dienste unterschiedlicher Anbieter wie Carsharing, Bikesharing oder On-Demand-Angebote integriert, um multimodales Reisen einfacher zu gestalten.

Im Kontext dieser Strategie spielt das Pilotprojekt KIRA eine zentrale Rolle. Sechs fahrerlose Level-4-Shuttles der Fahrzeugklasse M 1 verkehrten in den Kommunen Langen und Egelsbach (Kreis Offenbach) und können über die App eines lokalen Dienstes gebucht werden. Die Fahrzeuge wurden von DB Regio Bus Mitte betrieben. Die On-Demand-Software stammt vom Unternehmen ioki, während das Unternehmen Mobileye die autonomen Fahrfunktionen liefert. Dieses Projekt markiert den ersten Einsatz von Level-4-Fahrzeugen im regulären öffentlichen Nahverkehr einer deutschen Region.¹²

3.3 Hamburg

Die Metropolregion Hamburg hat eine Bevölkerung von etwa 5,44 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern und umfasst neben der Freien und Hansestadt Hamburg auch mehrere Landkreise und kreisfreie Städte aus den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein.¹³ Der bedeutendste Verkehrsverbund dieser Region ist der Hamburger Verkehrsverbund (hvv), dessen Einzugsgebiet rund 3,7 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner umfasst und innerhalb dessen jährlich circa 1,1 Milliarden Fahrgäste mit Regionalbahn, S- und U-Bahn, Bussen und Fähren befördert werden.¹⁴

¹² RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND SERVICEGESELLSCHAFT MBH 2021

¹³ IKM MONITORING O. D.

¹⁴ HAMBURGER VERKEHRSVERBUND O. D.

Der Modal Split für die verschiedenen Verkehrsarten gestaltet sich im hvv-Gebiet wie folgt: MIV 32 %, Mitfahrten im MIV 11 %, öffentlicher Verkehr 16 %, Fahrradverkehr 14 %, Fußverkehr 27 %.¹⁵

Die Freie und Hansestadt Hamburg verfolgt eine umfassende Strategie zur nachhaltigen Transformation ihres Verkehrssystems. Zielsetzung dieser Strategie ist es u. a., den Anteil des Umweltverbunds – bestehend aus Fußverkehr, Radverkehr und öffentlichem Nahverkehr – angesichts steigender Bevölkerungszahlen bis zum Jahr 2030 auf 80 % aller zurückgelegten Wege zu erhöhen.¹⁶

Wichtige Handlungsfelder der zehn Punkte umfassenden Strategie zur Mobilitätswende sind:

- Ausbau des ÖPNV mit ganztägig zuverlässigen Takten im Bereich von fünf Minuten innerhalb der Stadt und von zehn bis zwanzig Minuten in der Region
- Stärkung Hamburgs als Verkehrsknotenpunkt durch optimierte Anbindungen an das Umland sowie an den Fernverkehr
- Umgestaltung des öffentlichen Raums zugunsten nachhaltiger Verkehrsträger durch Fahrradstraßen, Busspuren und Verkehrsberuhigung
- Unterstützung der Elektrifizierung des Verkehrs mittels Ladeinfrastruktur, elektrischer Busse und alternativer Antriebssysteme im Wirtschaftsverkehr
- Bereitstellung digitaler Dienste wie Mobilitäts-Apps, Sharing-Angebote und vernetzte Verkehrsinformationen zur Vereinfachung der Nutzung nachhaltiger Verkehrsmittel

Der Bereich On-Demand-Mobilität befindet sich in Hamburg derzeit im Übergang von Pilotprojekten zur breiteren Implementierung und Automatisierung. Ziel ist der Aufbau einer Flotte von autonomen Fahrzeugen, die eine flächendeckende Erreichbarkeit des ÖPNV innerhalb von fünf Minuten gewährleisten sollen.

Ein zentrales Element der Mobilitätsstrategie ist zudem der Einsatz autonomer Fahrzeuge im öffentlichen Nahverkehr. Die Projekte ALIKE und ahoi dienen hierbei als zentrale aktuelle Pilotvorhaben. Während im Projekt ALIKE im Hamburger Zentrum ein autonomes Ridepooling-System mit verschiedenen Fahrzeugmodellen getestet wird, erprobt das Projekt ahoi im Bezirk Harburg autonome Fahrzeuge im Kontext des On-Demand-Angebots hvv hop mit einem Anbieter. Beide Projekte liefern essenzielle Erkenntnisse für die zukünftige Integration autonomer Fahrzeuge und positionieren Hamburg als Modellregion für automatisierte

¹⁵ FOLLMER u. a. 2025

¹⁶ FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, BEHÖRDE FÜR VERKEHR UND MOBILITÄTSWENDE 2023

Mobilitätslösungen im ÖPNV.¹⁷ Die bereits erwähnte strategische Allianz der HOCHBAHN mit BVG und MVG macht die hohe strategische Bedeutung des autonomen Fahrens zusätzlich deutlich.¹⁸

3.4 Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg

Die Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg umfasst etwa 3,8 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner auf rund 19.000 km² in mehreren kreisfreien Städten und Landkreisen in Niedersachsen.¹⁹ In der Metropolregion besteht ein S-Bahn-Netz, ein Stadtbahn- und ein Straßenbahnnetz sowie mehrere Busnetze in den Städten und Regionen. Der ÜSTRA Verkehrsverbund koordiniert das Angebot von neun Verkehrsunternehmen in der zentralen Region Hannover.

Die Mobilitätsstrategie der Metropolregion setzt auf einen grundsätzlichen Transformationspfad: Ein vollständiger Umstieg auf Elektromobilität, begleitet von emissionsneutraler Mobilität bis spätestens 2050. Diese Ziele wurden im Kontext des Projekts EnerKlim (2015-2018) entwickelt, bei dem Kommunen, Wirtschaft und Wissenschaft zusammenarbeiteten, um Energiebedarf und Mobilität vollständig aus erneuerbaren Quellen zu versorgen.²⁰

Im Rahmen der MobilitätsWerkStadt 2025 initiierte die Region das Projekt in.spe, das sich gezielt mit der Verbindung von Verkehrs- und Energiewende befasst. Wesentliche Inhalte sind:

- Elektrifizierung der Fahrzeuge im regionalen Verkehr
- Erprobung alternativer Fahrzeugkonzepte über eine Modellflotte
- Einrichtung lokaler „Rettungsinseln“ mit Lade- und Speichersystemen.

Bezüglich des autonomen Fahrens ist das Projekt ALBUS hervorzuheben. In Burgdorf verkehrt seit September 2025 ein autonomer Elektrobuss (Modell Karsan e-ATAK, AD-Stack von ADASTEC) im realen Mischverkehr über eine etwa 7 km lange Strecke. Der Testbetrieb läuft im öffentlichen Raum und mit technischer Aufsicht an Bord.²¹ In Braunschweig wird autonomes Fahren im Rahmen des Projekts „Innovative modulare Mobilität Made in Germany“ (IMoGer)

¹⁷ VHH MOBILITY o. D.

¹⁸ BERLINER VERKEHRSBETRIEBE 2025

¹⁹ IKM 2021

²⁰ METROPOLREGION.DE o. D.

²¹ ÜSTRA o. D.

erprobt. Dabei kommen automatisierte, modulare Elektrofahrzeuge zum Einsatz, die sowohl Personen- als auch Gütertransport auf der letzten Meile ermöglichen sollen.²²

3.5 Mitteldeutschland

In der Metropolregion Mitteldeutschland liegen u. a. die Städte Leipzig, Halle und Chemnitz. Die Region ist verkehrlich stark verknüpft, bildet aber keinen zusammenhängenden Raum. Der Mitteldeutsche Verkehrsverbund (MDV) verzeichnet jährlich steigende Fahrgastzahlen und umfasst ein integriertes Ticket- und Verkehrsnetz aus S-Bahn, Regionalzügen, Straßenbahnen und Bussen in weiten Teilen der Metropolregion. Im Verbundgebiet lebten im Jahr 2019 etwa 2,1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner.²³

Aktuell befindet sich die Strategie MDV 2030 in der Entwicklung und wird fortlaufend mit den Gesellschafterkommunen abgestimmt. Ziel ist eine leistungsfähige und klimafreundliche Verkehrsentwicklung zur ökologischen und digitalen Transformation des Verbundbereichs. Zentrale Maßnahmenfelder sind:

- Ausbau des PlusBus-Netzes: Insbesondere zur Anbindung von Gemeinden außerhalb der S-Bahn-Erschließung dienen PlusBus-Linien – landesbedeutsame, vertaktete Busverbindungen mit verlässlichem Stunden-Takt, auch am Wochenende und in peripheren Gebieten
- Einführung digitaler Ticketvarianten: Über die MDV-App (MOOVME) sowie weitere Apps wie INSA oder movemix werden digitale Fahrkarten verkauft, Echtzeit-Informationen bereitgestellt und der multimodale Zugang erleichtert. Die Integration des Deutschlandtickets, Semestertickets und Abo-Angeboten ist Teil dieser Strategie.

Diese Maßnahmen werden ergänzt durch strategische Arbeitspakete des MDV-Projekts "MDV 2025" und dessen Fortentwicklung zur Strategie MDV 2030.²⁴

In Mitteldeutschland werden autonome Fahrzeuge aktiv erprobt. Das Projekt ABSOLUT testete elektrisch betriebene, fahrerlose Shuttles zwischen dem S-Bahnhof Messe Leipzig und dem nahegelegenen BMW-Werk. In ABSOLUT II sollen mehrere Fahrzeuge zentral überwacht werden, ohne dass ein Fahrer an Bord ist. Im Burgenlandkreis wird ein Betrieb mit autonomen Kleinbussen im Linienverkehr geplant, ergänzt durch ein On-Demand-Angebot für ländliche

²² BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR 2025

²³ MITTELDEUTSCHE ZEITUNG 2019

²⁴ MDV o. D.

Gebiete. Das FLASH-Shuttle in Nordsachsen fährt ebenfalls autonom, vernetzt mit Ampeln und bei Bedarf manuell steuerbar.²⁵

3.6 München

In der etwa 6,2 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner zählenden Metropolregion München liegen u. a. die Städte Augsburg, Landshut und Ingolstadt. Für die größte Stadt, München, wird ein langfristiges Bevölkerungswachstum von etwa 14 Prozent bis 2040/45 prognostiziert, was zu rund 1,83 Mio. Einwohnerinnen und Einwohnern bis zum Jahr 2045 führen dürfte. Laut MiD 2023 entfallen in München 29 % aller Wege auf den Fußverkehr, während der ÖV 25 % aller Wege abdeckt und das Fahrrad 17 %. Der MIV macht in der Fahrerrolle 21 % und als MitfahrerIn oder Mitfahrer weitere 8 % aus. Zusammengenommen ergibt sich damit ein Umweltverbundanteil von rund 71 %, wobei andere städtische Erhebungen – wie die Mobilitätsstudie der Stadt München – für den Fußverkehr über leicht höhere Werte und für den Autoverkehr entsprechend niedrigere Anteile berichten.²⁶

Ziele der Mobilitätsstrategie sind die Erreichung von CO₂-Neutralität im Verkehrsbereich bis 2035, verstärkte Digitalisierung sowie die Barrierefreiheit aller Verkehrssysteme. Ein zentrales Ziel besteht darin, dass bis 2025 bereits mindestens 80 % aller Wege in München durch den Umweltverbund (also öffentliche Verkehrsmittel, Fuß- und Radverkehr oder abgasfreie Fahrzeuge) zurückgelegt werden. Die Konzepte der Mobilitätsstrategie 2035 beinhalten mehrere Kernelemente:²⁷

- Elektro- und Wasserstoffbusse im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
- Ausbau der Buslinien inklusive Einführung von Expresslinien zur Effizienzsteigerung,
- On-Demand-Angebote wie der FLEX-Service im Landkreis München seit Oktober 2022 und mit geplanter Ausweitung auf das gesamte Umland,
- Pilotbetrieb autonomer Busse, etwa im MINGA-Projekt ab 2025 mit MAN Lion's City E mit teilautonomem Einsatz im Stadtgebiet.

Im Rahmen der Mobilitätsstrategie 2035 setzt München auf mehrere zukunftsweisende Forschungs- und Pilotprojekte, die neue Technologien im Realbetrieb erproben und wichtige Erkenntnisse für eine flächendeckende Umsetzung liefern sollen. Ein zentrales Element stellt dabei das On-Demand-Shuttle-Modell „FLEX“ dar, das seit 2022 im Landkreis München zum

²⁵ MDV 2025; PROJEKT ABSOLUT o. D.; SAS o. D.

²⁶ LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, STADTVERWALTUNG o. D.; FOLLMER u. a. 2025

²⁷ LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, MOBILITÄTSREFERAT o. D.

Einsatz kommt. Durch bedarfsgerechte Mobilität ohne festen Linienfahrplan zeigt das Projekt Potenziale zur Reduktion von Emissionen und zur Verbesserung der Erreichbarkeit insbesondere im suburbanen Raum. Ergänzend dazu werden im Rahmen von Simulationen sogenannte Shared Autonomous Vehicles (SAVs) untersucht, die in hybriden Betriebsmodellen – also einer Kombination aus Linien- und Bedarfsverkehr – sowohl den Fahrkomfort steigern als auch den Energieverbrauch gegenüber klassischen ÖPNV-Systemen senken könnten.

Ein weiteres Schlüsselprojekt ist MINGA (Munich's automated bus operation), bei dem ab dem Jahr 2025 autonom fahrende, elektrisch betriebene Busse auf ausgewählten Linien im Stadtgebiet eingesetzt werden sollen. Diese Pilotmaßnahmen leisten nicht nur einen Beitrag zur technologischen Reife automatisierter Mobilitätsangebote, sondern bilden zugleich die Grundlage für eine strategische Skalierung in den gesamten Verkehrsraum der Metropolregion München.²⁸ Die bereits erwähnte strategische Allianz der HOCHBAHN mit BVG und HOCHBAHN macht die hohe strategische Bedeutung des autonomen Fahrens zusätzlich deutlich.²⁹

3.7 Nordwest

Die Metropolregion Nordwest umfasst etwa 2,8 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner und erstreckt sich über Bremen, Bremerhaven, Oldenburg sowie angrenzende Landkreise in Niedersachsen. Der öffentliche Nahverkehr wird durch den Zweckverband Verkehrsverbund Bremen/Niedersachsen (ZVBN) als ÖPNV-Aufgabenträger und den Verkehrsverbund Bremen & Niedersachsen (VBN) koordiniert. Der Verbund sorgt für einheitliche Tarifmodelle, umfassende Planung und Standardisierung des ÖPNV-Angebots. Aktuell liegt der Modal Split nach Wegen im Verkehrsverbund bei 23 % zu Fuß, 14% mit dem Fahrrad, 10 % ÖPNV und 49 % MIV.³⁰ Die Mobilitätsstrategie der Region formuliert folgende Kernpunkte gemäß ZVBN-Nahverkehrsplan:³¹

- Ausbau von Tarifmodellen, um die nahtlose Nutzung des gesamten Verbundnetzes zu erleichtern
- Digitalisierung von Vertriebs- und Bedienangeboten sowie Fahrgastinformation, um Servicequalität und Nutzerfreundlichkeit zu erhöhen.
- Ausbau der Infrastruktur und Barrierefreiheit: Der ZVBN setzt sich aktiv für ein „Design für alle“ ein, z. B. durch niederflurige Fahrzeuge, großzügige Mehrzweckbereiche und fehlersicheren Einstieg.

²⁸ MVG o. D.

²⁹ BERLINER VERKEHRSBETRIEBE 2025

³⁰ FOLLMER u. a. 2025

³¹ ZVBN 2023

In der Metropolregion Nordwest laufen derzeit verschiedene Forschungs- und Pilotprojekte rund um automatisiertes und autonomes Fahren. Die Aktivitäten reichen von der Entwicklung technischer Grundlagen bis hin zur praktischen Erprobung neuer Mobilitätsformen. Dazu gehören unter anderem Vorhaben zur digitalen Infrastruktur wie vernetzte Ampeln und Leitstellen für autonome Shuttles, zur Erstellung hochpräziser Karten sowie digitaler Zwillinge für Test- und Simulationsumgebungen. Auch die Sicherheit automatisierter Fahrfunktionen steht im Fokus. Hochschulen und Forschungseinrichtungen der Region arbeiten zudem an konkreten Anwendungsfällen wie On-Demand-Shuttles, Carsharing-Angeboten oder Mobilitätslösungen für ländliche Räume. Ziel dieser Initiativen ist es, die Verkehrssicherheit zu erhöhen, den ÖPNV effizienter und verlässlicher zu machen, digitale Mobilitätsangebote auszubauen und die technologische Entwicklung der Region voranzutreiben.³²

3.8 Nürnberg

Die Metropolregion Nürnberg umfasst die Stadt Nürnberg sowie umliegende Städte wie Fürth und Erlangen und wird ÖV-seitig durch den Verkehrsverbund Großraum Nürnberg (VGN) als Verkehrs- und Tarifverbund koordiniert. Der VGN deckt mit seinem Angebot S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn, Regional- und Stadtbussen einen wesentlichen Teil der Mobilität in der Region ab. Im Jahr 2023 wurden in Nürnberg etwa 30 % der Wege zu Fuß zurückgelegt, 15 % mit dem Fahrrad, ca. 23 % mit dem öffentlichen Verkehr und 32 % im MIV.³³

Nürnberg erwartet weiterhin ein starkes Bevölkerungswachstum mit steigender ÖPNV-Nachfrage. Innerhalb der letzten 10 Jahre stieg die Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner um 5,7 % (+ 29.627 Personen seit 2014).³⁴ Der VGN hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 einen Fahrgastzuwachs von 40 % zu erreichen. Grundlage dafür ist die Entwicklung hin zu einem Mobilitäts- und Umweltverbund mit attraktiven Angebotsstrukturen und reduzierten CO₂-Emissionen. Weitere Zielsetzungen aus dem regionalen Nahverkehrsplan und dem Verkehrsentwicklungsbericht 2022 umfassen:³⁵

- einheitliche Mindestausstattung der Verkehrsmittel (Barrierefreiheit, Fahrgastinformation, Komfort),
- dichtere Taktzeiten und höhere Angebotsdichte,
- Beschleunigung von Planungsprozessen, um Projekte effizient umzusetzen.

³² UNIVERSITÄT BREMEN 2025b; UNIVERSITÄT BREMEN 2025a; DFKI GMBH 2025

³³ VGN, VERKEHRSPANUNG 2022

³⁴ STADT NÜRNBERG, WIRTSCHAFTS- UND WISSENSCHAFTSREFERAT 2025

³⁵ VGN 2024

In der Metropolregion Nürnberg sticht insbesondere der Schienenverkehr durch einen hohen Automatisierungsgrad hervor. Mit der vom Verkehrsunternehmen VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg betriebenen fahrerlosen U-Bahn verfügt Nürnberg über das erste dauerhaft vollautomatisch betriebene U-Bahn-System Deutschlands und damit über ein international anerkanntes Referenzprojekt für automatisierten ÖPNV. Die Linien U2 und U3 verkehren seit Jahren zuverlässig im automatischen Betrieb und zeigen, wie digitale Leitstellen, vernetzte Systeme und automatisierte Fahrfunktionen im öffentlichen Verkehr erfolgreich umgesetzt werden können. Aktuell laufen in der Region keine großangelegten Pilotprojekte mit autonomen Fahrzeugen auf der Straße.³⁶

3.9 Rhein-Neckar

Die Metropolregion Rhein-Neckar umfasst die länderübergreifenden Kernstädte Mannheim, Heidelberg und Ludwigshafen sowie umliegende Landkreise in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen. Der Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) agiert als zentraler Koordinator für den öffentlichen Nahverkehr, einschließlich einheitlichem Tarifmanagement, Verkehrsnetzausbau und SPNV-Aufgaben. Das Liniennetz der S-Bahn Rhein-Neckar erstreckt sich über etwa 603 km und bildet somit das Rückgrat des SPNV in der Region. Ergänzt wird das Angebot durch ein dichtes Straßenbahn- und Busnetz. Der Modal Split nach Wegen im VRN liegt bei 28 % zu Fuß, 9% mit dem Fahrrad, 10 % ÖPNV und 51 % MIV.³⁷

Das Leitbild „Verkehr 2050“ des VRN stellt den langfristigen Rahmen dar, innerhalb dessen Mobilität als zentraler Beitrag zur Erreichung nationaler und europäischer Klimaschutzziele gesehen wird. Es legt die Grundlage für abgestimmte strategische Konzepte zur nachhaltigen Mobilitätswende in der Region.³⁸ Der Mobilitätspakt Rhein-Neckar formuliert folgende Kernziele zur nachhaltigen Verkehrsentwicklung:³⁹

- Steigerung der Attraktivität von SPNV und ÖPNV durch Optimierung von Verkehrsangeboten, Infrastruktur und Angebotstaktung.
- Verlagerung von MIV-Fahrten auf SPNV/ÖPNV, um städtische Mobilität nachhaltiger zu gestalten.
- Reduzierung von Luftschadstoffen und Lärmbelastung durch emissionsarme und lärmsensible Mobilitätskonzepte.

³⁶ VAG 2023

³⁷ FOLLMER u. a. 2025

³⁸ VRN o. D.

³⁹ METROPOLREGION RHEIN-NECKAR o. D.

In der Metropolregion wurden in der Vergangenheit mehrere Pilotprojekte mit autonomen Fahrzeugen im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs durchgeführt. Dabei kamen automatisiert fahrende Kleinbusse zum Einsatz, um neue Technologien im realen Straßenverkehr zu erproben, Erfahrungen mit automatisiertem Fahren, der Vernetzung mit Infrastruktur und der Integration in den ÖPNV zu sammeln.

3.10 Rhein-Ruhr

Die Metropolregion Rhein-Ruhr ist mit rund 13 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern die bevölkerungsreichste Region Deutschlands und zählt zu den am dichtesten besiedelten Gebieten Europas. Sie gliedert sich ÖPNV-seitig in die drei Verkehrsbünde Aachener Verkehrsverbund (AVV) mit etwa 1,08 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern, Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS) mit rund 3,48 Millionen sowie Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR). Letzterer ist mit etwa 7,9 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern auf rund 7.305 km² der weitaus größte. Er umfasst die Städte Düsseldorf, Essen, Dortmund, Duisburg und Wuppertal sowie umliegende Kreise, die durch ein dichtes Netz aus S-Bahn-, Regional-Express-, Regionalbahn-, Stadtbahn-, Straßenbahn- und Buslinien miteinander verbunden sind. Der Verbund organisiert nicht nur ein einheitliches Tarifsystem, sondern fungiert auch als SPNV-Aufgabenträger, koordiniert die Verkehrsqualität und Fahrgastinformationen, sowie die Tarifentwicklung und Vertrieb. Der Modal Split nach Wegen im VRR liegt bei 27 % zu Fuß, Fahrrad 6 %, ÖPNV 12 % und MIV-Fahrt 53 %.⁴⁰ Der VRR hat sich das Ziel gesetzt, den Verkehr im Verbundgebiet bis 2045 klimaneutral zu gestalten. Dieses Ziel ist zentraler Bestandteil des Strategiekonzepts „Verkehr und Mobilität im VRR 2030/2045“. Zur Umsetzung verfolgt der VRR mehrere strategische Ansätze:⁴¹

- Weiterentwicklung von Tarif und Vertrieb: 2025 wurde eine umfassende Tarifreform umgesetzt, die das Ticketangebot verschlankt und digitalisiert, etwa durch das eTarif-Modell „eezy VRR“.
- koordiniertes Verkehrsangebot: Durch seine Rolle als SPNV-Aufgabenträger gewährleistet der VRR abgestimmte Qualitätsstandards und integriert Linien verschiedener Transportmodi
- Digitalisierung von Vertrieb und Fahrgastinformation: Zum ersten Mal wurde im VRR-Nahverkehrsplan ein eigenes Kapitel zur Digitalisierung aufgenommen. Hierdurch können Fahrgäste Fahrpläne in Echtzeit abrufen und Tickets digital über das Smartphone, Tablet oder an der Haltestelle kaufen.

⁴⁰ FOLLMER u. a. 2025

⁴¹ VRR o. D.

In der Metropolregion Rhein-Ruhr wurden in der Vergangenheit mehrere Pilotprojekte mit autonomen Fahrzeugen auf der Straße durchgeführt. Dazu zählen insbesondere automatisierte Kleinbusse in Monheim am Rhein und Düsseldorf, die in den jeweiligen ÖPNV integriert und im realen Straßenverkehr erprobt wurden. Ziel dieser Projekte war es, Erfahrungen mit selbstfahrenden Fahrzeugen, deren Vernetzung mit der Infrastruktur und der Integration in den öffentlichen Nahverkehr zu sammeln. Die Projekte dienten als Reallabore, sind inzwischen abgeschlossen und lieferten wertvolle Erkenntnisse für die künftige Entwicklung autonomer Mobilitätslösungen in der Region. Im regionalen Mobilitätsentwicklungskonzept der Metropole Ruhr ist explizit vorgesehen, digitale Testfelder für autonomes Fahren auszubauen.⁴²

3.11 Stuttgart

Kern der Europäischen Metropolregion Stuttgart bildet nach Einwohnerzahl und Wirtschaftskraft die Region Stuttgart, bestehend aus der Landeshauptstadt Stuttgart und fünf angrenzenden Landkreisen (Böblingen, Esslingen, Göppingen, Ludwigsburg und Rems-Murr-Kreis). Sie ist eine bedeutende Planungsregion in Baden-Württemberg und zählt rund 2,8 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner.⁴³

Der Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart (VVS) deckt ein Netz aus S-Bahn, Stadtbahn, regionalen Bussen, Expresslinien sowie On-Demand-Diensten ab und zählt zu den zentralen Organisationseinheiten des regionalen ÖPNV-Systems. Der Modal Split nach Wegen in der Region Stuttgart liegt bei ca. 27 % Fußverkehr, 9 % Fahrrad, 12 % ÖPNV, während der motorisierte Individualverkehr mit rund 52 % Anteil weiterhin dominiert. Das entspricht einem Umweltverbund-Anteil (Fuß, Rad, ÖPNV) von etwa 50 %.⁴⁴

Ein zentrales Ziel der regionalen Verkehrspolitik ist die Steigerung der Fahrgastzahlen im ÖPNV um mindestens 20 % bis 2025 – formuliert im ÖPNV-Pakt zwischen Kommunen, Land und Region. Zur Umsetzung wurden folgende Handlungsfelder definiert:

- On-Demand-Angebote als ergänzende Mobilitätsoptionen, insbesondere zur Überbrückung eher ländlicher Zubringerbereiche zum ÖPNV,
- Mobilitäts-Apps (z. B. VVS-Rider, Flex mobil), die Dienste wie On-Demand-Shuttles, Carsharing oder Bikesharing integrieren,

⁴² BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE O. D.; GANGLUFF 2025; REGIONALVERBAND RUHR, BEREICH PLANUNG, REFERAT MOBILITÄT 2021

⁴³ WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG REGION STUTTGART GMBH 2017

⁴⁴ FOLLMER u. a. 2025

- Taktverdichtung im bestehenden ÖPNV-Angebot, insbesondere durch häufigere Bus- und Bahntakte während der Hauptverkehrszeiten,
- Autonomes Fahren wird explizit als ergänzende Mobilitätsform zum klassischen ÖPNV erwähnt, insbesondere im Nahverkehrsentwicklungsplan.

In der Metropolregion Stuttgart liefen mehrere Vorhaben zum autonomen Fahren im öffentlichen Raum. Das Forschungsprojekt AMEISE in Waiblingen und Ehningen testete automatisierte Shuttles für den ÖPNV und untersuchte dabei Infrastruktur, Betriebs- und Rollenmodelle und Akzeptanz. Heilbronn ist Teil des Testfelds Autonomes Fahren Baden-Württemberg, wo autonome Shuttles im städtischen Umfeld getestet wurden.⁴⁵

4 BESCHAFFUNGSPROZESS VON FAHRZEUGEN IM DEUTSCHEN ÖPNV

Wovon ist die Anzahl an Bussen und kleineren Fahrzeugen im deutschen ÖPNV-System abhängig? Um diesen Prozess und seine Zusammenhänge nachvollziehbar zu machen, werden die Rahmenbedingungen, die zentralen Akteure, die Finanzierungsstruktur, Hintergründe zur Beauftragung von Verkehrsleistungen sowie zur Fahrzeugbeschaffung für den Straßenpersonennahverkehr erläutert (für den Schienenverkehr gelten teilweise andere Bedingungen). Dabei ist zu beachten, dass das ÖPNV-System in Deutschland historisch gewachsen und entsprechend komplex strukturiert ist. Ziel dieser Darstellung ist es, die grundlegenden Prinzipien des Beschaffungsprozesses aufzuzeigen. In den einzelnen Bundesländern oder (Land-)Kreisen können je nach den örtlichen Gegebenheiten abweichende Regelungen oder Konstellationen auftreten.

4.1 Rahmenbedingungen und Aufgabenträgerschaft

Das Kapitel beschreibt, wie die Organisation und Finanzierung des ÖPNV in Deutschland erfolgt, welche gesetzlichen Grundlagen und Akteure dabei eine Rolle spielen und mit welchen Verfahren der Mobilitätsbedarf ermittelt wird, um ein bedarfsgerechtes Angebot unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Anforderungen und begrenzter Ressourcen sicherzustellen.

Der ÖPNV stellt in Deutschland eine zentrale Leistung der öffentlichen Daseinsvorsorge dar und dient der Gewährleistung gleichberechtigter Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen – unabhängig von Einkommen, Alter oder Wohnort. Die Organisation und Finanzierung des

⁴⁵ AMEISE 2020; HOCHSCHULE HEILBRONN o. D.

ÖPNV in Deutschland obliegt den ÖPNV-Aufgabenträgern, die auf Grundlage des Regionalisierungsgesetzes, des Personenbeförderungsgesetzes und der Landesnahverkehrsgesetze tätig sind. Diese Aufgabenträger sind in der Regel (Land-)Kreise oder kreisfreie Städte. In einigen Fällen schließen sich mehrere Aufgabenträger zu einem Zweckverband zusammen, um eine einheitliche Qualität, größere Ausschreibungslose und eine effizientere Vergabe zu gewährleisten.

Die grundsätzliche Sicherstellung des ÖPNV ist eine gesetzliche Pflichtaufgabe. Es ist damit keine Pflicht zur Einhaltung bestimmter Qualitätsstandards verbunden (z. B. 10-Minuten-Takt); deren Ausgestaltung obliegt den Aufgabenträgern im Rahmen der Nahverkehrsplanung. Verpflichtend ist lediglich die Sicherstellung des Schülerverkehrs. Wonach entscheiden Aufgabenträger also, wo genau wie viel ÖPNV-Leistung angeboten wird?

Um den ÖPNV bedarfsgerecht zu organisieren, werden mehrere ineinandergreifende Verfahren zur Bedarfsermittlung genutzt. Zur Analyse der vorhandenen Nachfrage werden klassische Fahrgastzählungen und -befragungen durchgeführt und automatische Zählsysteme an Fahrzeugen sowie digitale Daten wie Ticket- oder Check-in/out-Daten aus Apps und E-Tickets ausgewertet. Auf diese Art werden Informationen zu existierenden öffentlichen Verkehren erhoben, die zeigen, zu welchen Zeiten und auf welchen Linien viele oder wenige Fahrgäste unterwegs sind und wo Kapazitäten fehlen oder überschüssig sind.

Ein weiterer Baustein ist die direkte Rückmeldung von Bürgerinnen und Bürgern sowie von Kommunen, Schulen und Betrieben. Über Beteiligungsverfahren, Beschwerden, Anregungen und Workshops erhalten die Aufgabenträger Hinweise darauf, wo Lücken im Angebot bestehen oder wo Verbesserungen gewünscht sind. Diese qualitative Perspektive ergänzt die objektiven Verkehrsdaten.

Zusätzlich werden gesellschaftliche Anforderungen berücksichtigt, die über reine Nachfragezahlen hinausgehen. Dazu gehört etwa die Beförderung von Schülerinnen und Schülern (eine Pflichtaufgabe), die Gewährleistung von Barrierefreiheit oder die Grundversorgung von Menschen ohne Auto in ländlichen Räumen. Auch die Erreichbarkeit wichtiger Einrichtungen wie Arztpraxen, Behörden oder Einkaufszentren fließt in die Bedarfsanalyse ein.

Parallel dazu betrachten die Aufgabenträger die zukünftige Entwicklung. Sie verwenden Bevölkerungsprognosen, Bauleitplanungen, Daten zur Arbeitsplatzverteilung und Pendelströme, um abzuschätzen, wie sich Mobilität in den nächsten Jahren verändern wird.

Neue Wohngebiete, Schulstandorte oder Gewerbeflächen sind beispielsweise wichtige Hinweise darauf, dass an bestimmten Orten künftig mehr Verkehr entstehen wird.

Bei dem Vorgehen besteht eine methodische Schwäche: Aus den ÖPNV-bezogenen Daten lässt sich nicht immer der tatsächliche Bedarf ableiten. Wenige Fahrgäste auf einer Linie können bedeuten, dass dort kein Bedarf besteht – oder aber, dass das Angebot schlecht geplant ist und deshalb nicht genutzt wird. Um ein vollständigeres Bild zu erhalten, sollten daher auch andere Datenquellen wie Pendelraten, Mobilfunkdaten oder Verkehrsmodelle berücksichtigt werden. In der Praxis ist das ÖV-Angebot oftmals historisch gewachsen und basiert häufig auf Wünschen der Gemeindepolitik, nicht ausschließlich auf datenbasierten Planungen. Des Weiteren wird häufig auf Grund fehlender Ressourcen auf proaktive Beteiligungsverfahren verzichtet.

Die Umsetzung des ermittelten Bedarfs hängt von den verfügbaren finanziellen für den ÖPNV, den personellen Mitteln sowie von der nutzbaren Infrastruktur ab. Aufgabenträger müssen auf mehreren Ebenen einen Abgleich zwischen Wunschangebot und Ressourcen machen. Die umsetzenden Verkehrsunternehmen benötigen u. a. Fahrpersonal, Betriebshöfe, Werkstattkapazitäten sowie Fahrzeuge. Ein steigender Bedarf kann nur bedient werden, wenn entsprechende Ressourcen verfügbar sind. Aufgabenträger müssen dem entsprechend priorisieren, welche Linien oder Zeitfenster besonders bedarfsgerecht ausgebaut werden. Dies erfolgt anhand von Kriterien wie Fahrgastzahlen, sozialen Aspekten oder verkehrspolitischen Zielen (z. B. Umweltfreundlichkeit, Reduzierung des Individualverkehrs).

Die Organisation des ÖPNV in Deutschland ist stark durch historisch gewachsene Liniennetze, politische Einflussnahme und begrenzte Ressourcen geprägt. Datenbasierte Verfahren zur Bedarfsermittlung werden zwar eingesetzt, stoßen jedoch an methodische Grenzen und werden oft durch fehlende ergänzende Datenquellen eingeschränkt. Dadurch entsteht ein Spannungsfeld zwischen tatsächlichem Mobilitätsbedarf und bestehenden Angebotsstrukturen.

Alle Informationen werden schließlich in formale Planungsinstrumente überführt, insbesondere in den Nahverkehrsplan. Dieser legt für den jeweiligen Raum (bspw. auf Landkreis-Ebene) fest, welche Verkehre erforderlich sind, welche Qualitätsstandards gelten und wie der ÖPNV sich weiterentwickeln soll. Auf seiner Grundlage definieren die Aufgabenträger die Leistungen, die zu erbringen sind (Verkehrsleistungen) und beauftragen Verkehrsunternehmen zur Umsetzung der Planung.

4.2 Finanzierung des ÖPNV

Das Kapitel erläutert die Finanzierungsstruktur des ÖPNV in Deutschland, die sich aus Fahrgeldeinnahmen und einem komplexen System öffentlicher Mittel zusammensetzt und zeigt, welche Kostenarten üblicherweise auftreten.

Die Finanzierung des ÖPNV in Deutschland stützt sich im Kern auf zwei Säulen: Fahrgeldeinnahmen sowie öffentliche Mittel. Die durch den ÖPNV entstehenden Kosten werden nicht allein durch Fahrgeldeinnahmen gedeckt, weil das verkehrliche Angebot und die damit verbundene Kostenstruktur politisch, sozial und betrieblich so gestaltet sind, dass ein kostendeckender Betrieb kaum möglich ist. Beispielsweise fährt im ländlichen Raum auch dort regelmäßig ein Bus, wo die Nachfrage nicht ausreicht, um die Mehrzahl der Fahrgastplätze zu jeder Tageszeit zu füllen. Um soziale Teilhabe zu ermöglichen, muss die Nutzung des ÖPNV außerdem für einkommensschwache Bevölkerungsgruppen wie Schülerinnen, Schüler, Studierende, Rentnerinnen, Rentner und Erwerbslose finanziell tragbar bleiben. Eine vollständige Deckung der Betriebskosten durch Fahrgeldeinnahmen würde vor diesem Hintergrund zu erheblichen Preissteigerungen führen und damit die soziale Funktion des ÖPNV gefährden.

Der ÖPNV ist nicht nur ein sozialpolitisches Instrument, sondern auch ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Studien zeigen, dass jeder in den öffentlichen Verkehr investierte Euro einen volkswirtschaftlichen Nutzen erzeugt. Die Branche generiert Wertschöpfung und sichert Arbeitsplätze in Deutschland. Jeder Arbeitsplatz im ÖPNV zieht weitere Stellen in vor- und nachgelagerten Wirtschaftsbereichen nach sich, etwa in der Fahrzeugindustrie, im Einzelhandel oder bei IT-Dienstleistern.⁴⁶

Als zweite Säule wird der ÖPNV also durch ein komplexes System aus öffentlichen Mitteln finanziert. Diese Mittel kommen aus verschiedenen Quellen, darunter Regionalisierungsmittel des Bundes, Landesmittel sowie kommunale Haushalte. ÖPNV-Aufgabenträger erhalten die öffentlichen Mittel und beauftragen Verkehrsunternehmen für den Betrieb der geplanten Verkehre. Der Betrieb des ÖPNV umfasst unter anderem folgende Kostenarten:

- Fahrzeugkosten, bspw. für Beschaffung, Wartung, Reparatur,
- Infrastrukturkosten, bspw. für Bushaltestellen, Betriebshöfe, Ladeinfrastruktur,
- Betriebskosten, bspw. für Personal, Energie, Reinigung, Sicherheit, Versicherung, Verwaltung und

⁴⁶ DEUTSCHE BAHN 2025

- IT-Kosten, bspw. für Leitsystem, Bordrechner, Auskunftssysteme, Vertriebssysteme.

4.3 Beauftragung von Verkehrsleistungen

Dieses Kapitel erläutert, wie Verkehrsleistungen im Busbereich vergeben werden, welche Rahmenbedingungen die Aufgabenträger dabei festlegen und wie Verkehrsunternehmen daraufhin ihre Angebote kalkulieren und den Fahrzeugeinsatz planen.

Verkehrsleistungen werden je nach örtlicher Organisationsstruktur des ÖPNV seltener eigenwirtschaftlich von Verkehrsunternehmen betrieben und häufiger im Rahmen eines Öffentlichen Dienstleistungsauftrages (ÖDA) vom kommunalen und nur vor Ort tätigen Verkehrsunternehmen oder aber im Rahmen von Ausschreibungen von Verkehrsunternehmen nach Maßgabe des ausschreibenden Aufgabenträgers durchgeführt.

Gemeinwirtschaftliche Verkehre dominieren demnach den Busbereich, wobei Aufgabenträger im Rahmen von mehrjährigen Verkehrsverträgen meist Fahrpläne, Linienführung und Qualitätsstandards vorgeben. Bei Bedarfsverkehren werden Rahmenbedingungen wie das Bediengebiet, die Betriebszeiten oder die maximale Wartezeit für Fahrgäste festgelegt. Üblicherweise erhalten die in Frage kommenden Verkehrsunternehmen detaillierte Leistungsbeschreibungen, die u. a. folgende Elemente umfassen:

- geforderte Leistungsmengen (Fahrplankilometer, Fahrzeugstunden und Fahrzeuge, wobei die Fahrplankilometer die wichtigste Kategorie darstellt),
- Fahrpläne mit Haltestellen, Abfahrts-/Ankunftszeiten und manchmal ergänzend Liniensteckbriefe bzw. Karten der Linienwege,
- Qualitätsanforderungen (z. B. an Pünktlichkeit, Sauberkeit, Fahrgastinformation, Beschwerdemanagement, Konzept für Umgang mit betrieblichen Störungen),
- Personalvorgaben (Qualifikation, Schulungen, Leitstellenverfügbarkeit, Betriebsleitung),
- Fahrzeuganforderungen (Kapazität, Ausstattung, Alter, Barrierefreiheit, Antrieb).

Der Fahrzeugbedarf leitet sich aus diesen Vorgaben ab. Die Verkehrsunternehmen berechnen die erforderliche Anzahl an Fahrzeugen. Dabei werden Fahrzeiten, Umläufe, Taktungen und Betriebszeiten pro Fahrzeug berücksichtigt. Ressourcenabhängig werden zusätzlich Reservefahrzeuge für Wartungen oder Störungen eingeplant. Auf dieser Grundlage wählen die Unternehmen auch den geeigneten Fahrzeugtyp und die Ausstattung, um die betrieblichen und qualitativen Anforderungen zu erfüllen. Fördermittel für Fahrzeuge, etwa für den Erwerb von Elektro-Bussen, reduzieren die Investitionskosten der Verkehrsunternehmen. Damit

bestimmt der Aufgabenträger das „Was“ und „Wann“, während das Verkehrsunternehmen das „Wie“ und „Mit welchen Mitteln“ gestaltet.

Im wettbewerblichen Verfahren wird der Anbieter hauptsächlich nach dem Angebotspreis (z. B. Euro pro Fahrplankilometer) ausgewählt. Die genannten qualitativen Kriterien werden häufig als Muss-Kriterien vorausgesetzt. Zur Sicherstellung der Qualität können Pönale bei Nichterfüllung vereinbart werden. Die Vertragslaufzeiten variieren je nach Verkehrsart und Investitionsbedarf. Im Busverkehr betragen sie in der Regel zwischen fünf und zehn Jahren.

4.4 Fahrzeugbeschaffung und -anforderungen

Das Kapitel beschreibt, wie Verkehrsunternehmen Fahrzeuge beschaffen, ausstatten und in Umlauf bringen, welche technischen und betrieblichen Anforderungen dabei berücksichtigt werden müssen und warum die Integration verschiedener Systeme einen komplexen Bestandteil der Planung darstellt.

In der Regel beschaffen Verkehrsunternehmen die für die vom Aufgabenträger festgelegten Verkehrsleistungen benötigten Fahrzeuge selbst und halten ihre Flotten entsprechend den betriebswirtschaftlichen Vorgaben, etwa Abschreibungszeiträumen, auf dem neuesten Stand. Ziel ist es, die erforderliche Anzahl an Fahrzeugen mit möglichst wenig unproduktiver Zeit zu ermitteln – ein Prozess, der als Umlaufplanung bezeichnet wird. Dabei werden Fahrzeiten, Taktungen, Pausen und Betriebszeiten berücksichtigt, häufig unterstützt durch spezialisierte Software.

Der Betreiber ist verantwortlich für die Auswahl und Ausstattung der eingesetzten Fahrzeuge. Grundlage hierfür sind u. a. VDV-Schriften sowie technische Normen und gesetzliche Vorgaben auf nationaler sowie EU-Ebene sowie die Vorgaben aus der vom Auftraggeber zusätzlich geforderten Ausstattungsmerkmale. Die Fahrzeuge werden in der Regel als Serienfahrzeuge mit individueller Anpassung (z. B. Farbgebung, Sitzanordnung, Haltestangen) beschafft. Auch Aspekte wie Service, Wartung und Ersatzteilverfügbarkeit durch den Hersteller spielen eine zentrale Rolle bei der Auswahl. Häufig verfügen Verkehrsunternehmen bereits über einen Fahrzeugpool, der entsprechend angepasst oder erweitert wird.

Allerdings werden einige technische Komponenten nicht direkt mit dem Fahrzeug geliefert, sondern teils im Nachgang separat verbaut und ggf. auch über eigenständige Vergabeverfahren beschafft. Dazu zählen beispielsweise Fahrgastinformationssysteme (Innen- und Außenanzeigen), Fahrscheindrucker oder Bordrechner mit ITCS-Schnittstellen, Videoüberwachungssysteme oder Fahrgastzählssysteme. Diese Komponenten stammen häufig

von unterschiedlichen Herstellern und unterliegen eigenen Vertragslaufzeiten, die sich von denen der Fahrzeuglieferung unterscheiden.

Insbesondere bei der Kommunikation von Fahrzeugen und Fahrpersonal mit der Leitstelle über IT-gestützte Betriebsleitsysteme (ITCS) entstehen technische Abhängigkeiten. Gleiches gilt für On-Demand-Buchungssysteme und weitere Vertriebstechnik wie Fahrscheinautomaten, Kontrollgeräte, E-Ticketing-Validatoren und Hintergrundsysteme zur Einnahmenaufteilung.

Die unterschiedlichen Vergabezyklen und technischen Schnittstellen machen die Systemintegration zu einem komplexen Bestandteil der ÖPNV-Planung und -Umsetzung.

4.5 Erwartbare Änderungen durch autonom fahrende Fahrzeuge

Das Kapitel beleuchtet die erwarteten Veränderungen durch den Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge im ÖPNV und zeigt, wie sich dadurch Beschaffungsprozesse, technische Anforderungen, Personalstrukturen und regulatorische Rahmenbedingungen grundlegend wandeln könnten.

Es ist zu erwarten, dass sich mit dem Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge tiefgreifende Änderungen in Planung, Beschaffungsprozessen und Betrieb ergeben werden. Derzeit ist es unklar, ob Verkehrsunternehmen künftig eigenständig entscheiden können, autonome Fahrzeuge anstelle klassisch gesteuerter Fahrzeuge einzusetzen und ob dies durch Vorgaben des Aufgabenträgers im Rahmen von Ausschreibungen geregelt wird. Die konkrete Ausgestaltung wird je nach Aufgabenträger unterschiedlich ausfallen.

Neben der Fahrzeughardware müssen künftig noch mehr Software- und Systemlösungen beschafft und gewartet werden. Dazu gehören insbesondere der Technologie-Stack für autonomes Fahren, die Ausstattung der Leitstellen sowie Systeme für die Fahrgastüberwachung im Fahrzeuginnenraum (Indoor-Care) und Notfallhilfe. Anders als bei klassischen Fahrzeugen handelt es sich hierbei nicht um einmalige Investitionen, sondern um dauerhaft zu unterhaltende Systeme, die eng mit Genehmigungen und regulatorischen Vorgaben verknüpft sind.

Neue Anforderungen an das Personal sind absehbar: Es wird qualifiziertes Fachpersonal benötigt, um die Technische Aufsicht, Wartung und Instandhaltung der Fahrzeugsysteme sicherzustellen. Aufgaben, die bisher vom Fahrpersonal übernommen wurden, wie die Überwachung der Fahrgäste im Innenraum oder Notfallhilfe, müssen durch Indoor-Care-Systeme und mobile Teams ersetzt werden.

Insgesamt zeigt sich: Autonom fahrende Fahrzeuge erfordern eine enge Verzahnung von Fahrzeughardware, Software, Technischer Aufsicht und regulatorischer Steuerung, was die Rolle der Verkehrsunternehmen in Planung, Betrieb und Koordination neu definiert.

4.6 Zwischenfazit

Die Entscheidung darüber, welche Art und wie viele Fahrzeuge im ÖPNV beschafft werden, ergibt sich aus einem komplexen Zusammenspiel institutioneller Zuständigkeiten, verkehrsplanerischer Anforderungen und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen. Maßgeblich ist zunächst die Festlegung der Verkehrsleistungen durch den ÖPNV-Aufgabenträger, der im Rahmen gesetzlicher Vorgaben für die bedarfsgerechte Organisation des ÖPNV verantwortlich ist.

Die konkreten Anforderungen an Fahrzeugtypen, Kapazitäten, Ausstattung und Umweltstandards werden im Nahverkehrsplan sowie in den Ausschreibungsunterlagen definiert. Sie orientieren sich an lokalen Mobilitätsbedarfen, etwa dem Schulverkehr, dem Pendelaufkommen oder dem Ziel der Verkehrswende. Die Anzahl der Fahrzeuge ergibt sich aus den geplanten Fahrplänen und Linienbündeln, wobei auch Reservekapazitäten, die Nutzungsdauer der Fahrzeuge und Wartungszyklen berücksichtigt werden.

Die Verantwortung für die Fahrzeugbeschaffung liegt in der Regel bei den Verkehrsunternehmen. Sie müssen sicherstellen, dass diese den vertraglich vereinbarten Anforderungen entsprechen und mit den betrieblichen Systemen – insbesondere der Leitstellentechnik und den Vertriebssystemen – kompatibel sind. Hierbei kommen technische Normen, gesetzliche Vorgaben sowie branchenspezifische Empfehlungen wie die VDV-Schriften zum Einsatz. Nicht alle Komponenten werden direkt mit dem Fahrzeug geliefert: Viele technische Systeme – etwa Bordrechner, Fahrgastinformationsanzeigen, Videoüberwachung oder E-Ticketing-Technik – werden nachträglich verbaut und separat vergeben. Diese Nachrüstungen führen zu unterschiedlichen Vertragslaufzeiten und technischen Abhängigkeiten.

Insgesamt zeigt sich, dass die Fahrzeugbeschaffung im ÖPNV nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern eng mit der verkehrlichen Planung, der Verfügbarkeit von öffentlichen Mitteln, der technischen Systemintegration und den institutionellen Zuständigkeiten verknüpft ist.

Für die Beschaffung autonom fahrender Fahrzeuge kommen zusätzliche Abhängigkeiten hinzu. Neben den klassischen Kriterien wie Fahrzeugverfügbarkeit, Finanzierungsmöglichkeiten,

betrieblichen Anforderungen und Vergabestrukturen müssen Verkehrsunternehmen künftig auch Software- und Systemkomponenten berücksichtigen, die als integraler Bestandteil der Fahrzeugfunktionalität gelten. Dazu zählen insbesondere der Technologie-Stack für autonomes Fahren, Leitstellen- und Indoor-Care-Systeme sowie deren langfristige Betriebs- und Wartungszyklen. Die Beschaffung hängt damit stärker von Fragen der Systemintegration, regulatorischen Zulassung, der Verfügbarkeit qualifizierten Personals und der dauerhaften Bereitstellung von Software-Updates und Sicherheitsnachweisen ab. Insgesamt wird die Entscheidung für neue Fahrzeuge maßgeblich davon bestimmt sein, wie gut Hardware, Software, Technische Aufsicht und betriebliche Prozesse miteinander verzahnt und über den Lebenszyklus hinweg finanzierbar sind.

5 ERGEBNISSE DER INTERVIEWS

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse entlang der Interview-Leitfragen zunächst für die Nachfrageseite und anschließend für die Angebotsseite aufgeführt. Dem Anhang sind alle für die Studie genutzten Interview-Leitfäden zu entnehmen. Für die Übersicht über die Einzelergebnisse pro Interviewpartnerin oder -partner werden die aus den Transkripten entnommenen Kernaussagen auf die jeweilige Leitfrage aufgelistet. Insofern vorhanden, werden Hinweise oder Begründungen für die Aussagen aus den verschiedenen Antworten resümierend aus den Textstellen in Bezug auf die jeweilige Fragestellung zusammengefasst. Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse beider Seiten zusammengeführt und gegenübergestellt. Abschließend erfolgt die Auswertung der Interviews, orientiert an den in Kapitel 2.1 formulierten Forschungsfragen.

5.1 Nachfrageseite

Die Antworten der Nachfrageseite auf die Interview-Leitfragen werden folgend, geordnet nach Frage-Kategorien, zusammengefasst. Anhang 6: ist der Interview-Leitfaden für die ÖPNV-Akteure aus Deutschland zu entnehmen, Anhang 7: der für die Akteure aus anderen europäischen Ländern.

5.1.1 Bedarf und Einsatzpotenziale

5.1.1.1 Leitfrage 1

Denken Sie es wird bei dem klassischen Finanzierungs- und Geschäftsmodell bleiben: Das Verkehrsunternehmen kauft Fahrzeuge und betreibt diese? Oder denken Sie, dass es Abweichungen geben wird und wenn ja warum?

Kernaussagen:

- Kauf, keine Veränderung (5)
- Kauf; private Mobilitätsplattformen bei On-Demand-Verkehren
- Kauf; unterbeauftragte Betreibende
- Kauf oder Leasing, keine Veränderung
- Kauf oder neue Formen möglich
- Kauf/Leasing/Abo-Modell
- Leasing/Miete/Abo-Modell (2)
- Abweichungen Richtung Hersteller
- White-Label, MaaS-Lösung, Kauf
- Kauf/Leasing/Betreibergesellschaft
- unklar, derzeitige Fragestellung, wie man sich heute und in Zukunft aufstellt

Zusammenfassung:

Die Hälfte der Befragten auf der Nachfrageseite gibt an, dass sich an dem vorherrschenden Modell, dass das Verkehrsunternehmen Fahrzeuge kauft und diese betreibt, nichts ändern wird. Dies gilt sowohl für die Finanzierung der Fahrzeuge als auch für das klassische Geschäftsmodell. Die andere Hälfte geht von Möglichkeiten wie Leasing- oder Abo-Modellen aus. Abo-Modelle könnten eine neue Vertragsform darstellen. Dabei wird die Inanspruchnahme von Dienstleistungen eines Anbietenden mit regelmäßigen Zahlungen und damit verbundenen Nutzungsrechten über eine festgelegte Dauer beschrieben. Des Weiteren wird die Möglichkeit gesehen, den Betrieb von Ridepooling-Verkehren⁴⁷ an Dritte als Unterbeauftragte zu vergeben, um die Dienste anbieten zu können, jedoch nicht selbst bereitstellen zu müssen oder die Anbietenden in vorhandene Verkehrsangebote zu integrieren. Hierbei wären White-Label-Konzepte möglich. Mögliche Konstellationen sind auch davon abhängig, was angebotsseitig für Modelle und Leistungen angeboten werden.

⁴⁷ Ridepooling ist eine bedarfsorientierte, gebündelte Personenbeförderung, bei der mehrere Fahrgäste mit ähnlichen Routen ein Fahrzeug gleichzeitig oder nacheinander teilen.

Gerade zu Beginn der Integration werden Hindernisse beim Aufbau des notwendigen Know-how für den Betrieb eines autonomen Fahrzeugsystems befürchtet, insofern diese von der Angebotsseite betrieben würden. Dabei wurden Themen wie verbleibende Aufgaben der Nachfrageseite, eine notwendige evolutionäre Entwicklung des ÖPNV und die Bewältigung neuer betrieblicher und personeller Anforderungen benannt.

5.1.1.2 Leitfrage 2

Wie viele finanzielle Mittel sind allgemein für die Beschaffung von neuen Fahrzeugen im Zeitraum 2030-40 eingeplant?

Kernaussagen:

- gleichbleibende Höhe für 1.000 Fahrzeuge, ca. 15 Jahre Betrieb (Höhe wurde nicht beziffert)
- 3 Fahrzeuge im Rahmen eines Projektes, Planungsunklarheiten
- ca. 30,9 Millionen Euro im Jahr
- 2.500 Busse für jeweils 300.000-400.000 Euro, ca. alle 10 Jahre, genaue Höhe wurde nicht beziffert
- 6-10 Millionen Euro pro Jahr wie bei klassischer Planung
- 2,5 Milliarden Euro, Ersatz der bestehenden Fahrzeuge (4.000 Stück) zur Umstellung auf saubere Energie
- 200-400 Millionen Euro pro Jahr
- 500 Millionen Euro im benannten Zeitraum
- Zahlen sind noch nicht konkret oder unbekannt (3)
- Planungsunklarheiten (3)

Zusammenfassung:

Zu den mittelfristig geplanten finanziellen Mitteln für die Beschaffung von Fahrzeugen im Zeitraum von 2030 bis 2040 wurden etwa bei der Hälfte der Interviews konkrete Angaben gemacht (von 6 Regionen). In der Summe liegt der Wert bei knapp 7 Milliarden Euro für den 10-Jahres-Zeitraum. Die Annäherung konnte teilweise über den üblicherweise anstehenden Ersatz der bestehenden Fahrzeugflotte erfolgen.

Bei der anderen Hälfte der Interviews konnten keine konkreten Werte genannt werden.

Diesen Angaben unterliegen verschiedene Ausgangslagen. Dazu gehören beispielweise:

- noch laufende Planungsperioden;

- Planungsperioden, welche außerhalb des in der Frage benannten Zeitraums liegen,
- die Anzahl der Fahrzeuge der bestehenden Fahrzeugflotte,
- unterschiedliche Nutzungsdauern der Fahrzeuge, z. B. 10 oder 15 Jahre,
- unterschiedliche Fahrzeugklassen im Einkauf, z. B. Standard-Linienbusse oder Gelenkbusse sowie
- homogene oder heterogene Fahrzeugflotten.

5.1.1.3 Leitfrage 3

Welche Antriebsarten sind allgemein bei der Anschaffung von neuen Fahrzeugen vorgesehen?

Kernaussagen:

- Elektro (15)
- Hybrid (2)
- Diesel (1)
- Benzin (1)
- Wasserstoff (2)
- Biogas (1)
- technologieoffen mit Blick auf CO₂-Reduktion (1)

Zusammenfassung:

Bei der Angebotsseite ist vorrangig die Anschaffung von E-Fahrzeugen vorgesehen. Die Benennung erfolgte fünfzehn Mal. Mit weitem Abstand, mit je 2 Benennungen, folgten die Antriebsarten Hybrid und Wasserstoff. Vereinzelt wurde die Anschaffung von Fahrzeugen mit Biogas, Diesel und Benzin benannt. Eines der Verkehrsunternehmen setzt mit Blick auf die CO₂-Reduktion auf antriebstechnologieoffene Ausschreibungen.

5.1.1.4 Leitfrage 4

Ist die Beschaffung von autonomen Fahrzeugen aktuell fester Bestandteil der geplanten Fahrzeugbeschaffung?

Kernaussagen:

- ja (5)
- nein (4)
- unklar (6)

Zusammenfassung:

Für ein Drittel der Nachfrageseite ist die Beschaffung von autonomen Fahrzeugen fester Bestandteil der Fahrzeugbeschaffung. Bei etwas mehr als einem Drittel ist die Planung noch offen. Bei etwas weniger als einem Drittel ist die Beschaffung kein fester Bestandteil der Planungen.

Als Begründung für die unklaren und nicht feststehenden Planungen wurde neben der aktuell fehlenden Reife der Technik und den damit fehlenden Fahrzeugangeboten wurden und die noch zu klärenden gesetzlichen Vorgaben genannt. Aktuell seien noch Testphasen erforderlich, um die offenen Themen zu bearbeiten, bspw. zur Integration der Fahrzeuge in die Betriebs- und Infrastrukturen des ÖPNV. Der Einschätzung der Befragten zufolge steht die Skalierbarkeit noch nicht kurz bevor.

5.1.1.5 Leitfrage 5

Wie schätzen Sie den mittelfristigen Bedarf (Zeithorizont 2030-40) an autonomen Fahrzeugen in Ihrem Verbundgebiet ein?

Kernaussagen:

- niedrige zweistellige Zahl
- 150 im Jahr
- 2.000 Busse
- tausende Fahrzeuge
- ca. 1.000 Fahrzeuge je nach Szenario
- 500-1.000 Busse in 2030
- 10.000-15.000 Shuttles
- konkrete Zahlen sollen demnächst bekannt gegeben werden
- Berechnung des Bedarfs für die Region wurde kürzlich beauftragt, minimaler Ansatz für Bedarfsverkehr im Jahr 2030 liegt bei ca. 120 bis 150 Fahrzeuge
- 100 Fahrzeuge auf Pkw-Basis und 40 Solobusse
- Bedarf vorhanden, Einschätzung der Zahlen derzeit nicht möglich
- Einschätzung aktuell nicht möglich (4)

Zusammenfassung:

Zunächst lässt sich feststellen, dass alle Befragten grundsätzlich einen Bedarf sehen, wenn auch nicht alle eine konkrete Einschätzung abgeben können. Die Einschätzung der Nachfrage im Zeitraum 2030-2040 beginnt bei niedrigen zweistelligen Zahlen, geht über ein paar hundert

Fahrzeugen bis hin zu tausenden Fahrzeugen. Bei einem Verkehrsunternehmen soll noch 2025 eine konkret geplante Anzahl veröffentlicht werden. Bei einem anderen wurde für diese Einschätzung eigens eine Ausschreibung veröffentlicht. Alle Befragten bestätigten den Bedarf, konnten jedoch oftmals keine konkreten Zahlen benennen. Die Anzahl, die genannt wurde, lässt sich auf etwa 18.000 Fahrzeuge aufsummieren. Jedoch machen deutsche Verkehrsunternehmen und Verbände mit 4650 weniger als ein Drittel der Gesamtsumme aus.

Die Befragten haben teilweise Gründe für ihre Zurückhaltung genannt: Neben fehlenden finanziellen Mitteln für ÖPNV und dem fehlenden Angebot von autonomen Fahrzeugensystemen wurde die Aussage getroffen, dass für diese Einschätzung zum einen festgelegt werden müsse, welches Angebot mit autonomen Fahrzeugen abgedeckt werden soll und zum anderen, ob dieses Angebot als Ergänzung eingeplant würde oder vorhandene Fahrzeuge ersetzt und in welchem Zeitrahmen.

5.1.1.6 Leitfrage 6

In welchen Betriebsformen sehen Sie das größte Potenzial für den Einsatz von AF?

Kernaussagen:

- On-Demand-Verkehr (10)
- Ridepooling im ÖPNV (3)
- Linienverkehr (10)
- Erschließungsaufgaben am Stadtrand
- Erschließungsverkehr, Quartiersverkehr
- reaktionsschnelle Beförderung in Städten und Vororten

Zusammenfassung:

Von den Nachfragenden wurden bei der Mehrfachauswahl sowohl Linienverkehr als auch On-Demand-Verkehr als zentrale Betriebsformen für autonome Fahrzeuge genannt – beide mit nahezu gleichem Potenzial. Dies verdeutlicht, dass im ÖPNV aktuell beide Betriebsformen als tragende Säulen gesehen werden. Bezüglich der Einsatzräume wurden für On-Demand-Verkehre Quartiere, Erschließungsaufgaben am Stadtrand, weniger dicht besiedelte Räume sowie Einsatzzeiten in den späten Abendstunden oder in der Nacht als sinnvoll erachtet. Ein Unternehmen betonte, dass der Einsatz autonomer Fahrzeuge eine reaktionsschnelle Mobilität in Vororten und Städten ermöglichen und damit eine neue, flexiblere und individuellere Form des öffentlichen Verkehrs schaffen soll.

Im Bereich Schülerverkehr wird der Einsatz autonomer Fahrzeuge ohne Fahrpersonal derzeit aufgrund von Sicherheitsbedenken als nicht umsetzbar eingeschätzt. Auch die Umsetzbarkeit in ländlichen Gebieten erscheint zunächst herausfordernder. Zudem wird erwartet, dass die technische Umsetzung für kleinere Fahrzeuggrößen sowie die Entwicklung von Sicherheitskonzepten einfacher realisierbar ist.

5.1.1.7 Leitfrage 7

Welche Fahrzeugklassen, -aufbauarten autonom fahrender Fahrzeuge werden von den Betreibenden im ÖPNV gebraucht?

Kernaussagen:

- Standard-Linien-Bus (10)
- Midibus (10)
- Minibus (11)
- Kleinbus (7)
- Transporter (8)
- PKW (8)
- andere: Straßenbahnen (3), kleine Linienbusse (1)
- weiteres: Stehhöhe erforderlich, Barrierefreiheit

Zusammenfassung:

Die Mehrheit braucht mehrere Gefäßgrößen im Unternehmen. Standard-Linien-Busse, Midibusse, Minibusse, Kleinbusse, Transporter und Pkw. Auch Straßenbahnen wurden genannt (nicht Teil des Schwerpunkts der Studie). Dem zuvor aufgezeigten Einsatzschwerpunkt im On-Demand- und im Linienbetrieb folgend werden die Gefäßgrößen Standard-Linien-Busse sowie Midi- und Minibusse öfter benannt. Auch der Bedarf an Barrierefreiheit und die Notwendigkeit von Stehhöhen im Fahrzeuginnenraum wurden für die ÖPNV-Anwendung benannt.

5.1.2 Rahmenbedingungen und Hürden

5.1.2.1 Leitfrage 8

Welche konkreten Maßnahmen sind in den Verkehrsunternehmen sowie von extern notwendig, um autonome Mobilität erfolgreich zu gestalten und damit den flächendeckenden Einsatz im Regelbetrieb zu beschleunigen?

Kernaussagen:

- Technik, Akzeptanz
- vereinfachte regulatorische Prozesse, längerfristige Projekte und verlässliche politische Zielrichtung, um weitere Anforderungen wie neue Berufsbilder etc. transformieren zu können; Wünsche der Nutzenden abfragen und neue Technik kommunizieren
- Vereinfachung Genehmigung und Zulassung, Zusammenschlüsse von Busunternehmen, Anbieter autonomer Fahrzeuge
- Transformationsstrategie, Technologieanbieter, Anschubfinanzierung
- Finanzierung, Ausbildung von Know-how, Transformation der Kultur - hin zur neuen Kategorie autonome Fahrzeuge so integrieren wie S- und U-Bahnen etc.
- Förderung; Investment aus dem privaten und öffentlichen Sektor
- „Fahrzeuge plus die dazugehörige Technik im Umfeld“
- strategische Allianzen mit der Industrie
- finanzielle Mittel
- technologische Reife, gute Governance, Finanzierung, Planung, rechtliche Anpassungen, angepasste Tarifplanung
- Unterstützung Bund und Länder, Modellregionen, Anschubfinanzierung, typengenehmigte Fahrzeuge Level 4
- Förderung der sozialen Akzeptanz bei Kundinnen, Kunden und Mitarbeitenden, technische Hürden überwinden z. B. Netzabdeckung, Marktchancen für Anbietende erhöhen
- gesetzliche Rahmenbedingungen, Fahrzeugverfügbarkeit, hochqualitative Fahrpläne und Kartenmaterial von sicheren Anbietern; Identifikation neuer Berufsbilder u. a. für die Integration der Leitstelle oder Neugestaltung der Leitstelle, Fragen der Barrierefreiheit, Integration in den Betriebsablauf, Schulung und Weiterentwicklung von Personal, Schnittstellen (Buchungsplattform/Leitstelle/Integration verschiedener Anbietender); Befähigung der Nutzenden, Digitalisierung von Serviceprozessen
- allgemeine gesetzliche Rahmenbedingungen, Definition was öffentlicher Verkehr ist in Bezug auf möglich neue Angebote, gesetzliche Rahmenbedingungen zur Anzahl an einzusetzenden (kleinen) AD-Fahrzeugen im Sinne der Verkehrsüberlastung

Zusammenfassung:

Für die Beschleunigung des flächendeckenden Einsatzes autonom fahrender Fahrzeuge im Regelbetrieb wurden verschiedene Maßnahmen benannt. Zunächst müssen die technologische Reife erreicht und Modellregionen aufgebaut werden. Ebenso sind längerfristige und große Projekte erforderlich, um Erfahrungen zu sammeln und Standards zu entwickeln. Anschubfinanzierung sowie Investitionen aus privatem und öffentlichem Sektor gelten als zentrale Voraussetzungen. Darüber hinaus ist die Unterstützung durch Bund und Länder entscheidend. Es braucht eine verlässliche politische Zielstellung, eine klare Transformationsstrategie und vereinfachte Genehmigungsprozesse. Strategische Allianzen mit der Industrie und anderen Busunternehmen sollen den Wissenstransfer und die Umsetzung erleichtern.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Akzeptanz der Technik bei Kundschaft und Mitarbeitenden. Neue Berufsfelder müssen geschaffen und entsprechende Ausbildungsmaßnahmen vorbereitet werden. Dazu gehört auch die Aneignung von Know-how, um die Qualifizierung sicherzustellen.

Einige Verkehrsunternehmen haben bereits Erfahrungen mit Projekten im Bereich autonomes Fahren gemacht oder ihnen sind diese Projekte bekannt. Die Verstetigung der Fahrzeuge und Inhalte blieb jedoch aus. Die im Interview mitgeteilten Maßnahmen und Strategien werden als notwendig erachtet, um gesetzte Ziele zu erreichen.

5.1.2.2 Leitfrage 9

Welche Formen der Förderung oder Unterstützung von Seiten der öffentlichen Hand sind aus Ihrer Sicht am hilfreichsten für den ÖPNV, um autonome Fahrzeuge in den Regelbetrieb der Verkehrsangebote zu integrieren?

Kernaussagen:

- Anpassung der Förderlogik
- Zusammenarbeit, Finanzierung der Typenzulassung etc., gesicherte große Abnahmezahlen für Hersteller
- Investition in die Fahrzeugbeschaffung
- strategische Allianz, Modellregionen, Regelfinanzierung, zweckgebundene Mittel
- Förderungen
- öffentliche Finanzierung mit Unterstützung; öffentlich-private Zusammenarbeit
- Finanzierung, Anpassung Rechtsrahmen

- rechtliche Rahmenbedingungen und Finanzierung
- Laufzeit Verkehrsverträge anpassen (5-8 Jahre sind kurz), Anschubfinanzierung für erste Flotte durch Verkehrsbehörde, langfristige Partnerschaften, hybride Finanzierung (Subventionen)
- direkte Finanzierungsmöglichkeiten oder Finanzierungen aus dem privaten Sektor
- flexible Förderinstrumente
- gezielte Förderprogramme mit Blick auf Skalierung, Anschubfinanzierung für die Produktion
- Finanzierungskonzepte, deutliche Zeichen seitens der Nachfrageseite, Modellregionen
- Investitionsbereitschaft in den ÖV, Transformationshilfen in den Bereichen Digitalisierung, KI und Flottenmanagement

Zusammenfassung:

Als zentrale Formen der Förderung und Unterstützung wurden mehrere übergeordnete Handlungsfelder genannt. Im Themenfeld Finanzierung und Förderung wurden verschiedene Ansätze als besonders relevant benannt. Dazu gehört zunächst die Anpassung der bestehenden Förderlogik, um den veränderten Anforderungen gerecht zu werden. Ergänzend wird die Einführung flexibler Förderinstrumente als notwendig erachtet, um unterschiedliche Projektkonstellationen und Innovationsgrade angemessen zu unterstützen. Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Finanzierung der Typenzulassung sowie der Fahrzeugbeschaffung, da diese Investitionen eine Grundvoraussetzung für den Markthochlauf darstellen. Darüber hinaus spielen zweckgebundene Mittel und Regelfinanzierungen eine wichtige Rolle, um langfristige Stabilität und Planungssicherheit zu gewährleisten. Schließlich werden umfassende Finanzkonzepte gefordert, die nicht nur die initiale Einführung, sondern auch die nachhaltige Skalierung und den Betrieb absichern.

Darüber hinaus ist die Gestaltung rechtlicher und vertraglicher Rahmenbedingungen von zentraler Bedeutung. Dies beinhaltet die Anpassung des bestehenden Rechtsrahmens, die Verlängerung von Verkehrsverträgen sowie die Einrichtung von Modellregionen, die als rechtlich abgesicherte Pilotprojekte dienen und innovative Ansätze erproben. Der großflächige Einsatz solcher Modellregionen wird als sinnvoll erachtet, um die Skalierung sowie das Einsparpotenzial beim Fahrpersonal und weiteren betrieblichen Prozessen realistisch testen zu können.

Ein weiteres zukunftsorientiertes Handlungsfeld betrifft die technologische Transformation und Innovationsförderung. Hierzu zählen gezielte Hilfen für die Integration von Künstlicher Intelligenz, die Digitalisierung sowie das Flottenmanagement. Ergänzend wird die Bildung

strategischer Allianzen und Kooperationen als wesentlich angesehen, um Synergien zu nutzen und die Innovationskraft zu stärken. Dabei wird betont, dass technische Lösungen nur dann verfolgt werden sollten, wenn sie von den Nutzenden akzeptiert werden. Für die Integration autonomer Fahrzeuge werden – ähnlich wie bei der Einführung von Elektrofahrzeugen – Anreize, politische Zielstellungen und Finanzierungshilfen erwartet, um die Akzeptanz und Marktdurchdringung zu fördern.

Schließlich wird die Absicherung der Marktentwicklung als entscheidender Faktor bewertet. Finanzkonzepte zur Stabilisierung sowie die Garantie gesicherter Abnahmezahlen für Herstellende können dazu beitragen, Vertrauen in den Markt zu schaffen und die Produktionskapazitäten nachhaltig auszubauen.

5.1.2.3 Leitfrage 10

Welche Hürden gibt es in Ihrem Verbundgebiet bei der Integration von autonomer Mobilität?

Kernaussagen:

- fehlende Förderkulisse
- Strategie entwickeln, Beschäftigte transparent informieren und mit Ihnen kommunizieren, Kommunikation und Mitnahme der Nutzende für Transformation, Anpassungsleistungen an neue Berufsbilder implementieren, weitere Anforderungen wie Digitalisierung im Unternehmen prüfen ggf. Anpassungsleistungen des Straßenraums
- keine Angebote von AF am Markt
- technische und finanzielle Hürden überwinden, Übergang zu AF bei laufenden Verkehrsverträgen klären, Ausschreibungsmodalitäten anpassen
- beschränkte finanzielle Mittel im ÖPNV, gemeinsame Strategie Verkehrsverbund und Land
- aktuelle keine; später Fragen der Operationalisierung und Beschaffung, Anbindung und Pricing
- Kostendruck, Gegner der Transformation, hohe Investitionskosten
- Verfügbarkeit des Systems, Finanzierung, Komptabilität verschiedener Anbieter und Unabhängigkeit
- fehlende finanzielle Ressourcen
- uneinheitliche Interessen; finanzielle, regulatorische und koordinative Hürden abbauen; Interoperabilität der Infrastrukturen
- kein verfügbaren AD-Fahrzeuge

- Detailfragen zur innerbetrieblichen Umsetzung klären, AF noch kein Thema, Umsetzung ist möglich
- rechtliche Rahmenbedingungen, Finanzierung, nachhaltige Fahrzeugverfügbarkeit
- Aktuell (außerhalb von Deutschland) kein gesetzlicher Rahmen für den Betrieb autonomer Fahrzeuge im Allgemeinen, ab 2028 erwartbar, aber nicht speziell für den Betrieb im ÖV; mehr Verkehre, wenn die Fahrzeuge vorhanden sind, welche dann täglich Probe gefahren sollen werden; kein geeignetes Personal; Innenraumüberwachung realisieren; fehlende Fachkräfte; TA einrichten

Zusammenfassung:

Auf der Nachfrageseite werden vor allem finanzielle, technische und betriebliche Hürden bei der Integration von autonomer Mobilität gesehen. Darüber hinaus wurde der fehlende rechtliche Rahmen benannt.

Finanzielle Hürden entstünden durch fehlende finanzielle Ressourcen in Kombination mit hohen Investitionskosten. Dem politischen Wunsch entsprechend, Deutschland zum Leitmarkt im Bereich autonome Fahren zu entwickeln, wird die Notwendigkeit gesehen, diese Zielstellung durch geeignete Förderprogramme und Finanzierung zu unterstützen.

Technische Hürden werden im fehlenden Fahrzeugmarkt sowie in tiefergehenden Fragestellungen wie der Kompatibilität verschiedener Anbietender und die Unabhängigkeit von diesen gesehen. Zudem wurden Themen wie die Anpassungen des Straßenraums und fehlende oder unzureichende Digitalisierung angegeben. Viele Detailfragen bei der Integration der neuen innovativen Technologie seien noch zu klären bzw. sind auf Grund fehlender Erfahrung noch gar nicht bekannt (bspw. Datenschutz und Cybersecurity).

Als betriebliche Hürde wird die Anpassung laufender Verkehrsverträge und Ausschreibungsmodalitäten, sowie die Anbindung an vorhandene Systeme und die preisliche Integration der Mobilitätsangebote benannt. Hinzu kommen unterschiedliche Interessen verschiedener Akteure innerhalb des Verkehrsverbundes.

5.1.3 Abschluss

5.1.3.1 Leitfrage 11

Gibt es Themen, die wir noch nicht angesprochen haben, die Sie aber für zentral halten?

Kernaussagen:

- Förderung eines großen Projekts mit allen bisherigen Erfahrungen, Use-Cases und Förderung der Skalierung, um den Übergang in den Serienbetrieb zu beschleunigen
- Wahrnehmung vermehrter Konkurrenz im Bereich öffentlicher Mobilitätsangebote, Geschwindigkeit der Integration der innovativen Technik in den ÖPNV ist zu gering
- Know-how fokussieren, weg von einzelnen Projekten zu einem Vorzeigeprojekt von dessen Inhalte alle folgenden profitieren
- regulatorische Markthemmnisse
- Wettbewerb von Technologieanbietenden, Pluralität bei Fahrzeugtypen und Herstellern ist wünschenswert
- Akzeptanz mitdenken, mehr Gemeinschaftsdenken statt Föderalismus, realistische Einschätzung der Einsparungen durch AD
- politische Agenda im Umgang mit autonomen Fahrzeugen festlegen
- Gesamtsystem der Instandhaltung, Wartung, Abstellung mitdenken
- Kooperation auf EU-Level für Finanzierung von Kauf der ersten Fahrzeuge und Aufbau von Fabriken; fehlendes Angebot/nicht genug Fahrzeuge für europäischen Markt
- Akzeptanz, Weiterentwicklung Personalanforderungen und neue Berufsfelder
- bundesweiter gemeinsamer Anforderungskatalog für autonome Fahrzeuge und damit Planungssicherheit für Herstellende
- Reflektion und Umgang - Marktstrategische Aufstellung mit öffentlichen Ausschreibungen in Bezug auf Anbietende aus dem Ausland

Zusammenfassung:

Neben den bereits in den anderen Kategorien aufgezeigten Themen wurden folgende Themen als relevant erachtet. Um den Übergang in den Regelbetrieb zu beschleunigen, sollten Projekte mit verschiedenen Use-Cases gefördert werden, um diese skalieren zu können. In Bezug auf das zu langsame Vorankommen bei der Integration der neuen Technologie sollte der Konkurrenzdruck durch andere Mobilitätsangebote berücksichtigt werden und dementsprechend schneller und mehr investiert werden, um konkurrenzfähig zu sein. Die aus den bereits zahlreich erfolgten Projekten erhaltenen Erkenntnisse und Know-how sollten in

einem großen Projekt konzentriert eingesetzt werden und als Blaupause für die Integration der Technik verwendet werden können. Regulatorische Markthemmnisse sollten bei der Strategie berücksichtigt und ggf. angepasst werden, um den Wettbewerb der Technologieanbietenden mitzugestalten und damit eine Pluralität bei Herstellenden und Anbietenden fördern zu können. Es wird empfohlen, dass die Politik verbindliche Rahmenbedingungen definiert, welche Mobilitätsangebote auf dem Markt zugelassen und gefördert werden sollten, um eine ausgewogene Angebotsstruktur sicherzustellen und die Verdrängung bestehender öffentlicher Nahverkehrsdienste zu vermeiden. Es sollte über Kooperation auf EU-Level für Finanzierung und Kauf der ersten Fahrzeugflotten und den Aufbau von Produktionskapazitäten nachgedacht werden. Die Anforderungen des Gesamtsystems inkl. Instandhaltung, Wartung, Abstellung etc. sollte mitgedacht werden.

5.2 Angebotsseite

Die Antworten der Angebotsseite auf die Interview-Leitfragen werden folgend, geordnet nach Frage-Kategorien, zusammengefasst. Die Interviewpartnerinnen und -partner setzen sich aus den Bereichen OEMs, AD-Stack-Entwicklung und Ridepooling-Anbietende zusammen. Anhang 1: ist der Interview-Leitfaden für OEMs zu nehmen (0 auf Englisch), Anhang 3: der für AD-Stack-Entwickelnde (Anhang 4: auf Englisch) und Anhang 5: der für Ridepooling-Anbietende.

Unter der Gruppe OEMs befinden sich Fahrzeugherstellende, AD-Stack-Entwickelnde sowie Anbietende von Ridepooling. Die Leitfragen wurden an die dementsprechenden Gruppen angepasst und daher nicht von jeder Gruppe dieselben Fragen beantwortet. Im Zuge der Beantwortung der Leitfragen der Angebotsseite wird tabellarisch dargestellt, welche Gruppen die jeweiligen Fragen beantwortet haben.

5.2.1 Produktion und prognostizierte Nachfrage

5.2.1.1 Leitfrage 1

Ist die Produktion von autonomen Fahrzeugen fester Bestandteil der Produktionspalette?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- ja (7)
- nein (2)
- geplant (1)

Zusammenfassung:

Von den zehn Befragten beantworteten sieben die Frage mit ja, eine mit geplant und zwei mit nein. Für die Mehrheit der Angebotsseite ist die Entwicklung und Produktion von autonomen Fahrzeugen bereits fester Bestandteil der Produktionspalette. Für die OEMs sind autonome Fahrzeugsysteme eine Zukunftstechnologie, welche neue Mobilität ermöglicht und unter anderem dem Fachkräftemangel entgegenwirken kann. Zudem wird entsteht hier ein wichtiger neuer Wirtschaftszweig.

5.2.1.2 Leitfrage 2

Welche Fahrzeugklassen und Aufbauarten sind in der Produktion geplant?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- Standard-Linien-Busse
- Midibus (2)
- Minibus
- Minibus/Busse
- Erprobungsbus 10-15 m
- Busse/Midibus/Transporter
- Minibus/Standard-Linien-Busse
- Pkw/Minibus/Midibus/Standard-Linien-Busse
- Kleinbus

Zusammenfassung:

Von der Angebotsseite wurden vielfach kleine Fahrzeuggefäße wie zum Beispiel Minibusse, Midibusse, Transporter und Pkws angegeben. Darüber hinaus weniger häufig Kleinbusse und

Standard-Linienbusse. Ein Unternehmen entwickelt aktuell nur einen Erprobungsbus. Die AD-Stack-Entwickelnden gaben an ihren AD-Stack für diverse Fahrzeuggrößen anbieten zu wollen und zu können. Einer gab an über die Erweiterung auf weitere Gefäßgrößen mit der Nachfrageseite im Austausch zu stehen. Zudem werde die Technologie unabhängig von den auszurüstenden Fahrzeugen entwickelt. Bei erfolgreicher Umsetzung wird eine schnelle Ausrüstung diverser Fahrzeuge angenommen. Die Angebotsseite steht der zeitnahen Marktreife positiv gegenüber.

5.2.1.3 Leitfrage 3

Welche Antriebsarten stehen bei der Produktion im Vordergrund?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- Elektro (5)
- Hybrid (1)

Zusammenfassung:

Auf der Angebotsseite sind überwiegend Elektromotoren in den Fahrzeugkonzepten vorgesehen; lediglich einmal wurde ein hybrider Antrieb genannt.

5.2.1.4 Leitfrage 4

Denken Sie es wird bei dem klassischen Finanzierungs- und Geschäftsmodell bleiben: Das Verkehrsunternehmen kauft Fahrzeuge und betreibt diese? Oder denken Sie, dass es Abweichungen geben wird und wenn ja warum?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- Kauf/keine Veränderung (4)
- Kauf/andere Formen
- keine Veränderung/verschiedene Finanzierungsmodelle Modelle
- andere Formen
- andere Geschäftsmodelle und Finanzierungsformen
- Veränderung des Finanzierungs- und Geschäftsmodells

Zusammenfassung:

Die Hälfte der Befragten auf der Angebotsseite gibt an, dass sich an dem vorherrschenden Modell, dass das Verkehrsunternehmen Fahrzeuge kauft und diese betreibt, nichts ändern wird, zumindest bei den großen ÖPNV-Betreibenden. Die andere Hälfte geht von neuen Formen und/oder Veränderungen der Finanzierungs- und Geschäftsmodelle aus.

Es wurden zudem Einschätzungen abgegeben, dass sich an dem Finanzierungs- und Geschäftsmodell aufgrund der Neuartigkeit und den Bedarfen für die Integration autonomer Fahrzeuge etwas ändern muss. Es wird außerdem teilweise davon ausgegangen, dass die Nachfrageseite ihre Aufgabenbereiche nicht abgeben wird, die Übernahme von Aufgaben der ÖPNV-Akteure also nicht gewünscht ist. Zusprechend wurde angegeben, dass die Übernahme dieser Aufgaben seitens der Anbietenden auch nicht das Ziel des Geschäftsmodells sei.

5.2.1.5 Leitfrage 5

Mit welcher Nachfrage rechnen Sie im Zeitraum 2030-40 in Europa und insbesondere in Deutschland?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- 50% der Neuanschaffungen
- über 100.000 Fahrzeuge bis 2030; 20 % heutiger Buslinien
- einige 100 Fahrzeuge pro Stadt
- 2040 90% des Marktes autonome Technologien
- 2030-40 Ersetzung der klassischen Stadtbusse durch 10-15 % Stadtbusse AD
- Tausende
- nicht absehbar, zu wenig
- 2035 2.000 Fahrzeuge
- sechsstellige Anzahl bis 2040
- Einschätzung aktuell nicht möglich

Zusammenfassung:

Bei der Einschätzung der Marktnachfrage wurden diverse Einschätzungen angegeben, angefangen von 50% der Neuanschaffungen, über 100.000 Fahrzeuge bis 2030, 20 % heutiger Buslinien, ein paar 100 pro Stadt, 2040 sind 90% des Marktes autonome Technologien, 2030-40 erfolgt die Ersetzung der klassischen Stadtbusse durch 10-15 % Stadtbusse mit autonomer Fahrfunktion, Tausende, 2035 2.000 Fahrzeuge, sechsstellige Anzahl bis 2040.

Einige der Befragten gaben an, dass eine aktuelle Einschätzung nicht möglich oder nicht absehbar sei bzw. gaben an das die erwartete Fahrzeuganzahl insgesamt zu gering sei. Es wird im Zeitrahmen 2030 bis 2040 ein starker Anstieg der Nachfrage erwartet, wenn die Prototypen bis dahin erfolgreich waren und/oder die Nachfrage steigt.

5.2.1.6 Leitfrage 6

Welche Mindestnachfrage ist notwendig, damit die Serienproduktion für Ihr Unternehmen wirtschaftlich tragfähig wird?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- 50 Fahrzeuge im Jahr
- unter 5.000 Fahrzeuge im Jahr, nach dem ersten Jahr ansteigend
- höhere dreistellige bis vierstellige Anzahl jährlich
- 2.000 Fahrzeuge
- nachfrageorientiert möglich
- kein ausschlaggebenes Kriterium
- keine Aussage möglich (3)

Zusammenfassung:

Die Darstellungen der benötigten Fahrzeugabnahmen für eine Wirtschaftlichkeit der Produktion wurde unterschiedlich beantwortet. Drei der Befragten gaben an, dass eine konkrete Aussage derzeit nicht möglich sei. Für ein weiteres befragtes Unternehmen stellt die Mindestnachfrage kein ausschlaggebendes Kriterium dar. Weitere Befragte benannten eine Anzahl von 50 und 2.000 Fahrzeugen im Jahr. Ein Unternehmen plant ein Produktionswerk mit einer Kapazität von 5.000 Fahrzeugen im Jahr im Einschichtbetrieb. Ein weiteres Unternehmen gab eine höhere dreistellige bis vierstellige Anzahl pro Jahr für eine wirtschaftliche Serienproduktion an.

Aus Sicht der Anbietenden fehlt aktuell die Nachfrage und die politische Zielstellung für die Umstellung der Fertigung auf autonome Fahrzeuge. Seitens der AD-Stack-Entwickelnden fehle die Nachfrage bzgl. der Umstellung der manuellen Steuerung hin zum autonomen Fahrbetrieb und damit die Nachfrage der OEMs nach AD-Stacks. Des Weiteren gibt es aktuell keine bzw. zu wenige (projektbezogene) Ausschreibungen seitens des ÖPNV für Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion bzw. passen die Ausschreibungskriterien nicht zu den neuen Fahrzeugkonzepten.

5.2.1.7 Leitfrage 7

Wie hoch wären Ihre Produktionskapazitäten bei gesicherter Abnahme und Finanzierung autonomer Fahrzeuge mittel- bis langfristig?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- mittelfristig: zwei- bis dreistellige Zahl im Jahr; langfristig vierstelliger Bereich
- 5.000 Fahrzeuge pro Jahr
- 1.000 Fahrzeuge pro Jahr
- entsprechend der heutigen Produktionskapazität mit Einschränkung der Abhängigkeiten von Anbietenden AD-Stack-Entwickelnden
- keine konkrete Anzahl, hohe Produktionskapazitäten nach der Umstellung möglich
- unbegrenzt viele Lieferungen
- 1.100 Fahrzeuge pro Jahr aktuell an einem Standort
- hohe Kapazitäten möglich
- Einschätzung aktuell nicht möglich

Zusammenfassung:

Bei gesicherter Abnahme sind mittelfristig zwei bis dreistellige Produktionszahlen möglich, langfristig im vierstelligen Bereich. Ein Unternehmen gab die Produktion von 1.000 Fahrzeugen, eine die von 5.000 Fahrzeugen im Jahr an. Bei der Produktion der Fahrzeuge wurde eine vergleichende Kapazität mit der Anzahl von anderen Fahrzeugen angegeben, insofern ein AD-Stack-Entwickelnder die entsprechenden Zulieferungen leisten kann. Ohne eine konkrete Anzahl benennen zu können, gab ein Unternehmen an, nach der Umstellung sehr hohe Produktionszahlen liefern zu können. Des Weiteren wurden Aussagen zu hohen bis hin zu unbegrenzten möglichen Lieferungen benannt.

AD-Stack-Entwickelnden schätzen die Produktionsleistungen hoch ein. Insgesamt ergibt sich aus den Angaben der Angebotsseite eine hohe mögliche Produktion bei vorhandener Nachfrage und Finanzierung.

5.2.2 Rahmenbedingungen und Hürden

5.2.2.1 Leitfrage 8

Wann rechnen Sie mit der Erteilung von einer Typzulassung für Ihr Fahrzeug-Modell, sodass ein Betriebsbereich gemäß AFGBV beantragt und genehmigt werden kann?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- Typgenehmigung nach EU-Recht wird in Kürze erwartet
- 2026
- 2027 (3)
- Mitte 2027-2030
- 2029
- ab 2030 aufwärts
- 2030-2032
- keine Angabe möglich

Zusammenfassung:

Die befragten Anbietenden rechnen aktuell mit dem Erhalt der Typgenehmigung für ihr Fahrzeugmodell bis spätestens 2032. Ein Unternehmen erwartet die Typgenehmigung nach EU-Recht bereits im Jahr 2025. Insgesamt rechnet die Hälfte mit der Genehmigung bis zum Jahr 2027. Etwa die andere Hälfte schätzt ein, dass der Zeitpunkt ab 2029/2030 aufwärts liegt. Aus den Angaben der Anbietenden lässt sich zusammenfassen, dass eine Zulassungsfähigkeit im Zeitraum zwischen 2027-2030 erreicht wird. Der früheste Zeitpunkt wird mit 2025 angegeben, der späteste Zeitpunkt mit 2032.

Als Begründung für den langen Zeitraum bis zur Genehmigungsfähigkeit wurde von einem Unternehmen darauf hingewiesen, dass die notwendige Anzahl der Fahrkilometer für Validierungen sehr hoch ist. Ein anderes Unternehmen gab an, dass der Genehmigungsprozess sehr aufwendig und mit hohen Kosten verbunden sei und nur im Rahmen eines Kundenprojektes besprochen werden könnte.

5.2.2.2 Leitfrage 9

Welcher Betreuungsschlüssel wird mit Ihrem System in der Technischen Aufsicht erforderlich sein?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- beginnend 1:5
- von Entwicklung der Systeme abhängig abnehmend
- 1:3 beginnend, exponentiell ansteigend
- von 1:1 zu 1:10
- gering zu Beginn
- keine konkrete Angabe möglich

Zusammenfassung:

Die AD-Stack-Entwickelnden und die Anbietenden von Ridepooling wurden zum Betreuungsschlüssel ihres Systems mittels technischer Aufsicht befragt. Die Angaben reichten von einer Betreuung eins zu eins (überwachende Person zu Fahrzeug), eins zu drei bis eins zu fünf – jeweils abnehmend (Verringerung der überwachenden Person zur Anzahl der Fahrzeuge) in Abhängigkeit der Weiterentwicklungen der Systeme – bis hin zu einem Betreuungsschlüssel von einer überwachenden Person auf bis zehn Fahrzeuge.

5.2.2.3 Leitfrage 10

Welche konkreten Maßnahmen sind in Ihrem Unternehmen sowie von extern notwendig, um den flächendeckenden Einsatz im Regelbetrieb zu beschleunigen?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- AD-Software
- umfassendes Projekt für Use-Cases und Skalierung, Förderung für Finanzierung Fahrzeuge und ÖV-Systeme
- Business-Modell, Abnahmezahlen, Fördergelder für Vorfinanzierung
- klare Bekundung der Bedarfe am Markt
- Anschubfinanzierungen, Berücksichtigung der aktuellen Anforderungen an OEMs seitens der Märkte und Politik, Abbau von bürokratischen, gesetzlichen, markteinschränkenden Hürden
- Mittelerhöhung ÖPNV
- Automatisierungswille und Motivation OEMs; Projektmittel
- Strukturierung und Angleichung der Betriebsbereichsgenehmigung international; bundeslandübergreifende Synergien
- gesicherte Abnahme eines bestellten Produkts mit Abschlagszahlungen
- Daten teilen und Datenökonomie aufbauen, größere Anzahl von Fahrzeugen in Modellregionen verorten, große Investoren fehlen
- technisch saubere leistungsfähige Lösung herstellen; Gesellschaftliche Akzeptanz mitgestalten; Skalierung erreichen; Dialogpartner für Politik, Verwaltung, Verbände und andere Anbieter sein; Mittel im ÖPNV fördern

Zusammenfassung:

Für die Angebotsseite sind mehrere Dimensionen relevant. Technisch wird ein ausgereifter AD-Software-Stack benötigt, ergänzt durch ein umfassendes Projekt zur Definition von Use-Cases und zur Skalierung. Ebenso ist eine technisch saubere, leistungsfähige Lösung entscheidend. Dazu gehören das Teilen von Daten und der Aufbau einer Datenökonomie sowie der Einsatz einer größeren Anzahl von Fahrzeugen in Modellregionen, um Praxiserfahrungen zu sammeln.

Finanziell sind die Förderung und Finanzierung der Fahrzeuge und des ÖV-Systems zentral. Ein tragfähiges Business-Modell sowie klare Abnahmezahlen müssen vorliegen. Fördergelder für die Vorfinanzierung, Anschubfinanzierungen und eine Mittelerhöhung für den ÖPNV sind erforderlich. Hinzu kommt die Bereitstellung der notwendigen Projektmittel und die gesicherte Abnahme bestellter Produkte mit Abschlagszahlungen. Gleichzeitig wurde darauf hingewiesen, dass große Investoren derzeit fehlen.

Auf der externen und internen Ebene braucht es eine klare Bekundung der Bedarfe am Markt sowie die Berücksichtigung aktueller Anforderungen an OEMs seitens der Märkte und Politik. Der Abbau bürokratischer und gesetzlicher Hürden, die den Marktzugang einschränken, ist ebenso wichtig wie der Automatisierungswille und die Motivation der OEMs. Darüber hinaus müssen die Betriebsbereichsgenehmigungen international strukturiert und angeglichen werden, und es gilt, bundeslandübergreifende Synergien zu schaffen.

Die gesellschaftliche Akzeptanz ist aktiv mitzugestalten. Schließlich sollten Dialogpartner für Politik, Verwaltung und Verbände benannt und eingesetzt werden, ebenso wie Dialoge mit anderen Anbietenden, um Kooperationen zu fördern.

5.2.2.4 Leitfrage 11

Welche Hürden bestehen aktuell in Ihrem Unternehmen bei der Entwicklung und Markteinführung autonomer Fahrzeuge?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- L4-Software
- Integration Gesamtfahrzeug, regulatorische Komplexität, Harmonisierung Fahrzeugstandards, Flottenfinanzierung, Leitstelle, TA, Remote Control, Risiken und Haftung, Modellregionen, mutige Kunden
- Finanzierung der Marktintegration, politischer Willen, zeitintensive regulatorische Prozesse
- Ressourcenmangel, unklare Nachfragesituation, fehlende einheitliche Gesetzgebung, Transfer SDS auf verschiedene Fahrzeugsegmente, zu aufwändige Genehmigungsprozesse

- Finanzierungsansätze und Förderungen
- Automatisierungswille der Stakeholder auf dem Markt
- Vorbereitung der Betreiber/Anbietenden über Fachpersonal und Expertise, Rollen und mögliche weitere bisher weniger betrachtete Use-Cases
- fehlende Nachfrage
- Kommunikation und Verwaltung von Daten, Genehmigungsverfahren klären

Zusammenfassung:

Angebotsseitig bestehen vielfältige Hürden, die sowohl technische, regulatorische als auch wirtschaftliche und betriebliche Aspekte betreffen. Technisch wird die Entwicklung einer leistungsfähigen L4-Software als zentrale Voraussetzung genannt. AD-Stacks auf unterschiedliche Fahrzeugsegmente zu übertragen und die vollständige Integration des Gesamtfahrzeugs in die Betriebsabläufe. Weitere Herausforderungen sind der Aufbau einer Leitstelle, die Umsetzung der Technischen Aufsicht und der potenzielle Einsatz von Remote-Control-Funktionen. Auch die Kommunikation und Verwaltung von Daten sowie die Berücksichtigung zusätzlicher, bisher weniger betrachteter Use-Cases spielen eine wichtige Rolle.

Regulatorisch erschwert die fehlende einheitliche Gesetzgebung die Umsetzung. Die regulatorische Komplexität und zeitintensive Genehmigungsprozesse stellen zusätzliche Hürden dar, ebenso wie die fehlende Harmonisierung der Fahrzeugstandards. Darüber hinaus sind Fragen zur Regulierung von Risiken und Haftung bislang nicht abschließend geklärt.

Finanziell sind hohe Anforderungen zu bewältigen. Es wird eine Flottenfinanzierung benötigt, ebenso wie Ansätze zur Finanzierung der Marktintegration und geeignete Förderprogramme. Finanzierungsmodelle müssen entwickelt werden, um die hohen Anfangsinvestitionen abzusichern und die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen.

Auf der Marktseite sind mutige Kunden erforderlich, die bereit sind, neue Technologien zu erproben. Der politische Wille sowie der Automatisierungswille der Stakeholder sind entscheidend für die Umsetzung.

Schließlich müssen Betreiber und Anbietende sich durch Fachpersonal und Expertise auf die neuen Anforderungen vorbereiten. Dazu gehört auch die klare Definition von Rollen innerhalb der Organisation, um die Umsetzung effizient zu gestalten.

5.2.2.5 Leitfrage 12

Wie bewerten Sie die Zusammenarbeit mit öffentlichen Akteuren (z. B. Verkehrsunternehmen, Kommunen, Ministerien) sowie in Pilotprojekten?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- gute Erfahrung mit Pilotprojekten; positive Erfahrungen mit kommunalen Partnern; unklare Zuständigkeiten; herausfordernde Förderbedingungen
- positiv, themenspezifisch könnte mehr passieren
- positiv, hoch motiviert, offene Diskussionen
- sehr konstruktiv, Zusammenhalt zum Schutz/Förderung der eigenen Märkte mittels europäischen SDS (Self-Driving-System)
- gute Erfahrung bei der theoretischen Arbeit
- positiv mit ÖPNV
- ortsspezifisch gute Erfahrung; ortsspezifische Überforderung im Umgang mit dem Vorgehen/Vorgaben
- positive Erfahrungen bei eigenem Interesse der Umsetzung
- positiv, professionell
- positiv, Innovationsgetrieben
- gute Zusammenarbeit, gemeinsames Interesse
- Politik und Verwaltung aktive Mitarbeit, Austauschformate sind gut

Zusammenfassung:

Angebotsseitig wurden häufig gute und positive Erfahrungen bei der Zusammenarbeit in Projekten und bei der Zusammenarbeit mit kommunalen Partnern angegeben. Dabei wurde das gemeinsame und eigene Interesse als Grundlage für die aktive Zusammenarbeit benannt. Die Formate des Austauschs wurden ebenfalls positiv beurteilt. Hindernisse gab es bei herausfordernden Förderbedingungen, unklaren Zuständigkeiten und teilweise Überforderung im Umgang mit den Vorgaben und beim Vorgehen zur Zielerreichung.

5.2.3 Abschluss

5.2.3.1 Leitfrage 13

Gibt es Themen, die wir noch nicht angesprochen haben, die Sie aber für zentral halten?

Teilnehmende Gruppen:

Fahrzeugherstellende	<input checked="" type="checkbox"/>
AD-Stack-Entwickelnde	<input checked="" type="checkbox"/>
Anbietende von Ridepooling	<input checked="" type="checkbox"/>

Kernaussagen:

- standardisierte Schnittstellen
- Anpassung von Anforderungen und Regularien an AD-Fahrzeuge statt Vergleich mit E-Bussen; Blaupause für Genehmigungsprozesse; Verkürzung der Prozesse und weniger Komplexität, zentrale bundesweite Vorgaben
- Finanzierung
- Heranführung an die Technik, Sicherheitsgefühl etc. einleiten seitens der Verkehrsbetreibenden, Akzeptanz schaffen
- Abbau von Markthürden durch harmonisierte Rechtsvorgaben in Deutschland und Europa; Anschubfinanzierung; Innovationspartnerschaften, großflächige Projekte für die Skalierung

Zusammenfassung:

Neben den bereits in den anderen Kategorien aufgezeigten Themen wurden folgende Themen als relevant erachtet. Offen sei das Thema standardisierte Schnittstellen. Es sollte eine Anpassung der Anforderungen und Regularien an AD-Fahrzeuge statt eines ähnlichen Vorgehens wie bei E-Bussen erfolgen. Es bedarf einer Blaupause für Genehmigungsprozesse, bundesweiter Vorgaben und einer Vereinfachung der Prozesse für weniger Komplexität. Die Nachfrageseite sollte an die Technik herangeführt werden, um ein Sicherheitsgefühl im Umgang zu erreichen. Wichtig sei auch der Abbau von Markthürden durch harmonisierte Rechtsvorgaben in Deutschland und in Europa. Es würden zudem Innovationspartnerschaften und großflächige Projekte für die Skalierung benötigt.

5.3 Zusammenführung

Die zentralen Aussagen der Angebots- und Nachfrageseite werden folgend in Form zusammenfassender Ergebnisse aus den Kapiteln 5.1 und 5.2 beschrieben.

- Angebots- und Nachfrageseitig wird sowohl das klassische Geschäfts- und Finanzierungsmodell bei der Einführung von AD-Fahrzeugen gesehen als auch neue oder veränderte Finanzierungs- und Geschäftsmodelle für möglich gehalten.
- Die Mehrheit der Angebotsseite rechnet mit der Zulassungsfähigkeit ihrer Fahrzeuge zwischen 2026 und 2030.
- Die Nachfrageseite benennt den klaren Bedarf an autonomen Systemen und sieht ein hohes Potenzial für dessen Einsatz in allen Bereichen der Angebotspalette, sobald die technische Reife erreicht ist und die verbleibenden Fragestellungen zur Integration in die Betriebs- und Infrastrukturen geklärt wurden.
- Sowohl für Linien- als auch für Bedarfsverkehr wird auf der Nachfrageseite Einsatzpotenzial gesehen.
- Die Nachfrageseite nennt Bedarf für diverse Fahrzeugklassen. Die Angebotsseite fokussiert sich vorwiegend auf Fahrzeugklassen mit kleinen. Die klassischen Anbieter von Standard-Linien-Bussen sind größtenteils noch verhalten, was die Umstellung auf autonomes Fahren betrifft.
- Bei der Neubeschaffung von Fahrzeugen dominiert der Elektroantrieb gegenüber anderen Antriebsarten.
- Für ein Drittel der Nachfrageseite ist die Beschaffung von autonomen Fahrzeugen fester Bestandteil der Fahrzeugbeschaffung. Bei etwas weniger als einem Drittel ist die Beschaffung kein fester Bestandteil der Planungen.
- Zu den Bedarfen des ÖPNV zur Fahrzeuganzahl werden verhaltene Einschätzungen abgegeben. Es gibt wenige konkrete Planungen, da die technologische Reife aus Sicht der Mehrheit der Nachfragenden erst erreicht werden müsste. Die Aussagen zur Produktion der Angebotsseite sind ebenfalls vage und orientieren sich an der Nachfrage-Entwicklung. Die Annahmen der Angebotsseite sind insgesamt optimistischer.
- Bei gesicherter Abnahme durch die Nachfrageseite steigen die von der Angebotsseite möglichen Produktionszahlen.
- Aus den Angaben zu den verfügbaren oder geplanten Mitteln des ÖPNV-Systems für die klassische Fahrzeugbeschaffung sowie aus der

Planung der Mittel für AD-Fahrzeuge ergibt sich eine Finanzierungslücke zwischen den potenziellen Produktionsinvestitionen und der tatsächlichen Umsetzung der Produktion seitens der Anbieter. Seitens der Anbietenden können gute Erfahrungen bei Zusammenarbeit mit öffentlichen Akteuren resümiert werden.

- Sowohl von Angebotsseite als auch Nachfrageseite werden technische, finanzielle, regulatorische und betriebliche Hürden genannt.
- Beide Seiten nennen dabei am häufigsten finanzielle Hürden. Hohe Anfangsinvestitionen erschweren Wirtschaftlichkeit und Einführung von Testbetrieben.
- Zudem sehen beide Seiten betriebliche Hürden im Handlungsbereich der Verkehrsbetriebe und Verbünde. Während die die Nachfrageseite ungeklärte Fragen in der betrieblichen Integration nennt, sieht die Angebotsseite Aufholbedarf in Expertise und Umsetzungswillen.
- Während technische Hürden rund um das Produkt und die Produktintegration vor allem auf der Nachfrageseite gesehen werden, sieht die Angebotsseite proportional mehr regulatorische Hürden bezüglich einheitlicher Gesetzgebung und komplexer Genehmigungsprozesse.

5.4 Auswertung

Im folgenden Kapitel erfolgt die Auswertung der erhobenen Daten und Informationen im Hinblick auf die in Kapitel 2.1 formulierten Forschungsfragen:

- Wie hoch ist der mittelfristige Bedarf an autonomen Fahrzeugen im ÖPNV in Deutschland (Zeithorizont 2030-2040)?
- Welche Fahrzeugklassen und Einsatzbereiche (Linien- oder Bedarfsverkehre) werden von ÖPNV-Planenden priorisiert?
- Welche Produktionskapazitäten und wirtschaftlichen Schwellenwerte bestehen auf Seiten der OEMs für autonome Fahrzeuge?
- Welche Nachfrageerwartungen haben Hersteller für den Zeitraum 2030-2040?
- Welche Hürden bestehen, um autonome Fahrzeuge im ÖPNV skalierbar zu machen?
- Welche Maßnahmen sind zur Skalierung autonomer Mobilität erforderlich?

5.4.1 ÖPNV-Entwicklung

Die Entwicklung des ÖPNV in den deutschen Metropolregionen wurde in Kapitel 0 beschrieben. Sie folgt einem klaren Transformationspfad, der durch steigende Fahrgastzahlen, ambitionierte Klimaziele und die Notwendigkeit einer nachhaltigen Verkehrswende geprägt ist. Alle Regionen verzeichnen ein kontinuierliches Wachstum der Nachfrage, während gleichzeitig der MIV deutlich reduziert werden soll. Zentrale strategische Leitlinien sind die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten, die Digitalisierung von Vertriebs- und Informationssystemen sowie die

Schaffung barrierefreier und komfortabler Angebote. Ziel ist es in den meisten Metropolregionen, den Anteil des Umweltverbunds – bestehend aus Fuß-, Rad- und öffentlichem Verkehr – bis 2030 auf 70 bis 80 Prozent aller Wege zu erhöhen. Als ein wesentliches Element dieser Transformation wird die Integration autonomer Fahrzeuge in den ÖPNV gesehen.

5.4.2 Abhängigkeiten bei der Fahrzeugbeschaffung

Die Beschaffung neuer Fahrzeuge im ÖPNV ist, wie in Kapitel 4 beschrieben, Teil eines komplexen Systems, das von institutionellen Zuständigkeiten, finanziellen Rahmenbedingungen und verkehrsplanerischen Anforderungen geprägt ist. Ausgangspunkt ist die Festlegung der Verkehrsleistungen durch den ÖPNV-Aufgabenträger, der im Rahmen gesetzlicher Vorgaben für die Organisation des ÖPNV zuständig ist. Die Umsetzung dieser Vorgaben hängt maßgeblich von den verfügbaren finanziellen Mitteln, der Infrastruktur sowie personellen Ressourcen ab. Aufgabenträger müssen daher einen Abgleich zwischen dem gewünschten Angebot und den realisierbaren Kapazitäten vornehmen und priorisieren, welche Linien oder Zeitfenster besonders ausgebaut werden.

Die Finanzierung erfolgt über ein Zusammenspiel von Regionalisierungsmitteln des Bundes, Landesmitteln und kommunalen Haushalten. Auf dieser Basis beauftragen die Aufgabenträger Verkehrsunternehmen mit der Durchführung der geplanten Verkehre. Die Verkehrsunternehmen sind die zentralen Akteure im Beschaffungsprozess: Sie müssen die für die ausgeschriebene Verkehrsleistung erforderlichen Fahrzeuge bereitstellen und ihre Flotten unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Vorgaben wie Abschreibungszeiträumen effizient managen. Neben der Fahrzeugbeschaffung sind auch Betriebshöfe, Werkstattkapazitäten und ausreichend Fahrpersonal entscheidende Faktoren für die Umsetzung.

Das Ziel besteht darin, die geforderte Verkehrsleistung mit einem wirtschaftlich tragfähigen und qualitativ hochwertigen Angebot zu erfüllen. Damit wird deutlich: Die Entwicklung des ÖPNV und die Einführung neuer Technologien wie Elektromobilität oder autonomes Fahren sind nicht allein eine Frage technischer Machbarkeit, sondern hängen von einem komplexen Zusammenspiel aus politischen Entscheidungen, finanziellen Ressourcen und der Leistungsfähigkeit der Verkehrsunternehmen ab.

5.4.3 Bedarf an autonomen Fahrzeugen

Im Rahmen der durchgeführten Befragung wurde zur Einordnung des Bedarfs an autonomen Fahrzeugen ein Zeithorizont zwischen 2030 und 2040 definiert. Feststellen lässt sich, dass alle Befragten grundsätzlich einen Bedarf sehen. Auf Grundlage der erhobenen Daten lässt sich jedoch keine belastbare Prognose hinsichtlich der voraussichtlich nachgefragten Fahrzeuganzahl für diesen Zeitraum ableiten. Die Anzahl der konkreten Angaben, lässt sich auf etwa 18.000 Fahrzeuge aufsummieren. Dabei umfasst die Nachfrage in Deutschland ca. 4.650 für den Einsatz im ÖPNV geeignete Fahrzeuge im Zeitraum zwischen 2030 und 2040. Die vier befragten Organisationen in Europa gaben ca. 12.800 Fahrzeuge an.

Die Ergebnisse zeigen eine hohe Varianz in den Einschätzungen, die auf unterschiedliche Einflussfaktoren zurückzuführen ist. Hierzu zählen insbesondere bestehende Planungsperioden, die vor dem betrachteten Zeithorizont enden, die aktuelle Größe und Zusammensetzung der Fahrzeugflotten, divergierende Nutzungsdauern (zumeist zwischen zehn und fünfzehn Jahren), Unterschiede in den Fahrzeugklassen (z. B. Standard-Linienbusse und Gelenkbusse) sowie die Heterogenität der Flottenstrukturen.

Folgende zentrale Gründe für die fehlende Konkretisierung wurden von den Befragten mehrfach genannt: das derzeit unzureichende Marktangebot an autonomen Fahrzeugen bzw. die Verfügbarkeit von ausgereifter Technik für Level-4-Fahrzeuge, fehlendes Know-how zur Fahrzeugintegration in Bezug auf Fachpersonal, die Umsetzung einer Leitstelle und Technischen Aufsicht gemäß gesetzlicher Vorgaben, die Akzeptanz der Nutzenden und Mitarbeitenden gegenüber der neuen Technologie, die begrenzten finanziellen Ressourcen des ÖPNV (bedingt durch defizitäre Haushaltslagen) sowie die hohen Anforderungen der vergangenen Jahre. Der ÖPNV musste in den letzten Jahren vielfältige Anforderungen erfüllen: von Umbauten für Barrierefreiheit über EU-weit verbindliche Emissionsnormen, ambitionierte Klimaschutzvorgaben bis zu umfangreichen Investitionen in Infrastruktur, Fahrzeugflotten und Digitalisierung. Staatliche Förderprogramme dienten als Reaktion auf die hohen Kosten, doch der Finanzbedarf bleibt weiterhin auf hohem Niveau, gerade im Hinblick auf Klimaziele und transformative Modernisierung.

Erfahrungen aus Pilotprojekten verdeutlichen darüber hinaus die aktuell noch erheblichen Kosten für die Beschaffung und Systemintegration autonomer Fahrzeugsysteme. Eine Vielzahl ungeklärter Fragestellungen muss für die Umsetzung im Regelbetrieb noch bearbeitet werden, beispielsweise hinsichtlich Personalrollen und -kosten, technischer Schnittstellen, Abhängigkeiten von Anbietern, Einsatzzeiten, Verwertung, Sicherheitsaspekten und

gesellschaftlicher Akzeptanz. Ein weiterer Aspekt, welcher die Bedarfsplanungen beeinflusst, ist das Geschäftsmodell. Obwohl Angebots- und Nachfrageseite grundsätzlich übereinstimmen, dass der Einsatz von Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion im ÖPNV perspektivisch sinnvoll ist, wirft das zugrunde liegende Geschäftsmodell Fragestellungen für die konkrete Bedarfsplanung auf. Die Angebotsseite sieht ein Modell, bei dem die Verkehrsunternehmen die Fahrzeuge erwerben, während die Anbietenden einen Teil der operativen Dienstleistung übernehmen. Dieses Modell soll die Integration der Technologie erleichtern und den Einstieg für Verkehrsunternehmen risikoärmer gestalten. Die Nachfrageseite sieht an dieser Stelle verschiedene Herausforderungen. Zum einen können Abhängigkeiten von einzelnen Technologieanbietern entstehen, die im Falle eines Marktaustritts oder einer Insolvenz zu erheblichen betrieblichen Risiken führen können. Zum anderen erschwert die Integration mehrerer Anbieter die Sicherstellung homogener Betriebsprozesse, insbesondere hinsichtlich Schnittstellen, Softwarekompatibilität und Verantwortlichkeiten im Betrieb. Leasingmodelle für autonome Fahrzeuge im ÖPNV bergen auf der Angebotsseite erhebliche Risiken.

Ein zentrales Thema sind zudem die hohen Anfangskosten, die für die Entwicklung, Produktion und Bereitstellung der Fahrzeuge sowie für die notwendige Infrastruktur und Softwareintegration anfallen. Diese Investitionen müssen vor Vertragsabschluss getätigt werden und führen zu einer hohen finanziellen Vorleistung der Anbietenden. Dies gilt auch für mögliche Leasingangebote. Bleiben die Aufträge aus, können für die Anbietenden erhebliche Verluste entstehen. Darüber hinaus sind Leasingverträge längerfristig angelegt, was die Anbieter über Jahre hinweg bindet. Dies erhöht das Risiko, insbesondere wenn sich technologische Standards oder regulatorische Rahmenbedingungen während der Vertragslaufzeit ändern. Zusätzlich bestehen Restwert- und Technologierisiken. Aufgrund der schnellen Weiterentwicklung autonomer Systeme kann es passieren, dass Fahrzeuge während der Vertragslaufzeit technisch überholt sind oder nicht mehr den geltenden Sicherheits- und Zulassungsanforderungen entsprechen. Diese Faktoren machen Leasingmodelle für Anbieter zu einem finanziell und strategisch anspruchsvollen Modell, das nur unter klaren Rahmenbedingungen und gegebenenfalls staatlicher Unterstützung tragfähig erscheint. Auf der Nachfrageseite wurden auch Betreibergesellschaften oder Abo-Modelle als denkbar angesehen, welche jedoch ebenfalls mit betrieblichen und integrativen Hürden verbunden sind.

Mit der potenziellen Gründung von neuen Betreibergesellschaften weisen die Studienbeteiligten auf die Auslagerung derzeitiger betrieblicher Aufgaben der Nachfrageseite an Anbietende hin (bspw. Betrieb der technischen Aufsicht oder eines gesamten

Bedarfsverkehrsangebots). Hierbei würden sich die Rollen auf beiden Seiten verändern. Unabhängig davon müssen diese Rollen und Zuständigkeiten bei der Integration von Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in den ÖPNV stets ausgehandelt werden. Diese Unsicherheiten mindern nicht die grundsätzliche Offenheit gegenüber der Technologie, wirken sich jedoch negativ auf die aktuelle Machbarkeit und Skalierung aus und führen zu einer zurückhaltenden Bedarfsbekundung.

Für die Berechnung des zukünftigen Bedarfs wurde vielfach vorgeschlagen, die Kennzahlen der Fahrzeugflotte für die klassischen Beschaffungszyklen als Ausgangspunkt heranzuziehen oder die aktuelle Anzahl der ÖPNV-Fahrzeuge in Deutschland als Referenzgröße für die Abschätzung des potenziellen Absatzmarktes zwischen 2030 und 2040 zu verwenden. Diese Vorgehensweise impliziert jedoch die vollständige Substitution der bestehenden Fahrzeugflotte, was in der Branche als wenig realistisch angesehen wird. Vielmehr wird der Einsatz autonomer Fahrzeuge überwiegend in spezifischen Anwendungsfeldern gesehen, beispielsweise auf schwach frequentierten Linien, als ergänzende Verkehre in Zeiten geringer Nachfrage oder zur Erschließung peripherer Gebiete. Diese Annahmen orientieren sich bislang stark an den derzeit verfügbaren Angeboten der Hersteller, die überwiegend kleinere Fahrzeuggrößen vorsehen. Grundsätzlich wird ein breiter Einsatz im gesamten ÖPNV sowie eine Diversifizierung der Fahrzeuggrößen für unterschiedliche Use-Cases angestrebt. Eine belastbare Planung erscheint jedoch erst möglich, sobald marktreife autonome Fahrzeuge verfügbar sind.

Auf der Nachfrageseite wird der Einsatz unterschiedlicher Fahrzeugklassen im ÖPNV grundsätzlich als realisierbar eingeschätzt. Sowohl für den klassischen Linienverkehr als auch für bedarfsorientierte Verkehre sehen sowohl die Akteure des ÖPNV sowie die Angebotsseite ein relevantes Einsatzpotenzial.

Eine präzise Angabe zu den erforderlichen Produktionskapazitäten sowie zu einem kritischen Schwellenwert der Nachfrage, der eine wirtschaftliche Serienfertigung ermöglicht, konnte seitens der Angebotsseite im Rahmen der Studie nicht erfolgen. Während die Nachfrageseite zögert, verbindliche Bedarfsbekundungen abzugeben, bestehen auf der Angebotsseite Unklarheiten hinsichtlich der zukünftigen Marktvolumina und nachhaltigen Nachfrage bzw. Finanzierbarkeit der staatlich finanzierten Nachfrageseite. Gleichwohl wird die Fähigkeit zur Produktionsaufnahme sowie zur Skalierung bestehender Kapazitäten bei der Angebotsseite bei entsprechender Nachfrage als umsetzbar bewertet. Hierbei stechen die positiven Einschätzungen der AD-Stack-Entwickelnden hervor. Nach der Erreichung einer

Typgenehmigung und dementsprechender Betriebszulassung wird eine schnelle und unkomplizierte Übertragbarkeit auf andere Gefäßgrößen erwartet.

Bei der Implementierung autonomer Systeme im ÖPNV treten technische und regulatorische Hürden auf, die historisch gewachsen sind und sich oft erst in der praktischen Umsetzung zeigen. Diese Herausforderungen resultieren aus etablierten Fahrpraktiken und rechtlichen Rahmenbedingungen, die für den manuellen Betrieb konzipiert wurden. So erfordert beispielsweise das Abbiegen mit großvolumigen Fahrzeugen gelegentlich das kurzzeitige Überfahren einer benachbarten Fahrspur oder einer durchgezogenen Mittellinie – ein Vorgang, der im manuellen Betrieb üblich, jedoch rechtlich, nur in Ausnahmefällen, nicht zulässig und für autonome Systeme aufgrund ihrer strikten Spurtreue und Sicherheitslogik komplex umzusetzen ist. Ähnliche Anforderungen entstehen beim präzisen Anfahren von Haltestellen, das häufig das Überfahren gestrichelter Linien oder das Einfahren in Bereiche erfordert, die formal nicht als Fahrspur definiert sind. Diese Beispiele verdeutlichen, dass bestehende Vorschriften und Betriebsprozesse nicht ohne Anpassungen auf den fahrerlosen Betrieb übertragbar sind und sowohl technische Lösungen als auch regulatorische Weiterentwicklungen notwendig machen.

Allgemein bedarf es für die Umsetzung einheitlicher und vereinfachter Genehmigungsprozesse, um die Umsetzung zu beschleunigen, Marktreife zu erreichen und Skalierungen zu ermöglichen. Des Weiteren bedarf es einer europaweiten Harmonisierung der rechtlichen Rahmenbedingungen und Eindeutigkeit bzgl. der zuständigen Behörden und der Verfahrensabläufe.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt deutliche Unsicherheiten sowohl auf der Nachfrage- als auch auf der Angebotsseite. Anbieter erwarten einen signifikanten, teilweise exponentiellen Anstieg der Nachfrage, sofern die Prototypenphase erfolgreich verläuft und die technologische Weiterentwicklung marktreife Lösungen hervorbringt. Gleichzeitig artikuliert die Angebotsseite den Wunsch nach klaren Signalen seitens der Nachfrageseite sowie nach staatlicher finanzieller Unterstützung für die Beschaffung durch den ÖPNV.

6 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

6.1 Finanzierung

Um die Nachfrage nach autonomen Fahrzeugen im ÖPNV zu fördern, ist ein strategisches Vorgehen erforderlich. Zunächst sollten aussagekräftige Business-Cases und Kostenmodelle

erarbeitet werden, die den konkreten Nutzen für ÖPNV-Betreibende und Kommunen verdeutlichen. Diese müssen sowohl wirtschaftliche Vorteile als auch Effizienzsteigerungen klar darstellen. Diese Modelle können Kalkulationsgrundlagen für die Nachfrageseite bilden und Planungssicherheit schaffen. Parallel dazu gilt es, großmaßstäbliche Pilotprojekte in ausgewählten Modellregionen zu starten, um belastbare Erfahrungswerte zu generieren, Vertrauen aufzubauen, die Wirtschaftlichkeit zu prüfen und die Technologie im realen Betrieb zu erproben. Ergänzend dazu sind Fördermechanismen zu entwickeln, die konkrete Nachfrageanreize schaffen – beispielsweise durch Zuschüsse für erste Bestellungen oder vergünstigte Einstiegskonditionen für Betreiber.

Um Investitionsrisiken für Anbietende zu reduzieren, müssen Förderprogramme und Anschubfinanzierungen etabliert werden, da die öffentliche Hand als Mittelgeber für den ÖPNV nicht die Finanzkraft hat, um den Betreibern diese Anfangsinvestitionen zu ermöglichen. Ergänzend dazu können Leasing- oder Pay-per-Use-Modelle helfen, Einstiegshürden für Betreibende zu senken und die Markteinführung zu beschleunigen. Darüber hinaus ist die Einrichtung flexibler Förderinstrumente für Pilotprojekte und deren Skalierung notwendig, um den Übergang vom Testbetrieb in den Regelbetrieb zu erleichtern. Schließlich sind langfristige Finanzierungsstrategien zu entwickeln, die Investitionssicherheit schaffen und eine nachhaltige Integration autonomer Fahrzeuge in den ÖPNV ermöglichen.

6.2 Technische Standards und Genehmigung

Die regulatorischen Prozesse und Zuständigkeiten stellen eine zentrale Herausforderung für die Einführung autonomer Fahrzeuge im ÖPNV dar. Um Markthindernisse zu reduzieren, ist eine Harmonisierung der gesetzlichen Vorgaben auf nationaler und EU-Ebene erforderlich. Dies umfasst gemeinsame Standards, Zulassungsverfahren und definierte Schnittstellen für die Integration in bestehende Systeme. Eine EU-weite Kooperationsplattform kann Abstimmungen beschleunigen und einheitliche Rahmenbedingungen schaffen.

Parallel dazu müssen nationale Zulassungsprozesse vereinfacht und klare Zuständigkeiten zwischen Bund, Ländern und Kommunen etabliert werden. Digitale Verfahren können Genehmigungen beschleunigen und die Transparenz erhöhen. Blaupausen sollen den Kommunen den Einstieg in den fahrerlosen Betrieb erleichtern.

Frühzeitige regulatorische Anpassungen erfordern Dialogplattformen zwischen Politik, Behörden und Industrie, um kontinuierliche Abstimmung und schnelle Reaktionen auf neue Anforderungen zu ermöglichen. Ergänzend sind Entwicklung und Zulassung von Level-4-

Fahrzeugen auf Basis klarer technischer Standards entscheidend. Öffentlich-private Partnerschaften können Ressourcen bündeln und die Umsetzung effizient gestalten.

Zur Sicherstellung der technischen Verfügbarkeit sind verbindliche Standards für Schnittstellen und Sicherheitsanforderungen notwendig. Eine branchenübergreifende Initiative sollte Interoperabilität und Betriebssicherheit gewährleisten. Im Rahmen der VDV-Arbeitsgruppen existiert bereits eine solche branchenübergreifende Initiative zur Entwicklung verbindlicher Standards für Schnittstellen und Sicherheitsanforderungen. Enge europaweite Zusammenarbeit der Akteure ist erforderlich, um Zulassungsprozesse zu beschleunigen und Hürden zu reduzieren.

Darüber hinaus müssen Testfelder und Modellregionen eingerichtet werden, um eine große Fahrzeugflotte unter realen Bedingungen sowie im Mischbetrieb mit konventionellen ÖPNV-Fahrzeugen zu erproben und Betriebserlaubnisse zu erwirken. Ergänzend sind Roadmaps zu entwickeln, die die schrittweise Skalierung von Level-4-Systemen und deren Integration in bestehende ÖPNV-Strukturen beschreiben. Diese Maßnahmen bilden die Grundlage für den Übergang vom Pilot- zum Regelbetrieb.

6.3 Know-how und Fachpersonal

Der Aufbau von Know-how und die Sicherstellung qualifizierten Fachpersonals sind zentrale Voraussetzungen für die erfolgreiche Integration autonomer Fahrzeuge in den ÖPNV. Zunächst müssen Qualifikationsprofile für neue Rollen wie die Technische Aufsicht und das Leitstellenmanagement erstellt werden. Dies ist bereits Teil der Zusammenarbeit der VDV-Arbeitsgruppen.

Obwohl dieser Aspekt von den Interviewpartnerinnen und -partnern nicht explizit benannt wurde, ist er von erheblicher Relevanz: Es wird eine engere Zusammenarbeit zwischen Betreibendem und Fahrzeugsystem-Anbietenden geben müssen. Die Verkehrsunternehmen werden künftig voraussichtlich nur noch in begrenztem Umfang Eingriffe an den Fahrzeugen vornehmen können. Derzeit ist noch ungeklärt, wie die Aufgabenverteilung im Hinblick auf Betrieb, Wartung und Instandhaltung künftig ausgestaltet wird. Dies erfordert Aushandlungsprozesse zwischen den neuen Akteuren des autonomen Fahrens und den etablierten Verkehrsunternehmen. Die Rollen und Verantwortlichkeiten müssen dabei nicht nur innerhalb der Verkehrsunternehmen, sondern auch in der Schnittstelle zu externen Partnern und Herstellern neu definiert werden.

Darauf aufbauend sind Schulungsprogramme für Fachpersonal im ÖPNV-Betrieb und insbesondere für die öffentliche Verwaltung zu initiieren, um das notwendige Wissen zur Fahrzeugintegration und zum sicheren Betrieb zu vermitteln. Ergänzend sollten Leitfäden entwickelt werden, die die Umsetzung gesetzlicher Vorgaben in der Praxis erleichtern. Schließlich gilt es Mitarbeitende schrittweise an die neue Technologie heranzuführen und ein verändertes Aufgabenverständnis zu etablieren, um einen reibungslosen Übergang in den fahrerlosen Betrieb zu gewährleisten.

Die Fachkräfteentwicklung kann durch Kooperationen mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen gefördert werden, um langfristig ein stabiles Kompetenznetzwerk aufzubauen. Gleichzeitig sind partizipative Ansätze erforderlich, um Bedenken frühzeitig zu adressieren und die Akzeptanz bei Mitarbeitenden und Nutzenden zu stärken. Informationskampagnen spielen dabei eine wichtige Rolle, um Vertrauen in die Technologie zu schaffen.

6.4 Akzeptanz

Die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im ÖPNV erfordert ein ganzheitliches Vorgehen, das zukünftige Nutzende frühzeitig an die neue Technologie heranführt. Informationskampagnen und partizipative Ansätze sind entscheidend, um Bedenken zu adressieren und Vertrauen aufzubauen. Pilotprojekte in realen Umgebungen sollten ausgeweitet werden, um praktische Erfahrungen zu sammeln und die Akzeptanz zu fördern. Darüber hinaus ist eine aktive Kommunikation der gesellschaftlichen und ökologischen Vorteile entscheidend. Aspekte wie die Reduktion von CO₂-Emissionen, die Verbesserung der Barrierefreiheit und die Erhöhung der Verkehrssicherheit sollten in den Vordergrund gestellt werden, um Akzeptanz und Unterstützung zu gewinnen.

7 FAZIT UND AUSBLICK

7.1 Fazit

Autonomes Fahren wird als zentrale Zukunftstechnologie für eine nachhaltige, sichere und inklusive Mobilität eingeordnet. Zahlreiche technologische, ökonomische und demografische Trends weisen darauf hin, dass autonome Mobilität mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem festen Bestandteil zukünftiger Verkehrssysteme werden wird. Gleichzeitig steht der öffentliche Personennahverkehr vor strukturellen Herausforderungen – insbesondere Fachkräftemangel, Angebotslücken und steigende Nachhaltigkeitsanforderungen. Vor diesem Hintergrund

gewinnt die Entwicklung und Integration autonomer Mobilitätssysteme an strategischer Bedeutung, um langfristig ein leistungsfähiges und resilient ausgerichtetes ÖPNV-Angebot sicherzustellen.

Mithilfe von Interviews mit der Angebots- und Nachfrageseite des Marktes für autonom fahrende Fahrzeuge sollte der Bedarf an Fahrzeugen im Zeitraum von 2030 bis 2040 ermittelt werden. Insgesamt wurden 25 Interviews geführt – davon 15 mit Vertreterinnen und Vertretern der Nachfrageseite (ÖPNV-Akteure) und 10 mit der Angebotsseite (OEMs, Ridepooling- und AD-Stack-Entwickelnde).

Entlang der Forschungsfragen lassen sich die zentralen Ergebnisse der Interviews wie folgt beantworten:

- Wie hoch ist der mittelfristige Bedarf an autonomen Fahrzeugen im ÖPNV in Deutschland (Zeithorizont 2030-2040)?
 - Bedarf wird von allen Befragten gesehen, doch konkrete Planungen bestehen nur in wenigen Regionen. Die Anzahl der genannten Angaben, lässt sich auf etwa 18.000 Fahrzeuge aufsummieren.
 - Deutsche Verkehrsunternehmen und Verbünde machen mit 4.650 Fahrzeugen weniger als ein Drittel der konkreten Planung aus.
- Welche Fahrzeugklassen und Einsatzbereiche (Linien- oder Bedarfsverkehre) werden von ÖPNV-Planenden priorisiert?
 - Linien- und Bedarfsverkehre werden gleichermaßen als relevant betrachtet. Alle Fahrzeuggrößen könnten sinnvoll eingesetzt werden.
- Welche Produktionskapazitäten und wirtschaftlichen Schwellenwerte bestehen auf Seiten der OEMs für autonome Fahrzeuge?
 - Die Produktionskapazitäten orientieren sich an der Nachfrage. Wenn diese steigt, können auch die Kapazitäten hochgefahren werden.
- Welche Nachfrageerwartungen haben Hersteller für den Zeitraum 2030-2040?
 - Es zeigt sich kein eindeutiges Bild. Ein starker Anstieg der Nachfrage wird erwartet, sofern die Prototypen bis dahin erfolgreich waren.
- Welche Hürden bestehen, um autonome Fahrzeuge im ÖPNV skalierbar zu machen?
 - Sowohl von Angebots- als auch Nachfrageseite werden technische, finanzielle, regulatorische und betriebliche Hürden genannt.
 - Offene Fragen bestehen insbesondere zu den Kosten und zur Finanzierung der Umstellung sowie zur betrieblichen Integration der Fahrzeugsysteme.
- Welche Maßnahmen sind zur Skalierung autonomer Mobilität erforderlich?

- Anschubfinanzierung, eine langfristige ÖPNV-Finanzierung sowie großflächige Pilotprojekte in Modellregionen werden als zentrale Voraussetzungen genannt.

Insgesamt zeigt sich auf der Nachfrageseite eine generelle Offenheit gegenüber autonomen Fahrzeugen und ihr Potenzial wird klar erkannt. Eine flächendeckende Umsetzung ist laut den Studienergebnissen jedoch noch nicht in greifbarer Nähe.

7.2 Ausblick

Aus den Beiträgen der Studienteilnehmenden (siehe Kapitel 6) werden abschließend sechs Handlungsempfehlungen abgeleitet, die sich als Ausblick auf die erforderlichen nächsten Schritte zur Skalierung des autonomen Fahrens im öffentlichen Personennahverkehr hervorheben lassen.

- a) Klärung betriebswirtschaftlicher Grundlagen, Analyse der Wertschöpfungskette sowie Schaffung von Planungssicherheit für Hersteller

Auf der Angebotsseite wird der Bedarf gesehen, aussagekräftige Business-Cases und Kostenmodelle zu erarbeiten, die den konkreten Nutzen für ÖPNV-Betreiber und Kommunen verdeutlichen. Es besteht Unklarheit darüber, welche wirtschaftlichen und die ÖPNV-Angebotsqualität verbessernden Effekte mit dem autonomen Fahren zu welchem Zeitpunkt zu erwarten sind. Ein wesentliches Hindernis für die Industrialisierung autonomer Fahrzeuge ist weiterhin die fehlende Planungssicherheit für Hersteller. Klarere Abnehmerzahlen sind erforderlich, um hohe Investitionen in die Technologie zu rechtfertigen. Damit verbunden ist eine detaillierte Analyse der Wertschöpfungskette und -tiefe für die Dienstleistung autonomes Fahren im ÖPNV erforderlich (z. B. Technische Aufsicht, On-Demand-Buchungsplattform, Fahrzeugreinigung). Diese einzelnen Systemkomponenten können von unterschiedlichen Anbietern bereitgestellt werden. Zwischen den beteiligten Akteuren (etablierte und neue Marktteilnehmer) soll ausgehandelt werden, welche Verantwortlichkeiten und Aufgaben sie jeweils übernehmen.

b) Gezielte Förderung von langfristig und großflächig angelegten Modellregionen Angebots- und Nachfrageseite empfehlen, gezielt Modellregionen zu fördern, um belastbare Erfahrungswerte zu generieren, Vertrauen aufzubauen, die Wirtschaftlichkeit zu prüfen und die Technologie im realen Betrieb zu erproben. Dafür sind Fördermittel für den Aufbau weniger, aber leistungsfähiger Pilotprojekte bereitzustellen, ergänzt durch Investitionen aus dem privaten und öffentlichen Sektor. Die Projekte müssen langfristig und großflächig angelegt sein, um belastbare Erfahrungen zu sammeln und Standards zu entwickeln. Eine strategische

Kommunikation der Ergebnisse sollte die Übertragbarkeit in weitere Regionen unterstützen und gemeinsam genutzte Datenplattformen sollten entwickelt werden.

c) Bereitstellung von kurz- und langfristigen Förder-/Finanzmitteln für den ÖPNV

Insbesondere von Seiten der Nachfragenden wird es als erforderlich betrachtet, Förderprogramme für Anschubfinanzierungen zu etablieren. Außerdem sind langfristige Finanzierungsstrategien für den ÖPNV zu entwickeln und Mittel bereitzustellen, die Investitionssicherheit schaffen und eine nachhaltige Integration autonomer Fahrzeuge in den Regelbetrieb ermöglichen.

d) Klarheit bei der praktischen Umsetzung von Genehmigungsprozessen

Auf der Angebotsseite besteht ein deutlicher Bedarf an klaren, praxistauglichen Regelungen zur Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen für die Genehmigung autonomer Fahrzeugsysteme. Aktuell fehlen einheitliche Vorgaben, wie bestimmte Sicherheits- und Compliance-Anforderungen konkret nachzuweisen sind. Aufgrund dieser Lücke sind die Genehmigungsverfahren aktuell noch sehr langwierig, komplex und kostenintensiv.

e) Nutzung bestehender Arbeitsgruppen für Erarbeitung von Standards und Sicherheitsanforderungen

Die Nachfrageseite betont, dass standardisierte Schnittstellen eine zentrale Voraussetzung für die zuverlässige technische Umsetzung von Sicherheitsanforderungen bei Fahrzeugen mit autonomen Fahrfunktionen darstellen. Um diesen Bedarf zu adressieren, sollten bestehende Arbeitsgruppen ihre internationale Vernetzung weiter ausbauen und den Austausch mit relevanten Normungs- und Standardisierungsgremien intensivieren. Zugleich ist es wichtig, die erarbeiteten Inhalte, Methoden und Zwischenergebnisse stärker zu harmonisieren, um Doppelarbeiten zu vermeiden und ein konsistentes, weltweit anschlussfähiges Regelwerk zu schaffen. Dadurch können technologische Entwicklungen schneller in robuste, praxisorientierte Standards überführt werden, die sowohl Herstellern als auch Prüforganisationen mehr Planungssicherheit bieten.

f) Akzeptanzförderung durch Informationskampagnen und partizipative Formate

Angebot- und Nachfrageseite führen an, die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im ÖPNV erfordere ein ganzheitliches Vorgehen, das zukünftige Nutzende frühzeitig an die neue Technologie heranführt. Informationskampagnen und partizipative Ansätze sind entscheidend, um Bedenken zu adressieren und so insbesondere bei Personengruppen, die der Technologie eher abweisend gegenüber stehen, Vertrauen aufzubauen. Pilotprojekte in realen Umgebungen sollten ausgeweitet werden, um praktische Erfahrungen zu sammeln und weitere Erkenntnisse in der Akzeptanzforschung liefern. Darüber hinaus ist eine aktive Kommunikation

der gesellschaftlichen und ökologischen Vorteile entscheidend. Insbesondere bei der Sicherheit zeigen sich regelmäßig noch große Bedenken bei den Kunden. Zusätzlich sollten Aspekte wie die Reduktion von CO₂-Emissionen, die Verbesserung der Barrierefreiheit und die Verbesserung in Verfügbarkeit, Taktung und Zuverlässigkeit in den Vordergrund gestellt werden, um Akzeptanz und Unterstützung zu gewinnen.

Diese Empfehlungen markieren wesentliche Ansatzpunkte, um finanzielle, technische, organisatorische und soziale Voraussetzungen weiterzuentwickeln und damit den Übergang vom Pilotbetrieb hin zu einem breiten, systematischen Einsatz autonomer Mobilitätsangebote zu ermöglichen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- AMEISE (2020, 20. Februar): Aktuelles. Online verfügbar unter:
<https://ameise.wandelgesellschaft.de/front/> [12.12.2025]
- BERLINER VERKEHRSBETRIEBE (2025, 17. September): *Strategische Allianz für den ÖPNV der Zukunft.* Online verfügbar unter:
<https://www.bvg.de/de/unternehmen/medienportal/pressemitteilungen/2025-09-17-mou> [10.12.2025]
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR (2025, 17. Februar): *Automatisierte Testflotte auf Braunschweigs Straßen.* Online verfügbar unter:
<https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2025/013-wissing-foerderbescheid-automatisierte-testflotte.html> [10.12.2025]
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (o. D.): *Linie A01: Automatisiert fahrender Linienbus Monheim am Rhein.* Online verfügbar unter:
<https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Wettbewerb/Fragmente/innovationspreis-reallabore-linie-a01.html> [12.12.2025]
- BUSCH, Thomas, ARNDT, Karin, BLÖCHER, Peter, FORST, Peter, DZIALLAS, Michael, HELLER, Sebastian (2021): *Der verbundweite Nahverkehrsplan für die Region Frankfurt Rhein-Main.* Rhein-Main-Verkehrsbund GmbH Online verfügbar unter:
https://www.rmv.de/c/fileadmin/documents/PDFs/_RMV_DE/Der_RMV/Aufgaben_der_RMV_GmbH/Verbundweiter_Nahverkehrsplan/Regionaler_Nahverkehrsplan_RMV.pdf?utm [10.12.2025]
- DEUTSCHE BAHN (2025, 15. Mai): *Studie: Nutzen des ÖPNV ist drei Mal so hoch wie seine Kosten.* Online verfügbar unter:
https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Studie-Nutzen-des-OePNV-ist-drei-Mal-so-hoch-wie-seine-Kosten-13377014 [12.12.2025]

- DFKI GMBH (2025, 10. Juni): *New Mobility in Rural Regions - Applied Electric Mobility – Technology Concepts – Mobility effects*. Online verfügbar unter: <https://robotik.dfki-bremen.de/en/research/projects/new-mobility-in-rural-regions> [12.12.2025]
- FOLLMER, Robert, DUBERNET, Ilka, BÄUMER, Marcus, WAWRZYNIAK, Barbara (2025, 25. März): *MiD2023 Vortrag Regionale Ergebnisse – ein Überblick*. Berlin Online verfügbar unter: https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2023_Vortrag_regionaleErgebnisse.pdf [10.12.2025]
- FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, BEHÖRDE FÜR VERKEHR UND MOBILITÄTSWENDE (2023): *WIE SIND WIR MOBIL? heute & morgen STRATEGIE MOBILITÄTSWENDE*. Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Verkehr und Mobilitätswende Online verfügbar unter: <https://www.hamburg.de/resource/blob/1008402/b3adce278907c43e0d7f25d7f5960665/broschuere-zur-strategie-mobilitaetswende-data.pdf> [10.12.2025]
- GANGLUFF, Lucas (2025, 19. Februar): *Neues KI-Pilotprojekt: Düsseldorfer Rheinbahn testet selbstfahrende Busse*. Online verfügbar unter: <https://www.nrz.de/lokales/duesseldorf/article408341085/busse-mit-ki-pilot-bald-auf-duesseldorfs-strassen-unterwegs.html> [12.12.2025]
- HAMBURGER VERKEHRSVERBUND (o. D.): *Zahlen, Daten, Fakten*. Online verfügbar unter: <https://www.hvv.de/de/ueber-uns/der-hvv/zahlen-daten-fakten> [10.12.2025]
- HOCHSCHULE HEILBRONN (o. D.): *Shuttle2X: Sicherer Einsatz von automatisierten Shuttle-Fahrzeugen im städtischen Verkehr durch unterstützende Infrastruktur-Vernetzung*. Online verfügbar unter: <https://www.hs-heilbronn.de/de/Shuttle2X> [12.12.2025]
- IKM (2021, 26. August): Hanover Braunschweig Goettingen Wolfsburg Metropolitan Region. Online verfügbar unter: <https://deutsche-metropolregionen.org/metropolregion/hannover/?lang=en> [10.12.2025]
- IKM MONITORING (o. D.): *Absolutwerte*. Online verfügbar unter: https://www.ikm-monitoring.de/ikm_monitoring/Absolutwerte/ [10.12.2025]

- INFAS, DLR, IVT, INFAS 360 (2025): *Mobilität in Deutschland - MiD: Kurzbericht*. Bonn: Bundesministerium für Digitales und Verkehr Online verfügbar unter: https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2023_Kurzbericht.pdf [09.01.2026]
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, MOBILITÄTSREFERAT (o. D.): *2035 Die Mobilitätsstrategie der Stadt München*. Online verfügbar unter: https://cdn.muenchenunterwegs.de/live/static-content/2035_web_final.pdf [12.12.2025]
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, STADTVERWALTUNG (o. D.): *Bevölkerungsprognose des Referats für Stadtplanung*. Online verfügbar unter: <https://stadt.muenchen.de/infos/bevoelkerungsprognose.html> [12.12.2025]
- MAYRING, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. In: *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (1.). VS Verlag für Sozialwissenschaften Online verfügbar unter: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-531-92052-8_42 [12.12.2025]
- MAYRING, Philipp (2020): Qualitative Forschungsdesigns. In: *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (2., Bd. Band 2: Designs und Verfahren). Springer Wiesbaden Online verfügbar unter: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-26887-9> [12.12.2025]
- MDV (2025, 22. September): *Autonome Busse im Burgenlandkreis - Kommt der Bus im Burgenlandkreis bald ohne Fahrer?* Online verfügbar unter: <https://www.mdv.de/magazin/kommt-der-bus-im-burgenlandkreis-bald-ohne-fahrer> [12.12.2025]
- MDV (o. D.): *Mitteldeutscher Verkehrsverbund*. Online verfügbar unter: <https://www.mdv.de/> [12.12.2025]
- METROPOLREGION RHEIN-NECKAR (o. D.): *Mobilitätspakt Rhein-Neckar | Planungsregion Rhein-Neckar*. Online verfügbar unter: <https://planungsregion.m-r-n.com/mobilitaet-verkehr/mobilitaetspakt-rhein-neckar/> [12.12.2025]

METROPOLREGION.DE (o. D.): EnerKlim Klimawandelangepasste Energiewende in der Metropolregion Hannover Braunschweig Göttingen Wolfsburg. Online verfügbar unter: <https://metropolregion.de/mobilitaet/projekte/enerklim/> [10.12.2025]

MITTELDEUTSCHE ZEITUNG (2019, 28. Februar): *Ab 15. Dezember 2019: Mitteldeutscher Verkehrsverbund erweitert Gebiet.* Online verfügbar unter: <https://www.mz.de/mitteldeutschland/sachsen-anhalt/ab-15-dezember-2019-mitteldeutscher-verkehrsverbund-erweitert-gebiet-3133254> [12.12.2025]

MVG (o. D.): *Projekt MINGA.* Online verfügbar unter: <https://www.mvg.de/projekte/zukunftsprojekte/minga.html> [12.12.2025]

PROJEKT ABSOLUT (o. D.): *ABSOLUT II im Überblick.* Online verfügbar unter: <https://absolut-projekt.de/absolut-2> [12.12.2025]

REGIONALVERBAND RUHR, BEREICH PLANUNG, REFERAT MOBILITÄT (2021): *Regionales Mobilitätsentwicklungskonzept für die Metropole Ruhr - Endbericht.* Essen Online verfügbar unter: https://www.rvr.ruhr/fileadmin/user_upload/01_RVR_Home/02_Themen/Mobilitaet/Mobilitaetskonzepte/2021_Regionales_Mobilitaetsentwicklungskonzept_Endbericht.pdf [12.12.2025]

RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND SERVICEGESELLSCHAFT MBH (2021): *RMV Probefahrt in die Zukunft EASY Broschüre.* Online verfügbar unter: https://probefahrt-zukunft.de/RMV-EASY_Broschu%CC%88re.pdf?utm [10.12.2025]

SAS (o. D.): *Aktuelle Projekte: Landkreis Nordsachsen: FLASH - Autonomes Personentransportsystem.* Online verfügbar unter: <https://sachsen.de/de/projekte/aktuelle-projekte/flash-autonomes-personentransportsystem> [22.12.2025]

SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, BAUEN UND WOHNEN (2022): *Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2021 – 2040. Gesamtbericht.* Online verfügbar unter:

https://www.berlin.de/sen/sbw/_assets/stadtdaten/stadtwissen/bevoelkerungsprognose-2021-2040/bericht_bevoelkerungsprognose_2021-2040.pdf [10.12.2025]

STADT NÜRNBERG, WIRTSCHAFTS- UND WISSENSCHAFTSREFERAT (2025): *Wirtschaftsstandort Nürnberg Positionsbestimmung 2025*. Online verfügbar unter: https://www.nuernberg.de/imperia/md/wirtschaft/dokumente/publikationen/positionsbestimmung_2025_wirtschaftsstandort_nuernberg.pdf [12.12.2025]

UNIVERSITÄT BREMEN (2025a, 20. Juni): *Intelligent Safety for Autonomous Shuttles: Safety Control Center Project Celebrates Successful Completion*. Online verfügbar unter: <https://www.uni-bremen.de/en/university/university-communication-and-marketing/all-news/details/intelligent-safety-for-autonomous-shuttles-safety-control-center-project-celebrates-successful-completion-feiert-erfolgreichen-projektabschluss> [12.12.2025]

UNIVERSITÄT BREMEN (2025b, 24. November): *How Bremen Research Makes Autonomous Driving Safer*. Online verfügbar unter: <https://www.uni-bremen.de/en/university/university-communication-and-marketing/all-news/details/how-bremen-research-makes-autonomous-driving-safer> [12.12.2025]

ÜSTRA (o. D.): *albus - der autonome Linienbus in der Region Hannover*. Online verfügbar unter: URL: <https://www.uestra.de/aktuelles/foerderprojekte/albus/> [10.12.2025]

VAG (2023, 14. Juni): *15 Jahre automatischer U-Bahn-Betrieb in Nürnberg: sicher, zuverlässig und pünktlich unterwegs – Weltweit rund 100 automatische U-Bahn-Linien – Aktuell hat die VAG die Optimierung des Energieverbrauchs im Visier*. Online verfügbar unter: <https://www.vag.de/presse/aktuelle/15-jahre-automatischer-u-bahn-betrieb-in-nuernberg-sicher-zuverlaessig-und-puenktlich-unterwegs-weltweit-rund-100-automatische-u-bahn-linien-aktuell-hat-die-vag-die-optimierung-des-energieverbrauchs-im-visier> [12.12.2025]

- VDV (2025): *Positionspapier / Der ÖPNV der Zukunft fährt autonom - Strategie zur Förderung und Umsetzung des autonomen Fahrens im ÖPNV auf der Straße*. Köln: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. Online verfügbar unter: <https://www.vdv.de/vdv-positionspapier-autonomes-fahren-im-oepnv.pdf> [12.12.2025]
- VERBAND REGION STUTT GART (2025, 17. Juli): *Mobilität in der Region Stuttgart bleibt autozentriert – trotz mehr Fußverkehr*. Online verfügbar unter: <https://www.region-stuttgart.org/de/informationen-downloads/news/detail/mobilitaet-in-der-region-stuttgart-bleibt-autozentriert-trotz-mehr-fussverkehr/> [12.12.2025]
- VGN (2024): *VERKEHRSENTWICKLUNGSBERICHT 2022*. Online verfügbar unter: <https://www.vgn.de/ueber-uns/berichte/vgn-verkehrsentwicklungsbericht-2022.pdf> [12.12.2025]
- VGN, VERKEHRSPLANUNG (2022): *Regionaler Nahverkehrsplan Verkehrsverbund Großraum Nürnberg*. Online verfügbar unter: <https://www.vgn.de/planungsprojekte/rnvp/regionaler-nahverkehrsplan.pdf> [12.12.2025]
- VHH MOBILITY (o. D.): *ahoi Hamburg*. Online verfügbar unter: <https://vhh-mobility.de/hop/ahoi/> [10.12.2025]
- VON DEM BERGE, Benjamin (2020): Teilstandardisierte Experteninterviews. In: *Fortgeschrittene Analyseverfahren in den Sozialwissenschaften - Ein Überblick* (1.). Springer VS Wiesbaden Online verfügbar unter: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-30237-5> [12.12.2025]
- VRN (o. D.): *Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH*. Online verfügbar unter: <https://www.vrn.de/> [12.12.2025]
- VRR (o. D.): *VRR-Nahverkehrsplan 2025*. Online verfügbar unter: <https://nahverkehrsplan.vrr.de/> [12.12.2025]

WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG REGION STUTTGART GMBH (2017): *Daten und Fakten*. Online verfügbar

unter: <https://nachhaltige-mobilitaet.region-stuttgart.de/mobilitaetsmanagement/daten-und-fakten/> [12.12.2025]

ZVBN (2023): *Nahverkehrsplan 2023 - 2027 - Teil C Sicherheit, Entwicklung und Verbesserung*

des ÖPNV. Online verfügbar unter: https://www.zvbn.de/media/data/NVP_23-27_Teil-C_230308.pdf?utm [12.12.2025]

9 ANHANG

Anhang 1:	Interview-Leitfaden OEMs (deutsch)	92
Anhang 2:	Interview-Leitfaden OEMs (englisch)	94
Anhang 3:	Interview-Leitfaden AD-Stack-Entwickelnde (deutsch)	96
Anhang 4:	Interview-Leitfaden AD-Stack-Entwickelnde (englisch)	99
Anhang 5:	Interview-Leitfaden Ridepooling-Anbietende	101
Anhang 6:	Interview-Leitfaden ÖPNV (deutsch)	103
Anhang 7:	Interview-Leitfaden ÖPNV in anderen europäischen Ländern (englisch)	106

Anhang 1: Interview-Leitfaden OEMs (deutsch)

Potenzialstudie autonome Fahrzeuge im ÖPNV im Rahmen des EU-Förderprojekts FAST

Interview-Leitfragen für Personen aus der Fahrzeugentwicklung

Hinweise:

- Fokus des Interviews:
 - Betrachtet werden sollen autonom fahrende Fahrzeuge zur Personenbeförderung im Straßenverkehr (nicht Schiene).
 - Schwerpunkt liegt auf der zu erwartenden Nachfrage an Fahrzeugen, ausgehend davon, dass technologische Reife und Genehmigungsfähigkeit für den Regelbetrieb in den nächsten zwei Jahren erreicht werden.
- Angabe von Antwortkategorien (feste Auswahl) und freien Antwortmöglichkeiten als thematische Richtung, auf welche die Frage abzielt:
 - Antwortkategorien sind feste Antwortoptionen, von denen eine oder mehrere auszuwählen sind.
 - Antwortmöglichkeiten sind als Hinweise bzw. mögliche Antworten zu verstehen.

Position, Erfahrung im Bereich AF

- Welche Zuständigkeiten haben Sie im Bereich Fahrzeugentwicklung?
- Welche Erfahrungen oder Projektbeteiligungen haben Sie im Bereich autonomer Fahrzeuge (AF)?

- Wie würden Sie die strategische Relevanz des autonomen Fahrens für Ihr Unternehmen/Ihre Organisation einschätzen? → *Antwortmöglichkeiten z. B. neue Geschäftsfelder, USP*

Produktion und prognostizierte Nachfrage

- Ist die Produktion von autonomen Fahrzeugen fester Bestandteil der Produktionspalette? → *Antwortkategorien: ja, geplant; nein; unklar*
- Welche Fahrzeugklassen und Aufbauarten sind in der Produktion geplant? → *Antwortkategorien: Standard-Linien-Bus, Midibus, Minibus Kleinbus/Transporter, Pkw, andere (bitte angeben)*
- Welche Antriebsarten stehen bei der Produktion im Vordergrund? → *Antwortkategorien: Elektro, Hybrid, Wasserstoff, Diesel, Benzin, sonstiges*
- Denken Sie es wird bei dem klassischen Finanzierungs- und Geschäftsmodell bleiben: Das Verkehrsunternehmen kauft Fahrzeuge und betreibt diese? Oder denken Sie, dass es Abweichungen geben wird und wenn ja warum? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Leasing, Kauf, Miete, TA durch AD-Stack-Anbietende, Betrieb durch MaaS-Anbietende, White Lable*
- Mit welcher Nachfrage rechnen Sie im Zeitraum 2030-40 in Europa und insbesondere in Deutschland? → *Antwortmöglichkeiten z. B. keine Nachfrage, Anzahl Fahrzeuge oder prozentualer Anteil der Flotte, Einschätzung aktuell nicht möglich, ...*
- Welche Mindestnachfrage ist notwendig, damit die Serienproduktion für Ihr Unternehmen wirtschaftlich tragfähig wird? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Anzahl Fahrzeuge, keine Aussage möglich*
- Wie hoch wären Ihre Produktionskapazitäten bei gesicherter Abnahme und Finanzierung autonomer Fahrzeuge mittel- bis langfristig? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Anzahl Fahrzeuge pro Modell pro Jahr*

Rahmenbedingungen und Hürden

- Wann rechnen Sie mit der Erteilung von einer Typzulassung für Ihr Fahrzeug-Modell, sodass ein Betriebsbereich gemäß AFGBV beantragt und genehmigt werden kann? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Angabe Kalenderjahr*
- Welche konkreten Maßnahmen sind in Ihrem Unternehmen sowie von extern notwendig, um den flächendeckenden Einsatz im Regelbetrieb zu beschleunigen? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Abnahmezahlen, Langzeitverträge, Innovationspartnerschaften, vereinfachte Prozesse*

- Welche Hürden bestehen aktuell in Ihrem Unternehmen bei der Entwicklung und Markteinführung autonomer Fahrzeuge? → Antwortmöglichkeiten z. B. fehlende Nachfragegarantien, mangelnde Interoperabilität mit ÖPNV-Systemen, hohe Anforderung aus ÖPNV-Branche
- Wie bewerten Sie die Zusammenarbeit mit öffentlichen Akteuren (z. B. Verkehrsunternehmen, Kommunen, Ministerien) sowie in Pilotprojekten? → *Antwortmöglichkeiten z. B. gute Erfahrungen mit Pilotprojekten, Bedarf an klareren Zuständigkeiten, unterschiedliche Erwartungshorizonte, Kommunikationsdefizite, hohe Komplexität der Ausschreibungen, positive Erfahrungen mit kommunalen Partnern*

Abschluss

- Gibt es Themen, die wir noch nicht angesprochen haben, die Sie aber für zentral halten?

Anhang 2: Interview-Leitfaden OEMs (englisch)

Potential Study on Autonomous Vehicles in Public Transport

Interview Questions for OEM

Notes:

Focus of the interview:

- The focus is on autonomous vehicles for passenger transport on roads (not rail).
- Emphasis is placed on the expected demand for vehicles, assuming technological maturity and regulatory approval for regular operation will be achieved within the next two years.

Response categories (fixed choices) and open response options are provided as guidance:

- Response categories are fixed answer options, one or more of which can be selected.
- Response options are to be understood as suggestions or possible answers.

Position & Experience in Autonomous Driving

- What responsibilities do you have in the field of vehicle development?
- What experience or project involvement do you have in the field of autonomous vehicles?

- How do you assess the strategic importance of autonomous driving functions for your company/organization? → *Response options: new business areas, technological leadership, competitive advantage (USP), low relevance*

Production & Demand (from the perspective of software development)

- Is the production of autonomous vehicles a part of your production portfolio? → *Response categories: yes, planned; no; unclear*
- What vehicle categories and body designs are planned for production? → *Response categories: standard transit bus, midibus, minibus, small bus/van, passenger car, other (please specify)*
- Which types of powertrains are the main focus in your production? → *Response categories: Electric, Hybrid, Hydrogen, Diesel, Other*
- Do you think the traditional financing and business model will remain: the transport company purchases and operates the vehicles? Or do you expect deviations, and if so, why? → *Response options: leasing, rental, technical operation by AD stack providers, operation by MaaS providers, white label services*
- What market demand do you expect for vehicles with autonomous driving functions in Europe and especially in Germany between 2030 and 2040? → *Response options: no demand, number of vehicles, percentage share, currently not assessable*
- What is the minimum demand required for series production to be economically viable for your company? → *Response options: number of vehicles, no statement possible*
- What would your development capacities be with secured funding and purchase commitments? → *Response options: number of vehicles per year*

Framework Conditions & Barriers

- When do you expect type approval to be granted for your vehicle model (under German or EU law), so that an operational area can be approved? → *Response options: specify calendar year*
- What internal and external measures are necessary to accelerate the integration of AD vehicles into regular operations? → *Response options: purchase volumes, long-term contracts, open interfaces, innovation partnerships, regulatory adjustments, increased funding for public transport*

- What barriers currently exist in the development and market introduction of your AD software? → *Response options: lack of demand guarantees, insufficient interoperability, high requirements from public transport or fleet operations*
- How do you evaluate collaboration with public stakeholders (e.g., transport companies, municipalities, ministries) and in pilot projects? → *Response options: good experiences, need for clearer responsibilities, differing expectations, communication deficits, high complexity of tenders*

Conclusion

- Are there any topics we haven't addressed that you consider essential for the scope of the study?

Anhang 3: Interview-Leitfaden AD-Stack-Entwickelnde (deutsch)

Potenzialstudie autonome Fahrzeuge im ÖPNV im Rahmen des EU-Förderprojekts FAST

Interview-Leitfragen für Personen aus der AD-Stack-Entwicklung

Hinweise:

- Fokus des Interviews:
 - Betrachtet werden sollen autonom fahrende Fahrzeuge zur Personenbeförderung im Straßenverkehr (nicht Schiene).
 - Schwerpunkt liegt auf der zu erwartenden Nachfrage an Fahrzeugen, ausgehend davon, dass technologische Reife und Genehmigungsfähigkeit für den Regelbetrieb in den nächsten zwei Jahren erreicht werden.
- Angabe von Antwortkategorien (feste Auswahl) und freien Antwortmöglichkeiten als thematische Richtung, auf welche die Frage abzielt:
 - Antwortkategorien sind feste Antwortoptionen, von denen eine oder mehrere auszuwählen sind.
 - Antwortmöglichkeiten sind als Hinweise bzw. mögliche Antworten zu verstehen.

Position & Erfahrung im Bereich AD-Stack / Autonomes Fahren

- Welche Aufgaben und Verantwortlichkeiten haben Sie in der Entwicklung von AD-Stacks?
- Welche konkreten Erfahrungen oder Projektbeteiligungen haben Sie in der Entwicklung von Softwaremodulen für autonomes Fahren (z. B. Perception, Planning, Control)?
- Wie schätzen Sie die strategische Bedeutung autonomer Fahrfunktionen für Ihr Unternehmen/Ihre Organisation ein? → *Antwortmöglichkeiten z. B. neue Geschäftsfelder, technologische Führerschaft, Wettbewerbsvorteil (USP), geringe Relevanz*

Produktion & Nachfrage (aus Sicht der Softwareentwicklung)

- Ist die Integration von AD-Stacks in Serienfahrzeuge bereits Bestandteil Ihrer Entwicklungsstrategie? → *Antwortkategorien: ja, geplant; nein; unklar*
- Für welche Fahrzeugklassen entwickeln Sie AD-Softwarelösungen? → *Antwortkategorien: Standard-Linien-Bus, Midibus, Minibus, Kleinbus/Transporter, Pkw, andere (bitte angeben)*
- Denken Sie es wird bei dem klassischen Finanzierungs- und Geschäftsmodell bleiben: Das Verkehrsunternehmen kauft Fahrzeuge und betreibt diese? Oder denken Sie, dass es Abweichungen geben wird und wenn ja warum? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Leasing, Kauf, Miete, TA durch AD-Stack-Anbietende, Betrieb durch MaaS-Anbietende, White Label*
- Mit welcher Marktnachfrage für Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion rechnen Sie im Zeitraum 2030-40 in Europa und insbesondere in Deutschland? → *Antwortmöglichkeiten z. B. keine Nachfrage, Anzahl Fahrzeuge, prozentualer Anteil, Einschätzung aktuell nicht möglich*
- Welche Mindestnachfrage wäre notwendig, damit sich die Weiterentwicklung und Serienintegration Ihrer AD-Software wirtschaftlich lohnt? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Anzahl Fahrzeuge, keine Aussage möglich*
- Wie hoch wären Ihre Entwicklungskapazitäten bei gesicherter Finanzierung und Abnahme? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Anzahl Projekte pro Jahr, Anzahl unterstützter Fahrzeugmodelle*

Rahmenbedingungen & Hürden

- Wann rechnen Sie mit der Erteilung von einer Typzulassung für ein Fahrzeug-Modell mit Ihrem AD-Stack (nach deutschem oder EU-Recht), sodass ein Betriebsbereich beantragt und genehmigt werden kann? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Angabe Kalenderjahr*
- Welcher Betreuungsschlüssel wird mit Ihrem System in der Technischen Aufsicht erforderlich sein? → *Antwortmöglichkeiten z. B. 1:5 bei Linienverkehren*
- Welche Maßnahmen sind intern und extern notwendig, um die Integration Ihrer AD-Software in den Regelbetrieb zu beschleunigen? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Abnahmezahlen, Langzeitverträge, offene Schnittstellen, Innovationspartnerschaften, Anpassung der Regulatorik, Mittelerhöhung für ÖPNV-Finanzierung*
- Welche Hürden bestehen aktuell bei der Entwicklung und Markteinführung Ihrer AD-Software? → *Antwortmöglichkeiten z. B. fehlende Nachfragegarantien, mangelnde Interoperabilität, hohe Anforderungen aus ÖPNV oder Flottenbetrieb*
- Wie bewerten Sie die Zusammenarbeit mit öffentlichen Akteuren (z. B. Verkehrsunternehmen, Kommunen, Ministerien) sowie in Pilotprojekten? → *Antwortmöglichkeiten z. B. gute Erfahrungen, Bedarf an klareren Zuständigkeiten, unterschiedliche Erwartungshorizonte, Kommunikationsdefizite, hohe Komplexität der Ausschreibungen*

Abschluss

- Gibt es Themen, die wir noch nicht angesprochen haben, die Sie aber für zentral halten?

Anhang 4: Interview-Leitfaden AD-Stack-Entwickelnde (englisch)

Potential Study on Autonomous Vehicles in Public Transport

Interview Questions for AD Stack Developers

Notes:

Focus of the interview:

- The focus is on autonomous vehicles for passenger transport on roads (not rail).
- Emphasis is placed on the expected demand for vehicles, assuming technological maturity and regulatory approval for regular operation will be achieved within the next two years.

Response categories (fixed choices) and open response options are provided as guidance:

- Response categories are fixed answer options, one or more of which can be selected.
- Response options are to be understood as suggestions or possible answers.

Position & Experience in Autonomous Driving

- What are your tasks and responsibilities in the development of your company's AD stack?
- What specific experience or project involvement do you have in developing software modules for autonomous driving (e.g., perception, planning, control)?
- How do you assess the strategic importance of autonomous driving functions for your *company/organization*? → *Response options: new business areas, technological leadership, competitive advantage (USP), low relevance*

Production & Demand (from the perspective of software development)

- Is the integration of AD stacks into series production vehicles already part of your development strategy? → *Response categories: yes, planned; no; unclear*
- For which vehicle classes are you developing AD software solutions? → *Response categories: standard transit bus, midibus, minibus, small bus/van, passenger car, other (please specify)*

- Do you think the traditional financing and business model will remain: the transport company purchases and operates the vehicles? Or do you expect deviations, and if so, why? → *Response options: leasing, rental, technical operation by AD stack providers, operation by MaaS providers, white label services*
- What market demand do you expect for vehicles with autonomous driving functions in Europe and especially in Germany between 2030 and 2040? → *Response options: no demand, number of vehicles, percentage share, currently not assessable*
- What minimum demand would be necessary for the continued development and series integration of your AD software to be economically viable? → *Response options: number of vehicles, no statement possible*
- What would your development capacities be with secured funding and purchase commitments? → *Response options: number of operational domains/projects per year, number of supported vehicle models*

Framework Conditions & Barriers

- When do you expect type approval to be granted for a vehicle model with your AD stack (under German or EU law), so that an operational area can be approved? → *Response options: specify calendar year*
- What supervision ratio is required with your system for „Technische Aufsicht“ in Germany? → *Response options: 1:5 for regular/scheduled services*
- What internal and external measures are necessary to accelerate the integration of your AD software into regular operations? → *Response options: purchase volumes, long-term contracts, open interfaces, innovation partnerships, regulatory adjustments, increased funding for public transport*
- What barriers currently exist in the development and market introduction of your AD software? → *Response options: lack of demand guarantees, insufficient interoperability, high requirements from public transport or fleet operations*
- How do you evaluate collaboration with public stakeholders (e.g., transport companies, municipalities, ministries) and in pilot projects? → *Response options: good experiences, need for clearer responsibilities, differing expectations, communication deficits, high complexity of tenders*

Conclusion

- Are there any topics we haven't addressed that you consider essential for the scope of the study?

Anhang 5: Interview-Leitfaden Ridepooling-Anbietende

Potenzialstudie autonome Fahrzeuge im ÖPNV im Rahmen des EU-Förderprojekts FAST

Interview-Leitfragen für Ridepooling-Anbietende

Hinweise:

- Fokus des Interviews:
 - Betrachtet werden sollen autonom fahrende Fahrzeuge zur Personenbeförderung im Straßenverkehr (nicht Schiene).
 - Schwerpunkt liegt auf der zu erwartenden Nachfrage an Fahrzeugen, ausgehend davon, dass technologische Reife und Genehmigungsfähigkeit für den Regelbetrieb in den nächsten zwei Jahren erreicht werden.
- Angabe von Antwortkategorien (feste Auswahl) und freien Antwortmöglichkeiten als thematische Richtung, auf welche die Frage abzielt:
 - Antwortkategorien sind feste Antwortoptionen, von denen eine oder mehrere auszuwählen sind.
 - Antwortmöglichkeiten sind als Hinweise bzw. mögliche Antworten zu verstehen.

Position & Erfahrung im Bereich Ridepooling / Autonomes Fahren

- Welche Aufgaben und Verantwortlichkeiten haben Sie, welche für den Schwerpunkt der Potenzialstudie relevant sind?
- Welche Erfahrungen haben Sie zu autonomen Fahrzeugen (AF)?
- Wie würden Sie die strategische Relevanz autonomer Fahrzeuge für Ihr Unternehmen/Ihre Organisation einschätzen? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Lösung für Personalmangel, Ansatz für Angebotsausbau, erhöhte Beförderungsquoten, neue Geschäftsfelder*

Bedarf und Einsatzpotenziale

- Denken Sie es wird bei dem klassischen Finanzierungs- und Geschäftsmodell bleiben: Das Verkehrsunternehmen kauft Fahrzeuge und betreibt diese? Oder denken Sie, dass es Abweichungen geben wird und wenn ja warum?
→ *Antwortmöglichkeiten z. B. Leasing, Kauf, Miete, TA durch AD-Stack-Anbietende, Betrieb durch MaaS-Anbietende, White Lable*
- In welchen Betriebsformen sehen Sie das größte Potenzial für den Einsatz von AF? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Linienverkehre, On-Demand-Verkehre, Stadtrand, Erschließungsaufgaben*

Produktion & Nachfrage

- Ist der Einsatz von AF aktuell fester Bestandteil Ihrer Strategie? → *Antwortkategorien: ja, nein, unklar*
- Mit welcher Marktnachfrage für Fahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion rechnen Sie im Zeitraum 2030-40 in Europa und insbesondere in Deutschland?
→ *Antwortmöglichkeiten z. B. keine Nachfrage, Anzahl Fahrzeuge, prozentualer Anteil, Einschätzung aktuell nicht möglich*
- Ist die Integration von AD-Stacks in Serienfahrzeuge bereits Bestandteil Ihrer Entwicklungsstrategie?
→ *Antwortkategorien: ja, geplant; nein; unklar*

Rahmenbedingungen & Hürden

- Wann rechnen Sie mit der Erteilung von einer Typzulassung für Ihr Fahrzeug-Modell (nach deutschem oder EU-Recht), sodass ein Betriebsbereich beantragt und genehmigt werden kann?
→ *Antwortmöglichkeiten z. B. Angabe Kalenderjahr*
- Welcher Betreuungsschlüssel wird mit Ihrem System in der Technischen Aufsicht erforderlich sein? → *Antwortmöglichkeiten z. B. 1:5*
- Welche konkreten Maßnahmen sind in Ihrem Unternehmen sowie von extern notwendig, um autonome Mobilität erfolgreich zu gestalten und damit den flächendeckenden Einsatz von AF im Regelbetrieb zu beschleunigen?
→ *Antwortmöglichkeiten z. B. Abnahmezahlen, Langzeitverträge, Innovationspartnerschaften, vereinfachte Prozesse*

Wie bewerten Sie die Zusammenarbeit mit öffentlichen Akteuren (z. B. Verkehrsunternehmen, Kommunen, Ministerien) sowie in Pilotprojekten?
→ Antwortmöglichkeiten z. B. gute Erfahrungen, Bedarf an klareren Zuständigkeiten, unterschiedliche Erwartungshorizonte, Kommunikationsdefizite, hohe Komplexität der Ausschreibungen

Abschluss

- Gibt es Themen, die wir noch nicht angesprochen haben, die Sie aber für zentral halten?

Anhang 6: Interview-Leitfaden ÖPNV (deutsch)

Potenzialstudie autonome Fahrzeuge im ÖPNV im Rahmen des EU-Förderprojekts FAST

Interview-Leitfragen für Personen aus der ÖPNV-Planung

Hinweise:

- Fokus des Interviews:
 - Betrachtet werden sollen autonom fahrende Fahrzeuge zur Personenbeförderung im Straßenverkehr (nicht Schiene).
 - Schwerpunkt liegt auf der zu erwartenden Nachfrage an Fahrzeugen, ausgehend davon, dass technologische Reife und Genehmigungsfähigkeit für den Regelbetrieb in den nächsten zwei Jahren erreicht werden.
- Angabe von Antwortkategorien (feste Auswahl) und freien Antwortmöglichkeiten als thematische Richtung, auf welche die Frage abzielt:
 - Antwortkategorien sind feste Antwortoptionen, von denen eine oder mehrere auszuwählen sind.
 - Antwortmöglichkeiten sind als Hinweise bzw. mögliche Antworten zu verstehen.

Position, Erfahrung im Bereich AF

- Haben Sie Zuständigkeiten im Rahmen der Fahrzeugbeschaffung und wenn ja, welche?
- Welche Erfahrungen haben Sie zu autonomen Fahrzeugen (AF)?
- Wie würden Sie die strategische Relevanz autonomer Fahrzeuge für Ihre Organisation bzw. die Verkehrsunternehmen in Ihrem Verbund einschätzen? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Lösung für Personalmangel, Ansatz für Angebotsausbau, erhöhte Beförderungsquoten, neue Geschäftsfelder*

Bedarf und Einsatzpotenziale

- Denken Sie es wird bei dem klassischen Finanzierungs- und Geschäftsmodell bleiben: Das Verkehrsunternehmen kauft Fahrzeuge und betreibt diese? Oder denken Sie, dass es Abweichungen geben wird und wenn ja warum? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Leasing, Kauf, Miete, TA durch AD-Stack-Anbietende, Betrieb durch MaaS-Anbietende, White Lable*
- Wie viele finanzielle Mittel sind allgemein für die Beschaffung von neuen Fahrzeugen im Zeitraum 2030-40 eingeplant? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Angabe in Euro pro Zeitraum, andere Beschaffungszeiten, nicht vorgesehen, noch nicht geplant, Planungsunklarheiten*
- Welche Antriebsarten sind allgemein bei der Anschaffung von neuen Fahrzeugen vorgesehen? → *Antwortkategorien: Elektro, Hybrid, Wasserstoff, Diesel, Benzin, keine Planungen*
- Ist die Beschaffung von autonomen Fahrzeugen aktuell fester Bestandteil der geplanten Fahrzeugbeschaffung? → *Antwortkategorien: ja, nein, unklar*
- Wie schätzen Sie den mittelfristigen Bedarf (Zeithorizont 2030-40) an autonomen Fahrzeugen in Ihrem Verbundgebiet ein? → *Antwortmöglichkeiten z. B. kein Bedarf, Anzahl Fahrzeuge oder prozentualer Anteil der Flotte, Einschätzung aktuell nicht möglich, ...*
- In welchen Betriebsformen sehen Sie das größte Potenzial für den Einsatz von AF? → *Antwortmöglichkeiten z. B. Linienverkehre, On-Demand-Verkehre, Stadtrand, Erschließungsaufgaben*
- Welche Fahrzeugklassen, -aufbauarten autonom fahrender Fahrzeuge werden von den Betreibenden im ÖPNV gebraucht? → *Antwortkategorien: Standard-Linien-Bus, Midibus, Minibus, Kleinbus/Transporter, Pkw, andere (bitte angeben)*

Rahmenbedingungen und Hürden

- Welche konkreten Maßnahmen sind in den Verkehrsunternehmen sowie von extern notwendig, um autonome Mobilität erfolgreich zu gestalten und damit den flächendeckenden Einsatz im Regelbetrieb zu beschleunigen? → *Antwortmöglichkeiten bitte unabhängig von aktuell aufgrund der technologischen Reife fehlender Fahrzeugverfügbarkeit wählen, z. B. Anschubfinanzierung, Transformationsstrategie, Förderung der Fahrzeugbeschaffung, Integration in Nahverkehrspläne, Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen, Kooperation mit anderen Organisationen, Klärung der Aufgaben und Rollen der operativ beteiligten Organisationen*
- Welche Formen der Förderung oder Unterstützung von Seiten der öffentlichen Hand sind aus Ihrer Sicht am hilfreichsten für den ÖPNV, um autonome Fahrzeuge in den Regelbetrieb der Verkehrsangebote zu integrieren? → *Antwortmöglichkeiten z. B. strategische Allianz zwischen ÖPNV, Industrie und Politik; Anpassung der Förderlogik (Kombination aus eigenwirtschaftlichen Investitionen und gezielter staatlicher Unterstützung), Förderung F&E, staatl. gesicherte Abnahmezahlen für Hersteller, subventionierte Langzeitverträge*
- Welche Hürden gibt es in Ihrem Verbundgebiet bei der Integration von autonomer Mobilität? → *Antwortmöglichkeiten z. B. fehlende Strategie, beschränkte finanzielle Mittel, Überblick über die Investitionskosten, Haftungsfragen, fehlende Infrastruktur, Koordination im Verbund, uneinheitliche Interessen*

Abschluss

- Gibt es Themen, die wir noch nicht angesprochen haben, die Sie aber für zentral halten?

Anhang 7: Interview-Leitfaden ÖPNV in anderen europäischen Ländern (englisch)

Potential Study on Autonomous Vehicles in Public Transport

Interview Questions for Public Transport Stakeholders

Notes:

Focus of the interview:

- The focus is on autonomous vehicles for passenger transport on roads (not rail).
- Emphasis is placed on the expected demand for vehicles, assuming technological maturity and regulatory approval for regular operation will be achieved within the next two years.

Response categories (fixed choices) and open response options are provided as guidance:

- Response categories are fixed answer options, one or more of which can be selected.
- Response options are to be understood as suggestions or possible answers.

Position & Experience in Autonomous Driving

- Do you have any responsibilities related to vehicle procurement? If so, what are they?
- What experience do you have with autonomous vehicles?
- How do you assess the strategic importance of autonomous driving functions for your company/organization? → *Response options: new business areas, technological leadership, competitive advantage (USP), low relevance*

Demand and deployment potential

- In your country, is the conventional financing and business model characterized by transport operators purchasing and directly operating vehicles? In the context of autonomous vehicles, do you anticipate that this model will persist, or do you expect deviations? → *Response options: leasing, purchase, rental, technical supervision by AD-stack providers, operation by MaaS providers, white label*
- How much funding is generally planned for the procurement of new vehicles in the period 2030–2040? → *Response options: amount in your currency per period, different procurement timelines, not planned, not yet planned, planning uncertainties*

- Which types of powertrains are generally planned for the acquisition of new vehicles?
→ *Response categories: Electric, Hybrid, Hydrogen, Diesel, Other*
- Are autonomous vehicles currently a fixed part of the planned vehicle acquisition? →
Response categories: yes, no, unclear
- How do you assess the demand (time horizon 2030-2040) for autonomous vehicles in your region/area? → *Response options: no demand, number of vehicles, percentage share, currently not assessable*
- In which operational modes do you see the greatest potential for autonomous vehicles? → *Response options: e. g. scheduled/line services, on-demand services, suburban areas, network expansion tasks*
- What vehicle categories and body designs are needed for PTOs? → *Response categories: standard transit bus, midibus (M2), minibus (M2), small bus/van (M1), passenger car (M1), other (please specify)*

Framework conditions and barriers

- What specific measures are required within transport companies and by external stakeholders to successfully implement autonomous mobility and accelerate its widespread deployment in regular operations? → *Response options: funding, implementation into strategies for mobility/transport development, adaptation of legal and regulatory frameworks, cooperation with other organizations, clarification of the tasks and roles of the operational stakeholders*
- Which forms of public funding or support do you consider most helpful for public transport in order to integrate autonomous vehicles into regular transport operations?
→ *Response options: e. g. strategic alliances between public transport operators, industry, and policymakers; adjustment of funding logic; support for research and development; government-backed guaranteed purchase volumes for manufacturers; subsidized long-term contracts*
- What barriers currently exist in your organization? → *Response options: Lack of strategy, limited financial resources, overview of investment costs, liability issues, insufficient infrastructure, conflicting interests*

Conclusion

- Are there any topics we haven't addressed that you consider essential for the scope of the study?

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Verkehr und Mobilitätswende
Alter Steinweg 4, 20459 Hamburg

Web: www.fast-hamburg.de
E-Mail: fast@its-mobility.de

FAST Hamburg wird durch das Förderprogramm ELENA PDS des InvestEU Advisory Hub der Europäischen Union kofinanziert.

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den AutorInnen. Sie gibt nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Union wieder. Weder die Europäische Investitionsbank noch die Europäische Kommission übernehmen Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.