

Autonomes Fahren

Schlüssel zur Mobilität von Morgen

Studie



Impressum



Auftraggeber

DB Regio AG
Europa-Allee 70-76
60486 Frankfurt am Main

Ansprechpartner:
Thomas Drewes, Leiter Autonomes Fahren DB Regio Straße
E-Mail: thomas.drewes@deutschebahn.com

Projektteam:
Antonia Lorenz
Patrick Reckfort

Auftragnehmer

ioki GmbH
An der Welle 3
60322 Frankfurt am Main

Ansprechpartner:
Dr. Johannes Illenberger
Steffen Wehner

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Verkehrswesen
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

Ansprechpartner:
Prof. Dr.-Ing. Martin Kagerbauer
Jan Vallee

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Institut für Verkehrsforschung
Linder Höhe
51147 Köln

Ansprechpartner:
Dr. Kerstin Stark
Dr. Ariane Kehlbacher

Prognos AG Berlin
Goethestraße 85
10623 Berlin

Ansprechpartner:
Sven Altenburg

Erstellungszeitraum

September 2024 – Dezember 2025

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Motivation und Zielsetzung	6
Studienbeirat	8
Autonomes Fahren: Eine Einordnung	11
Herausforderungen bei der Marktentwicklung in Deutschland	13
Verkehrswirtschaftliches Potenzial des autonomen Fahrens im ÖPNV	15
Methodisches Vorgehen	18
Verkehrsnachfrage	20
Mobilitätsangebot	21
Verkehrsanalyse	22
Analyse der Effekte auf Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft	26
Szenarien und Ergebnisse	28
Das Basis-Szenario	29
Beschreibung	29
Ergebnisse	34
Bewertung und Einordnung	41
Das Wettbewerb-Szenario	42
Beschreibung	42
Ergebnisse	47
Bewertung und Einordnung	57
Das Daseinsvorsorge-Szenario	58
Beschreibung	58
Ergebnisse	69
Bewertung und Einordnung	87
Vergleich der Szenarien	88
Entwicklung der Angebotsqualität	88
Entwicklung des Verkehrs	92
Entwicklung des ÖPNV	98
Kostenentwicklung des Mobilitätssystems	99
Effekte auf Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft	102
Ökonomische Effekte	102
Ökologische Effekte	109
Gesellschaftliche Effekte	112
Fazit und Ausblick	119
Abbildungsverzeichnis	122
Literatur und Quellenverzeichnis	127

Vorwort

Autonomes Fahren galt lange als Vision – heute ist es Realität. In den USA und China sind autonome Fahrzeugflotten bereits fahrerlos und als kommerzielle Angebote im regulären Verkehr für Kunden buchbar. Auch in Deutschland nimmt die Entwicklung deutlich an Fahrt auf: Der gesetzliche Rahmen für autonomes Fahren wurde geschaffen. Erste Projekte erproben die Technologie mit Testkunden für den Regelverkehr auf öffentlichen Straßen. Zudem haben die großen Ride-Hailing-Plattformen bereits angekündigt, ab 2026 erste autonome Verkehre auch in Deutschland einzuführen. Autonomes Fahren wird damit in den kommenden Jahren auch Einzug in das Mobilitätsangebot in Deutschland halten.

Wie frühere Mobilitätsrevolutionen – etwa der Übergang von der Pferdekutsche zum Automobil – wird auch autonomes Fahren unsere Lebensweise verändern. Es hat das Potenzial, Stadt- und Verkehrsstrukturen, Arbeitsmärkte und das Mobilitätsverhalten zu beeinflussen. Umso wichtiger ist es, diesen Wandel aktiv und vorausschauend zu gestalten. Denn Mobilität ist weit mehr als reine Fortbewegung: Sie ist Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe, wirtschaftliche Entwicklung und ökologische Transformation.

Insbesondere im öffentlichen Verkehr eröffnen sich neue Perspektiven: Angesichts des akuten Fachkräftemangels und begrenzter finanzieller Ressourcen stößt der ÖPNV derzeit vielerorts an seine Grenzen. Autonome Fahrzeuge können diesen Engpass langfristig entschärfen, Betriebskosten senken und neue Angebotsformen ermöglichen – auch zu Nebenzeiten und auf wenig frequentierten Strecken.

DB Regio Straße ist ein Betriebsdienstleister für öffentliche Mobilität und betreibt aktuell vor allem 12.000 Busse im Auftrag der öffentlichen Hand. Die Bedeutung des Themas für die Branche wurde bereits früh erkannt. Im Jahr 2017 wurde von DB Regio Straße das erste autonome Fahrzeug auf deutschen Straßen in Bad Birnbach in Betrieb genommen. Mit dem Projekt KIRA hat DB Regio Straße gemeinsam mit dem Rhein-Main-Verkehrsverbund im Juni 2024 den ersten Level-4-Expro-bungsbetrieb eines autonomen On-Demand-Verkehrs in Deutschland realisiert.

Mit dieser Studie wollen wir die langfristige Entwicklung gemeinsam mit Partnerinnen und Partnern, Wissenschaft und Verbänden besser verstehen und auch einen Beitrag zur sachlich fundierten Diskussion über die Mobilität von morgen liefern. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie autonomes Fahren für einen maximalen gesellschaftlichen Nutzen eingesetzt werden kann. Wir sehen die Studie als Einladung zur gemeinsamen Diskussion.

Wir danken dem Studienbeirat sowie allen Expertinnen und Experten, die mit ihrem Wissen und Engagement an dieser Studie mitgewirkt haben.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre und freuen uns auf den weiteren Austausch.

Frederik Ley
Vorstand DB Regio Straße

Thomas Drewes
Leiter Autonomes Fahren DB Regio Straße



Abkürzungsverzeichnis

BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMFTR	Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
BMV	Bundesministerium für Verkehr
DINOS	Dynamisches Input-Output-System
DZSF	Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
Fzkm	Fahrzeugkilometer
IV	Individualverkehr
MiD	Mobilität in Deutschland
MIKA	Modell zur Einkommens- und Konsumanalyse
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MOP	Deutsches Mobilitätspanel
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr, beinhaltet ÖPNV + SPFV
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
SAE	Society of Automotive Engineers
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
TCO	Total Cost of Ownership
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VM	Verkehrsmittel



Motivation und Zielsetzung

Hintergrund der Studie

Autonomes Fahren auf SAE-Level 4 steht in Deutschland kurz vor dem Übergang in den Regelbetrieb. Die rechtlichen Voraussetzungen sind geschaffen, die technische Reife ist weit fortgeschritten, und erste Pilotverkehre laufen. International – etwa in den USA oder China – sind autonome Fahrzeuge bereits großflächig im kommerziellen Einsatz. Es ist daher nicht länger die Frage, ob autonome Fahrzeuge kommen, sondern wie wir ihren Einsatz in Deutschland gestalten wollen.

Die kommenden Jahre sind entscheidend: Infrastrukturen, gesetzliche Rahmenbedingungen und Angebotsformen, die heute vorbereitet werden, prägen die Mobilität über Jahrzehnte hinweg. Eine strategische Auseinandersetzung mit den gesellschaftlichen Auswirkungen des autonomen Fahrens ist daher dringend geboten, damit frühzeitig die Weichen für eine lebenswerte Zukunft gestellt werden.

Gesellschaftliche Relevanz von autonomem Fahren

Mobilität ist ein zentrales Element gesellschaftlichen Lebens – mit vielfältigen Auswirkungen auf soziale Teilhabe, wirtschaftliche Entwicklung, Umwelt und Lebensqualität. Autonomes Fahren als Schlüsseltechnologie kann in vielen Bereichen zum Fortschritt beitragen – aber auch Zielkonflikte erzeugen. Es gilt daher, Chancen und Risiken frühzeitig zu erkennen und verantwortungsvoll zu steuern.

Im Zentrum der Betrachtung stehen fünf zentrale gesellschaftliche Ziele:

- **Daseinsvorsorge:** Der Zugang zu Mobilität ist Voraussetzung für gesellschaftliche

Teilhabe. Menschen, die aufgrund ihres Alters, einer Behinderung, Beeinträchtigung oder finanzieller Gründe keinen Pkw nutzen können, sind bislang benachteiligt. Ein überall verfügbarer öffentlicher Verkehr kann hier ausgleichen und Teilhabe sichern.

- **Lebensqualität:** Ländliche Räume benötigen bessere Anbindungen; in Städten gefährdet zunehmender Straßenverkehr die Lebensqualität. Autonome Angebote können helfen, beide Herausforderungen gleichzeitig anzugehen und die Lebensverhältnisse anzugleichen.
- **Standortattraktivität:** Gute Erreichbarkeit ist entscheidend für die Zukunftsfähigkeit von Regionen – für Fachkräfte, Unternehmen, Infrastrukturen und kommunale Entwicklung.
- **Wirtschaftskraft:** Die Mobilitätswirtschaft ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor und Beschäftigungssektor. Neue Technologien eröffnen Innovationspotenziale für die deutsche Fahrzeug- und Zulieferindustrie, aber auch für Verkehrsunternehmen und digitale Dienstleister.
- **Klima- und Umweltschutz:** Der Verkehrssektor ist für etwa 22 Prozent der Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich und stellt damit einen zentralen Hebel für die Erreichung der Klimaziele dar. Technologische Innovationen wie autonome, elektrifizierte und effizient betriebene Fahrzeuge können hier einen Beitrag leisten. Angesichts der begrenzten Verfügbarkeit von Rohstoffen und Ressourcen erfordert dies eine bewusste und zielgerichtete Gestaltung des Mobilitätssystems.



Zielsetzung der Studie

Ziel dieser Studie ist es, einen fundierten Diskussionsbeitrag für die Gestaltung autonomer Mobilität in Deutschland zu schaffen. Im Zentrum steht die Frage: Welche Einsatzformen autonomer Fahrzeuge schaffen den größten gesellschaftlichen Mehrwert – und unter welchen Bedingungen?

Dazu wurden für die Studie drei Szenarien entwickelt, die verschiedene Ausprägungen autonomer Mobilität modellhaft darstellen. Die Szenarien beschreiben jeweils einen eingeschwungenen Zustand im Jahr 2045 – also eine Phase, in der sich die Marktveränderung durch Autonomes Fahren stabilisiert und in der Fläche durchgesetzt hat. Sie dienen nicht als Prognose, sondern als analytisches Instrument zur systematischen Bewertung möglicher Wirkungszusammenhänge. Autonome Fahrzeuge werden dabei nicht isoliert betrachtet, sondern als Teil des öffentlichen Mobilitätssystems, das mit bestehenden Angeboten wie Bus oder Bahn zusammenspielt. Im Vordergrund stehen dabei realistische Entwicklungen, die innerhalb der kommenden zwei Jahrzehnte umsetzbar sind.

Die Auswirkungen der Szenarien werden auf Basis quantitativer und qualitativer Indikatoren vergleichend analysiert – mit Fokus auf:

- Verkehrliche Effekte
- Ökonomische Entwicklungen
- Ökologische Auswirkungen
- Gesellschaftliche Implikationen

Die Studie richtet sich an Entscheidungsträgerinnen und -träger in Politik und Verwaltung, Verkehrsunternehmen und Mobilitätsanbieter, Akteurinnen und Akteure aus Industrie und Forschung sowie Kommunen, die zukunftsfähige Mobilität aktiv gestalten wollen. Sie versteht sich als Impuls zur aktiven Mitgestaltung eines neuen Mobilitätssystems, das die Potenziale des autonomen Fahrens bewusst nutzt – im Sinne einer lebenswerten, vernetzten und inklusiven Gesellschaft.



Studienbeirat

Funktion und Aufgabe

Zur Qualitätssicherung der Studie wurde ein interdisziplinär besetzter Beirat eingerichtet, dem Expertinnen und Experten aus verschiedenen Fachbereichen angehören. Der Beirat vereint Perspektiven aus dem Öffentlichen Verkehr (ÖV), der Mobilitätsforschung, Verkehrswissenschaft, digitalen Wirtschaft und Informationstechnologie sowie aus Fahrgast- und Verkehrsunternehmensverbänden.

In regelmäßig stattfindenden Sitzungen reflektierten und diskutierten die Mitglieder des Beirats gemeinsam die grundlegenden Annahmen und Szenarien der Studie. Sie brachten ihre Fachkenntnisse ein, um die Szenarien kritisch zu hinterfragen und weiterzuentwickeln. Dieser regelmäßige Austausch half, die Studie sowohl wissen-

schaftlich fundiert als auch praxisnah zu gestalten. Dabei konnte nicht in allen Punkten vollständige Einigkeit zwischen den Beiratsmitgliedern erzielt werden – ein Umstand, der den diskursiven Charakter der Studie unterstreicht. Sie ist bewusst als Grundlage für weitere fachliche und gesellschaftliche Diskussionen konzipiert.

Die Mitwirkung erfolgte ausdrücklich in vorwettbewerblicher, beratender Funktion. Die Beiratsmitglieder beteiligten sich unentgeltlich und neutral am fachlichen Dialog, frei von werblichen Interessen und ohne Offenlegung individueller Unternehmensstrategien. Sie unterstützten den Prozess mit ihrer Expertise, ohne die Ergebnisse im eigenen Interesse zu beeinflussen. Eine Einflussnahme auf die Studienergebnisse in Form finanzieller oder sonstiger Vorteilsnahme fand nicht statt.

Beiratsmitglieder und vertretene Institutionen:

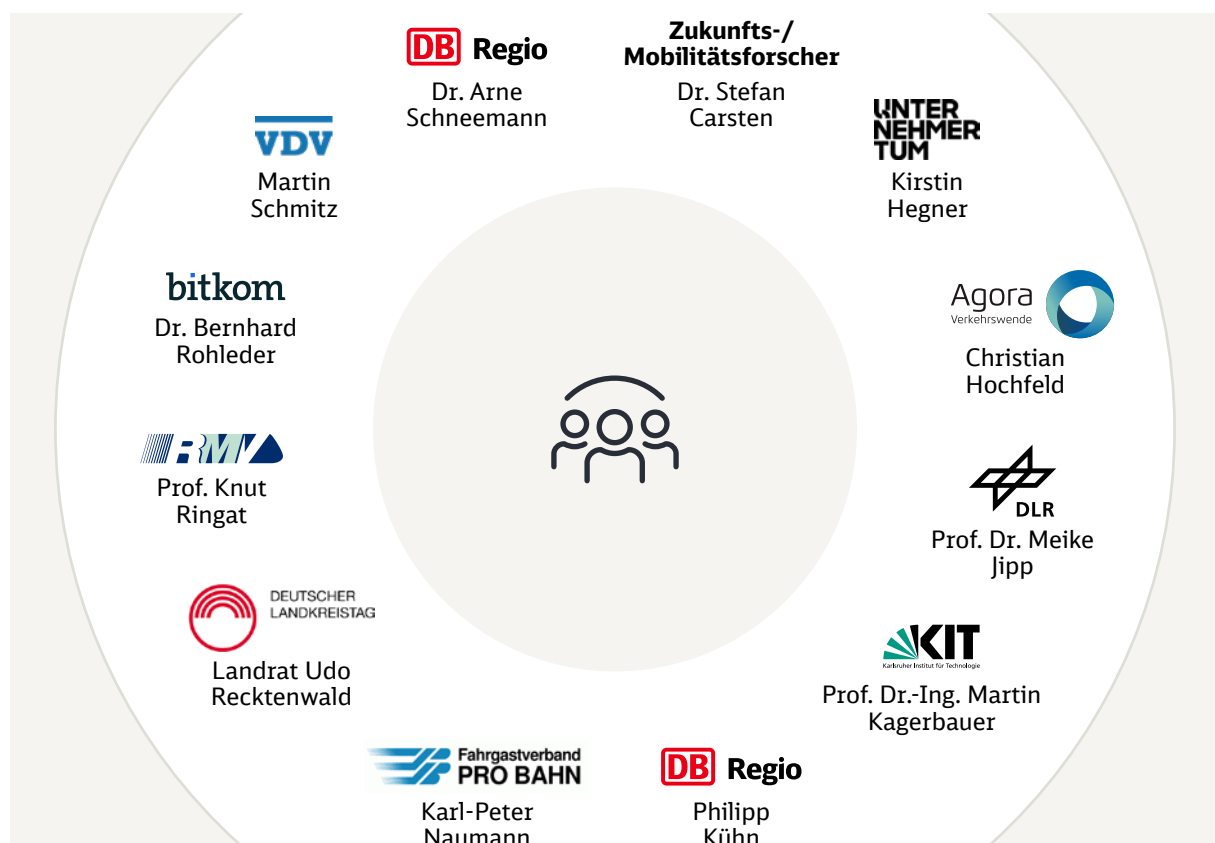


Abbildung 1: Übersicht Beiratsmitglieder

Die Beiratsmitglieder im Einzelnen:



Dr. Stefan Carsten

Zukunftsforscher und Stadtgeograf



Kirstin Hegner

Senior Advisor UnternehmerTUM GmbH



Christian Hochfeld

Direktor Agora Verkehrswende der Agora Transport Transformation gGmbH



Prof. Dr. Meike Jipp

Bereichsvorständin für Energie und Verkehr des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)



Prof. Dr.-Ing. Martin Kagerbauer

Stellvertretender Institutsleiter Institut für Verkehrswesen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



Philipp Kühn

Leiter Marktstrategie und Kommunikation DB Regio AG und Verantwortlicher der Brancheninitiative ZUKUNFT NAHVERKEHR (ZNV)



Die Beiratsmitglieder im Einzelnen:



Karl-Peter Naumann

Ehrenvorsitzender des Fahrgastverbandes Pro Bahn e.V.



Landrat Udo Recktenwald

Vorsitzender im Wirtschafts- und Verkehrsausschuss des Deutschen Landkreistages e.V. (DLT), Landrat im Landkreis St. Wendel



Prof. Knut Ringat

Geschäftsführer und Vorsitzender der Geschäftsführung Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH (RMV)



Dr. Bernhard Rohleder

Hauptgeschäftsführer Bitkom e.V.



Martin Schmitz

Geschäftsführer für den Bereich Technik im Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV)



Dr. Arne Schneemann

Vorstand DB Regio Straße bis 31.12.2025



Autonomes Fahren: Eine Einordnung

Diese Studie fokussiert sich auf den Einsatz von Fahrzeugen gemäß **SAE-Level 4**, einer Stufe der Automatisierung, bei der das System innerhalb eines definierten Einsatzgebiets, der sogenannten Operational Design Domain (ODD), die vollständige Fahraufgabe übernimmt – inklusive Steuerung, Umfeldbeobachtung und Reaktion auf Verkehrssituationen. Ein Eingreifen durch den Menschen ist in diesen Bereichen weder vorgesehen noch erforderlich. Das Fahrzeug selbst ist in der Lage, sich bei unvorhergesehenen Situationen selbstständig in einen sicheren Zustand zu versetzen, beispielsweise durch kontrolliertes Anhalten am Fahrbahnrand. Eine Leitstelle mit technischer Aufsicht überwacht den Fahrzeugbetrieb und kann bei Bedarf vom Selbstfahrssystem vorgeschlagene Fahrmanöver freigeben oder ein Field Team entsenden. Ein fahrerloser Flottenbetrieb wird erstmals technisch und rechtlich möglich: Mit dem Gesetz zum autonomen Fahren wurde in Deutschland bereits 2021 der gesetzliche Rahmen für den Einsatz solcher Systeme im öffentlichen Straßenraum geschaffen.

SAE-Level 3 wird bereits vereinzelt in ersten Serienfahrzeugen angeboten, allerdings noch mit stark eingeschränktem Nutzungsbereich, etwa als Stauassistentensystem auf Autobahnen. Dabei kann das Fahrzeug unter bestimmten Bedingungen temporär die Fahraufgabe übernehmen, während die fahrende Person von der aktiven Steuerung entbunden ist. Die Verantwortung verbleibt jedoch rechtlich weiterhin beim Menschen, der jederzeit eingriffsbereit bleiben muss. Aufgrund dieser Einschränkungen handelt es sich bei Level 3 um ein erweitertes Fahrerassistenzsystem, das nicht für einen vollautomatisierten, fahrerlosen Betrieb – wie er im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) benötigt wird – geeignet ist.

SAE-Level 5 hingegen beschreibt eine Vision vollständig autonomer Fahrzeuge, die in jeder Umgebung, zu jeder Zeit, ohne Fernüberwachung und ohne Einschränkungen funktionieren. Trotz ihres technologischen Reizes gilt die Vision vollständig autonomer Fahrzeuge auf absehbare Zeit als technisch nicht erreichbar.

Was kurz- bis mittelfristig umsetzbar ist, sind fahrerlose Fahrzeuge im flottenbasierten Nahverkehr – mit klar abgegrenztem Betriebsgebiet und technischer Aufsicht. SAE-Level 4 stellt damit den realistischsten Automatisierungsgrad dar, um autonome Fahrzeuge gezielt und sicher im öffentlichen Verkehr einzusetzen.



Perspektiven für den Einsatz von SAE-Level 4

Mit dem Eintritt von SAE-Level-4-Systemen in den öffentlichen Straßenraum wird erstmals ein vollständig fahrerloser Betrieb von Fahrzeugflotten Realität. Dabei stehen zwei Nutzungskonzepte im Vordergrund, die sich grundlegend in Zielsetzung und Einbindung in bestehende Verkehrssysteme unterscheiden:

1. Robotaxis: Privatwirtschaftliches Mobilitätsangebot

Bei **Robotaxis** handelt es sich um autonome Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr, die Personen gegen Entgelt befördern – wie heutige Taxis oder Ride-Hailing-Dienste wie Uber oder Bolt. Buchung, Bezahlung und Fahrtabwicklung erfolgen vollständig digital über entsprechende Plattformen. Die Dienste sind als individueller Tür-zu-Tür-Verkehr konzipiert.

Diese Studie geht davon aus, dass Robotaxis – analog zu bestehenden Ride-Hailing-Angeboten – primär privatwirtschaftlichen Logiken folgen. Sie sind in der Regel nicht tariflich, organisatorisch oder verkehrsplanerisch in den öffentlichen Verkehr integriert. Ihre Verfügbarkeit richtet sich maßgeblich nach gewinnorientierten Kriterien, wie Umsatzpotenzial und Betriebskosten. Entsprechend ist davon auszugehen, dass Robotaxis vorwiegend in den wirtschaftlich attraktiven, urbanen Räumen mit hoher Bevölkerungsdichte betrieben werden.

Entsprechende Entwicklungen sind bereits in mehreren Städten der USA, Chinas sowie im Nahen Osten zu beobachten. Sie dienen als praktische Beispiele für die technische Machbarkeit und betriebliche Ausgestaltung solcher Angebote.

2. Autonomer ÖPNV: Öffentlich organisiertes Mobilitätsangebot

Zum anderen können autonome Flotten im ÖPNV eingesetzt werden, etwa als Linien- oder flexible On-Demand-Angebote. Im Unterschied zu Robotaxis wird hier nicht nur das Fahrzeug, sondern auch die Fahrt geteilt – ein Konzept, das als Ride-Pooling bezeichnet wird. Dabei können Fahrgäste mit ähnlichem Fahrziel unterwegs mitgenommen werden, sodass gemeinsam gefahren wird, wie auch beim Linienbus heute schon üblich.

Linienverkehre gewährleisten heute die Grundversorgung mit festen Fahrplänen und Haltestellen. Aufgrund hoher Betriebskosten und zunehmendem Fahrpersonalmangel kann diese Versorgung jedoch nicht flächendeckend gewährleistet werden. On-Demand-Angebote sind bislang kaum verbreitet, da sie derzeit noch zu kostenintensiv sind. Autonomes Fahren bietet hier langfristig Lösungsansätze. Die Angebotsgestaltung im ÖPNV orientiert sich dabei in der Regel an Nahverkehrsplänen, die auf einer Analyse der Mobilitätsnachfrage und des Fahrzeugbedarfs basieren.

Pilotprojekte laufen derzeit in mehreren europäischen Ländern, unter anderem in Deutschland, Frankreich und den nordischen Staaten. Dabei handelt es sich überwiegend um öffentlich geförderte Modellvorhaben, die autonome ÖPNV-Lösungen unter realen Verkehrsbedingungen testen und weiterentwickeln.



Herausforderungen bei der Marktentwicklung in Deutschland

Der Markthochlauf in Deutschland verläuft bislang schleppend. Die Bundesregierung hat mit der Strategie „Die Zukunft fährt autonom“ im Dezember 2024 ein wichtiges Signal gesetzt, um Deutschland als führenden Innovationsstandort für autonomes Fahren zu etablieren. Verglichen mit den dynamischen Entwicklungen in den USA oder China bleiben die Fortschritte hierzulande jedoch verhalten. Dies ist insbesondere auf zwei zentrale Herausforderungen zurückzuführen: die hohen Kosten für Aufbau und Betrieb autonomer Verkehre und die eingeschränkte Fahrzeugverfügbarkeit.

1. Hohe Anlauf- und Betriebskosten

Der Betrieb autonomer Flotten ist aktuell deutlich teurer als bei fahrerbasierten Systemen – vor allem in der Einführungsphase. Zu den wichtigsten Kostentreibern zählen:

- **Fahrzeugkosten:** SAE-Level-4-Fahrzeuge befinden sich größtenteils noch im Prototypenstatus. Es fehlen serienreife, typgenehmigte Fahrzeuge. Der Einsatz von umgerüsteten Fahrzeugen in Pilotprojekten bedeutet erhöhte Beschaffungskosten. Langfristig wirtschaftlich tragfähige Lösungen setzen zwingend eine skalierte Produktion autonomer Fahrzeuge voraus.
- **Setupkosten für Selbstfahrssysteme:** Die aktuell verfügbaren HD-Karten-basierten Selbstfahrssysteme erfordern eine aufwändige Vorbereitung der Betriebsgebiete. Datenerfassung, Upload und Speicherung sowie technischer Support vor Ort und Sicherheitsfahrer treiben die Kosten zusätzlich.
- **Infrastrukturinvestitionen:** Für den Betrieb autonomer Flotten sind neue oder angepasste Infrastrukturen erforderlich,

darunter Betriebshöfe, Werkstätten sowie Leitstellen. Diese müssen für den Betrieb autonomer Fahrzeuge mit entsprechender Soft- und Hardware ausgestattet sowie gegebenenfalls baulich angepasst werden.

- **Betriebsprozesse:** Für einen effizienten Betrieb autonomer Flotten braucht es standardisierte und skalierungsfähige Prozesse. Dabei müssen zahlreiche Aufgaben, die traditionell von Fahrpersonal übernommen wurden, digitalisiert werden. Dazu gehören unter anderem die Steuerung der Fahrzeuge, die Sicherstellung der Verkehrssicherheit des Fahrzeugs sowie die Kommunikation und Interaktion mit Fahrgästen. Dies erfordert den Einsatz neuer Softwarelösungen und Sensorik, um eine sichere und effiziente Betriebsführung zu gewährleisten. Die Entwicklung der betrieblichen Prozesse ist mit erheblichen Kosten verbunden.
- **Regulierungskosten:** Die rechtliche Absicherung des Betriebs autonomer Fahrzeuge ist mit hohen Anforderungen verbunden – etwa an die Qualifizierung der Personale und an Dokumentationspflichten, die unter anderem die teure Speicherung der Sensordaten erforderlich machen. Diese Anforderungen dienen anfänglich richtigerweise der Sicherheit, führen jedoch zu erheblichen Zusatzkosten. Mit wachsender Betriebserfahrung wird eine risikoadäquate Überprüfung der Vorgaben erfolgen, um das regulatorische Umfeld praxistauglich zu gestalten.

Aufgrund der genannten Kosten ist der Betrieb autonomer Flotten heute noch teurer als der Betrieb fahrerbasierter Verkehre. Die anfänglich hohen Kosten stellen insbesondere öffentliche Aufgabenträger und



lokale Verkehrsunternehmen vor Herausforderungen. Selbst geförderte Projekte haben angesichts der hohen Investitionskosten und befristeten Förderdauer Schwierigkeiten, ausreichend Erkenntnisse im Fahrbetrieb und mit Kunden zu sammeln. Im Ergebnis führt dies dazu, dass bislang nur kleine Flotten erprobt und wenig Praxiserfahrung gesammelt werden konnten. Eine Ableitung von Skalierungsszenarien und damit verbundener potenzieller Effizienzgewinne ist in diesem Rahmen nicht möglich. Eben diese Praxiserfahrung ist jedoch notwendig, um mittelfristig Kosten in allen Bereichen zu senken.

2. Geringe Fahrzeugverfügbarkeit

Die Fahrzeugverfügbarkeit ist derzeit stark eingeschränkt. Es fehlen serienreife Fahrzeuge mit integrierten SAE-Level-4-Selbstfahrsystemen und gültiger europäischer Typgenehmigung. Bislang arbeiten nur wenige deutsche Hersteller aktiv an entsprechenden Fahrzeugkonzepten. Für kleinere und mittlere Fahrzeuggrößen soll bis 2027 jeweils mindestens ein deutsches Modell mit Typgenehmigung zur Verfügung stehen. Im Bereich der großen Linienbusse gibt es bislang lediglich unverbindliche Ankündigungen, die ein genehmigtes Fahrzeug frühestens ab den 2030er-Jahren erwarten lassen. Ein funktionierender Markt benötigt jedoch eine breitere Anbieterbasis, um Innovation, Wettbewerb und Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Die Industrie zögert, in Entwicklung und Serienproduktion zu investieren, solange keine ausreichende Marktnachfrage besteht. Fehlende Erfahrungswerte, unklare Geschäftsmodelle und Unsicherheiten über regulatorische Anforderungen verschärfen das Problem.

Dadurch entsteht ein klassisches Henne-Ei-Problem: Ohne Nachfrage kein Angebot – und ohne verfügbares Angebot keine ausreichende Nachfrage. Planungssicherheit und stabile Perspektiven für die Anwendung im Regelbetrieb sind daher essenziell, um Investitionsanreize für Hersteller zu setzen.



Verkehrswirtschaftliches Potenzial des autonomen Fahrens im ÖPNV

Autonomes Fahren bietet gegenüber konventionellen, fahrerbasierten Angeboten zwei zentrale Vorteile: Es ermöglicht deutliche Einsparungen bei den Betriebskosten und erlaubt zugleich eine Ausweitung des Angebots trotz des zunehmenden Fahrpersonalmangels.

1. Geringere Betriebskosten

Autonomes Fahren bietet das Potenzial, Betriebskosten für On-Demand-Angebote deutlich zu senken – um über 50 Prozent.¹ Ebenso werden bei Linienverkehren signifikante Einsparpotenziale erwartet, die bei bis zu 30 Prozent liegen können.²

Der wesentliche Grund für die hohen Einsparpotenziale liegt in einer grundlegenden Verschiebung der Kostenstruktur bei fahrerlosen Systemen:

— Die **Fahrpersonalkosten entfallen**. In heutigen On-Demand-Angeboten macht das Fahrpersonal über 60 Prozent der Gesamtkosten aus. Diese Studie geht davon aus, dass dieser Kostenblock durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge entfällt.

Demgegenüber steigen jedoch andere Kostenpositionen:

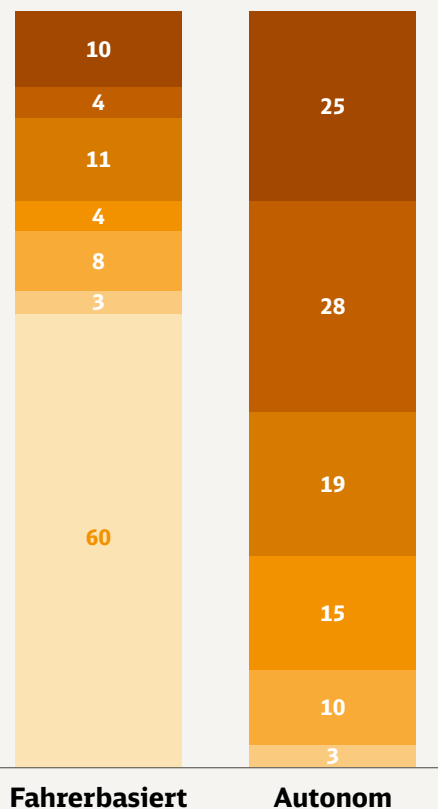
- + Die **Fahrzeuganschaffungskosten erhöhen sich** aufgrund der erforderlichen Sensorik und Rechenhardware für das autonome Fahren.
- + Es entstehen **neue Aufwände für**
 - das **Selbstfahrssystem**, z. B. Lizenzen, Cloud, Datenspeicherung
 - das **operative Personal** zur Überwachung der Flotte, z. B. Technische Aufsicht

¹ McKinsey (2022).

² PwC (2025).

Vergleich der Kostenstruktur von On-Demand-Verkehren

Anteile in %



- Fahrpersonal
- Overhead
- Flottenmanagement
- Fahrzeuge
- Betriebshof
- Flottenüberwachung
- Lizenzen & Cloud

Abbildung 2: Vergleich der Kostenstruktur von On-Demand-Verkehren

Zudem sinken die Grenzkosten für jede zusätzliche Angebotsstunde deutlich. Grenzkosten bezeichnen die zusätzlichen Kosten, die durch die Bereitstellung einer weiteren Einheit eines Produkts oder einer Dienstleistung entstehen – hier also die Mehrkosten für eine weitere Stunde Verkehrsangebot.



Bei fahrerbasierten Verkehren dominieren die Kosten für das Fahrpersonal die variablen Kosten und bestimmen somit maßgeblich die Grenzkosten. Im Gegensatz dazu sind bei autonomen Verkehren die Fixkosten höher, während die variablen Kosten – hauptsächlich Energiekosten und sprungfixe Kosten für die Flottenüberwachung – deutlich geringer ausfallen. Dadurch reduzieren sich die Grenzkosten für zusätzliche Angebotsstunden signifikant.

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, führt der Einsatz autonomer Fahrzeuge zunächst zu höheren Kosten, insbesondere in der Einführungs- und Hochlaufphase. Diese Studie geht jedoch davon aus, dass langfristig erhebliche Einsparpotenziale die Kosten deutlich unter das Niveau heutiger fahrerbasierter Verkehre senken – insbesondere bei großflächigem Betrieb autonomer Systeme.



Prof. Knut Ringat

Vorsitzender der Geschäftsführung
Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH

»Wenn wir in einer Ausschreibung die Hälfte der Busse außerhalb der Hauptverkehrszeiten durch doppelt so viele autonome Shuttles ersetzen, können wir unseren Fahrgästen zu denselben Kosten und Preisen ein attraktiveres, flexibleres Angebot rund um die Uhr machen.«

Für das Jahr 2045 wird prognostiziert, dass die Investitionskosten autonomer Fahrzeuge nur noch geringfügig über denen herkömmlicher Fahrzeuge liegen. Gleichzeitig wird erwartet, dass ein Mitarbeitender in der technischen Aufsicht dann bis zu 100 Fahrzeuge gleichzeitig betreuen kann – vorausgesetzt, es handelt sich um großflächig organisierte Flotten.

Die in dieser Studie zugrunde gelegte Kostenabschätzung autonomer Angebote für das Jahr 2045 basiert auf einem durchgehenden 24/7-Betrieb und der zentralen Überwachung durch eine Leitstelle mit technischer Aufsicht, die bis zu 10.000 Fahrzeuge koordiniert. Berücksichtigt wurden dabei sämtliche relevanten Kostenpositionen, darunter:

- Abschreibung
- Lizenzen und Cloud-Dienste
- Infrastruktur und Energie
- Wartung, Instandhaltung und Versicherung
- Personal für technische Aufsicht und Kundenservice
- weitere Aufwendungen wie Fahrzeugprüfungen, Reinigung und die Anbindung an Mobilitätsplattformen.

Für jeden Fahrzeugtyp wurde auf Basis der jährlichen Durchschnittsfahrleistung ein durchschnittlicher Kostensatz pro Kilometer berechnet. Dabei wurden auch die zu erwartenden Entwicklungen einzelner Kostenfaktoren bis 2045 modelliert.

Die resultierenden Kostensätze pro Kilometer bilden die Grundlage der Bewertung und zeigen Einsparpotenziale, die in ähnlicher

³ Robotaxis sind für den öffentlichen Individualverkehr entwickelte, autonom fahrende Fahrzeuge mit einer Fahrgastkapazität von etwa 5 Personen.

⁴ Shuttelfahrzeuge sind für den öffentlichen On-Demand-Verkehr entwickelte, autonom fahrende Fahrzeuge mit einer Fahrgastkapazität von etwa 5 Personen.

⁵ People Mover sind für den ÖV entwickelte, autonom fahrende Fahrzeuge mit einer Fahrgastkapazität von etwa 15 Personen.

⁶ Expressbusse sind Doppelgelenkbusse, die zur Entlastung auf der Schiene zwischen den Bahnhöfen verkehren.



Größenordnung auch in Studien von McKinsey und PricewaterhouseCoopers (PwC) ausgewiesen wurden:

- Robotaxis³: 0,83 Euro
- Shuttlefahrzeuge⁴ im öffentlichen On-Demand-Verkehr: 0,83 Euro
- People Mover⁵ im Linien- und öffentlichen On-Demand-Verkehr: 1,10 Euro
- Busse: 3,00 Euro
- Expressbusse⁶: 3,80 Euro

2. Geringerer Fahrpersonalbedarf

Der zweite zentrale Vorteil des autonomen Fahrens liegt im geringeren Personalbedarf. Schon heute ist Fahrpersonal im ÖPNV wie auch bei privaten Fahrdiensten knapp – eine Entwicklung, die sich angesichts der demografischen Entwicklung weiter verschärfen wird. Dadurch droht zunehmend die Gefahr, dass das heutige Angebotsniveau – insbesondere im ÖPNV – nicht aufrechterhalten werden kann.

Autonome Systeme bieten hier eine strukturelle Antwort: Durch den fahrerlosen Betrieb wird es möglich, Mobilität künftig unabhängig von der Verfügbarkeit von Fahrpersonal bereitzustellen. Diese Studie betrachtet einen zukünftigen, stabilen Betriebszustand des autonomen Fahrens im öffentlichen Verkehr im Jahr 2045. Eine unmittelbare Aussage über die kurzfristige Entwicklung bestehender Fahrpersonale ist damit ausdrücklich nicht verbunden. Vielmehr gehen der Studienbeirat und die Autorinnen und Autoren dieser Studie davon aus, dass Fahrpersonale insbesondere im ÖPNV in der Übergangsphase weiterhin in erheblichem Umfang benötigt werden und – im Einklang mit der ohnehin sinkenden Zahl verfügbarer

Fachkräfte – schrittweise in neue, qualifizierte Tätigkeitsprofile überführt werden können. Der Wandel würde somit nicht disruptiv erfolgen, sondern begleitet und sozial verträglich im Rahmen der langfristigen Transformation. Für den ÖPNV ist diese Entwicklung besonders relevant: Autonome Linienbusse werden voraussichtlich frühestens ab den frühen 2030er-Jahren mit Typgenehmigung verfügbar sein und erst dann fahrerlos eingesetzt werden können.

In der Anfangsphase sind höhere Betriebskosten zu erwarten. Eine Kostengleichheit mit fahrerbasierten Verkehren wird für die Mitte der 2030er-Jahre prognostiziert. Entsprechend den Ausschreibungszyklen im ÖPNV wäre eine Automatisierung der Linienverkehre nur schrittweise möglich. Auf absehbare Zeit wird folglich weiterhin Fahrpersonal benötigt. Darüber hinaus entstehen durch den autonomen Betrieb neue Berufsbilder und entsprechend neue Personalbedarfe.



Methodisches Vorgehen

Für die vorliegende Studie wurde ein mehrstufiges Vorgehen gewählt, um die möglichen Entwicklungen des zukünftigen Mobilitätssystems unter Einbezug autonomer Fahrzeuge systematisch zu analysieren.

Im ersten Schritt wurde die zu erwartende Mobilitätsnachfrage errechnet und ein Mobilitätsangebot für unterschiedliche Szenarien entwickelt und geplant. Anschließend wurde mithilfe eines Verkehrsmittelwahlmodells eine mikroskopische Mobilitätssimulation durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine computergestützte Methode zur realitätsnahen Nachbildung des Verhaltens einzelner Verkehrsteilnehmender in einem definierten Verkehrsraum. Es werden keine realen Personen abgebildet, sondern statistisch modellierte Nutzerinnen und Nutzer, die im Durchschnitt der deutschen Bevölkerung entsprechen. Jede Ortsveränderung wird individuell simuliert und die Entscheidung für ein bestimmtes Verkehrsmittel

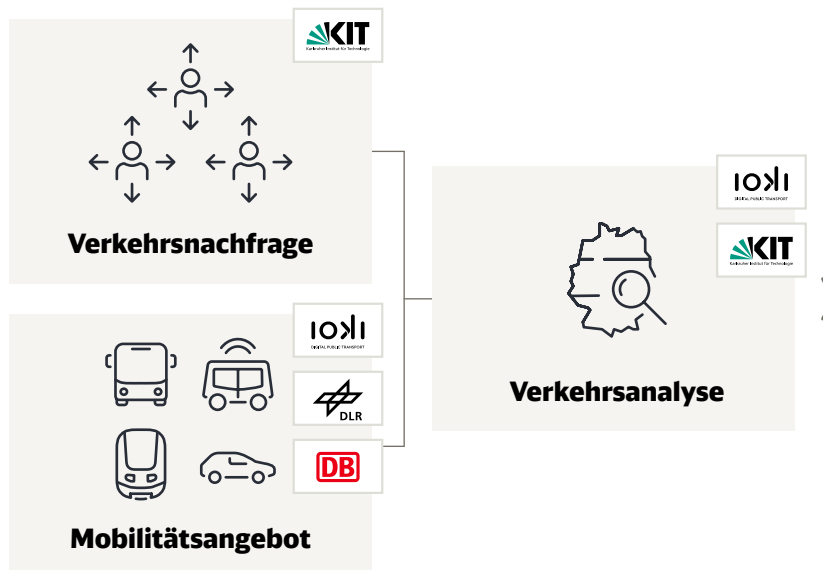
daraus abgeleitet – etwa Auto, Fahrzeuge des ÖV, Fahrrad oder den Fußweg.

So wird die Mobilitätsnachfrage auf die unterschiedlichen Verkehrsmittel verteilt, basierend auf den jeweiligen Vorteilen und Präferenzen der Nutzerinnen und Nutzer, wodurch die Auswirkungen auf das gesamte Mobilitätssystem sichtbar werden.

Anschließend wurden die Effekte auf die Bereiche Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft punktuell bewertet. Ziel dieser Bewertung war es, die verkehrsbedingten Veränderungen im größeren Zusammenhang zu betrachten und deren gesamtgesellschaftliche Bedeutung besser einordnen zu können.

Die nachstehende Grafik veranschaulicht das Vorgehen in vereinfachter Form und dient als Grundlage für die anschließende Erläuterung der einzelnen Schritte.

Mobilitätssimulation



Effekte

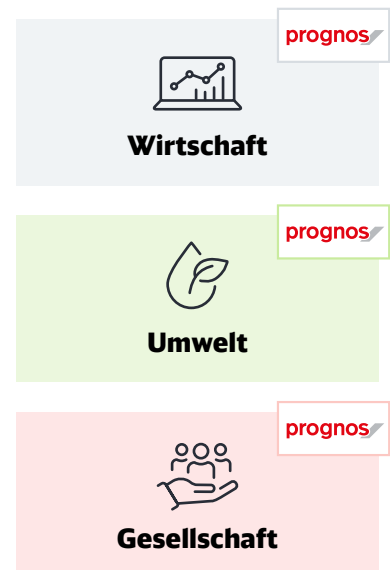


Abbildung 3: Illustrative Darstellung des mehrstufigen Vorgehens in der Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“

Zielhorizont

Das Jahr 2045 wurde als Bezugsjahr gewählt – in der Annahme, dass bis dahin neue technologische, infrastrukturelle und betriebliche Entwicklungen im Verkehrswesen weitgehend etabliert sind. Ziel war es, nicht die Übergangsphasen zu betrachten, sondern die Auswirkungen des autonomen Fahrens in einem eingeschwungenen Zustand. Die Entwicklungsdauer von rund 20 Jahren bis zu diesem Zustand gilt nach Einschätzung des Studienbeirats als realistisch. Sie berücksichtigt, dass die Einführung autonomer Mobilitätsangebote schrittweise erfolgt und Zeit für die Entwicklung und Umsetzung benötigt.

Eine zentrale Voraussetzung für die Marktdurchdringung ist, dass autonome Verkehre kostengünstiger als fahrerbasierte Angebote realisiert werden können. Nur dann ist der Einsatz autonomer Systeme realistisch. Dazu braucht es einerseits den Aufbau industrieller Kapazitäten, um Fahrzeugkosten durch Skaleneffekte zu senken, und andererseits

praktische Betriebserfahrung, um effiziente Strukturen für den Regelbetrieb zu entwickeln. Für einen kosteneffizienteren Betrieb sind zudem Anpassungen gesetzlicher Vorgaben erforderlich, die auf operativen Erfahrungen aus der Praxis basieren. Hierfür muss die Technologie vollständig ausgereift sein und sämtliche gesetzlichen Sicherheitsanforderungen erfüllen, das heißt autonome Fahrzeuge müssen sicherer fahren als ein durchschnittlich fahrender Mensch. Dies ist eine Voraussetzung für die Typgenehmigung von SAE-Level-4-Fahrzeugen.

Auch die typischen Ausschreibungszyklen im ÖPNV sprechen für eine schrittweise Einführung öffentlicher Mobilitätsangebote. Zudem müssen potenzielle Nutzerinnen und Nutzer diese Angebote in ihren Alltag integrieren und ihre Mobilitätsgewohnheiten angepasst haben.

Vor diesem Hintergrund erscheint das Jahr 2045 als ein realistischer Zielhorizont.

Verkehrsnachfrage

Die Verkehrsnachfrage im Jahr 2045 analysierte das Institut für Verkehrswesen des Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Hierzu wurden das künftige Verkehrsaufkommen und die künftige Verkehrsleistung ermittelt. Als Datengrundlage zur Abschätzung von Verhaltensänderungen dienten die Zeitreihen der Studien Mobilität in Deutschland (MiD 2017) und des Deutschen Mobilitätspanels, kurz MOP, aus dem Jahr 2022/2023 sowie die Verkehrsprognose 2040 der Intraplan Consult GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV).

Die größten Veränderungen im Verkehrsverhalten werden bei erwerbstätigen Personen erwartet. Vor allem das zunehmende Arbeiten von zu Hause – ein Trend, der durch die Corona-Pandemie deutlich beschleunigt wurde, sowie die Verlagerung von Dienstreisen in den digitalen Raum, führen dazu, dass diese Wege im Vergleich zur MiD 2017 seltener auftreten. Um diese Effekte abzubilden, wurden 10 Prozent der Tagesabläufe von Personen mit Arbeitsweg gegen Tagesabläufe ohne Arbeitsweg, jedoch mit Arbeit von zu Hause, ersetzt. Analog wurden Tagesabläufe mit Dienstreisen durch Tagesabläufe ohne Dienstreise ersetzt.

Für die Bevölkerungsentwicklung wurde die kleinräumige Bevölkerungsvorausberechnung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung, kurz BBSR, aus dem Jahr 2024 herangezogen. Auf deren Basis wird die künftige Bevölkerung auf Gemeindeebene geschätzt. Es wird angenommen, dass der relative Anteil einer Gemeinde an der Bevölkerung ihres Landkreises bis 2045 konstant bleibt. Die im BBSR-Modell berücksichtigte Veränderung der Altersstruktur

wurde übernommen, da sie sich direkt auf das Verkehrsaufkommen auswirkt. Eine Neugewichtung der MiD 2017 entsprechend der erwarteten Altersverteilung bildet diesen Effekt im Hinblick auf das Verkehrsaufkommen und das Verkehrsverhalten ab. Dadurch wird berücksichtigt, dass sich das Verkehrsverhalten älterer Menschen deutlich von dem Verkehrsverhalten erwerbstätiger Personen unterscheidet. Zusätzlich wurden geografische Effekte, etwa Unterschiede in der Mobilität zwischen städtischen und ländlichen Räumen, miteinbezogen.

Ebenfalls erstellte das KIT eine Prognose für den Pkw-Bestand, mit dem Ziel, insbesondere die Anzahl elektrisch betriebener Fahrzeuge im Jahr 2045 zu ermitteln.

Die Prognose des Pkw-Bestands erfolgte auf Grundlage eines eigenen Modells, da belastbare Literaturquellen fehlen. Methodisch wurden jedoch zahlreiche Annahmen aus einem Markthochlaufszenario des Fraunhofer ISI⁷ übernommen. Zu den zentralen Eckwerten des Modells zählen 3 Millionen Neuzulassungen pro Jahr. Zum Vergleich: Im Jahr 2024 wurden etwa 2,8 Millionen Fahrzeuge neu zugelassen. Darüber hinaus eine weiterhin leicht alternde Bestandsflotte und eine langfristige Sättigung der Flottenstärke von etwa 50 Millionen Fahrzeugen. Zum Stichtag 1. Januar 2025 lag der Fahrzeugbestand bei rund 49,1 Millionen. Laut Gesetzeslage sollen ab 2035 alle neu zugelassenen Pkw klimaneutral betrieben werden, zum Beispiel batterieelektrisch, mit Wasserstoff oder E-Fuels⁸. Damit liegt der klimaneutrale Anteil im Jahr 2045 bei rund 75 Prozent der Gesamtflotte. Nur ältere Fahrzeuge dürfen dann noch mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden.

⁷ Siehe Gnann, Speth, Plötz, Wietschel, Krail (2022).

⁸ Siehe Europäisches Parlament (2023).



Mobilitätsangebot

Zur Veranschaulichung verschiedener Einsatzmöglichkeiten autonomer Fahrzeuge im Personenverkehr wurden im Rahmen der Studie drei Szenarien entwickelt.

Die Szenarien sind als konzeptionelle Modelle angelegt: Sie bilden unterschiedliche Nutzungskonzepte autonomer Level-4-Fahrzeuge ab und machen deren potenzielle Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten nachvollziehbar. Ziel ist es, Zusammenhänge sichtbar zu machen und mögliche Effekte unterschiedlicher Angebotsformen transparent darzustellen.

Jedes Szenario wurde dabei in einem iterativen Prozess verkehrsplanerisch ausgestaltet. Grundlage war die Betrachtung alltäglicher Mobilität an einem typischen Werktag – zu Fuß, mit dem Fahrrad, dem Pkw oder dem öffentlichen Verkehr. Nicht berücksichtigt wurden Fahrten mit Carsharing-Fahrzeugen, privatwirtschaftlichen Mikromobilitätsangeboten oder konventionellen Taxis sowie der Einsatz autonomer Fahrzeuge im Logistikbereich.

Für die Untersuchung wurde eine Beispielregion im Raum Frankfurt am Main ausgewählt, die die Vielfalt der deutschen (Mobilitäts-)Landschaft abbildet. Sie ist repräsentativ für die drei Raumtypen Metropole, Stadt und Land. In dieser Region konnten die Szenarien unter realistischen Bedingungen, d. h. basierend auf den realen Straßenverhältnissen vor Ort, geplant, modelliert und ausgewertet werden. In der Analyse wurden nicht nur die Wege innerhalb der Beispielregion untersucht, sondern auch die Verkehrsströme in und aus den umliegenden Städten, Gemeinden und Kommunen. Dadurch entsteht ein umfassendes Bild davon, wie Menschen in der Region mobil sind und welche Verkehrsmittel sie nutzen.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse erfolgte im Anschluss eine Hochrechnung auf die Bundesebene, um die gesamtgesellschaftlichen und verkehrlichen Auswirkungen autonomer Mobilität für Deutschland abschätzen zu können.

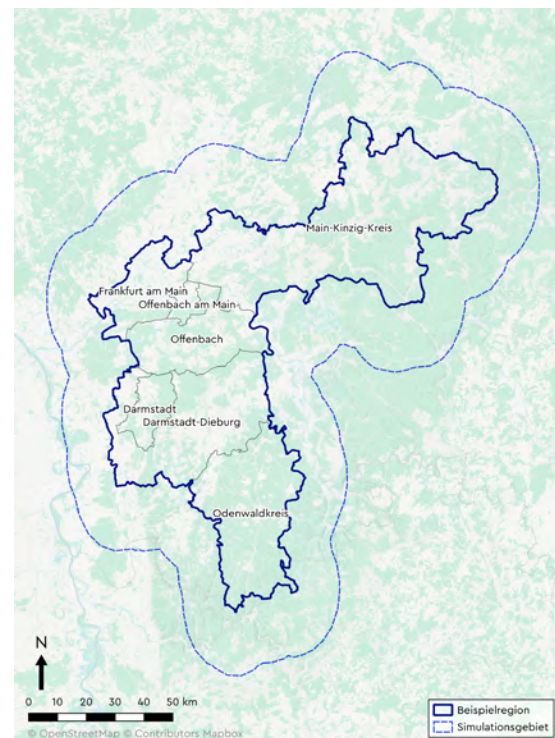


Abbildung 4: Geografische Darstellung der Beispielregion und des Simulationsgebiets

Der Planungsraum für die Studie entspricht dem im Bild hervorgehobenen Bereich im Raum Frankfurt am Main. Die Beispielregion deckt die folgenden Städte und Landkreise ab: Frankfurt am Main, Offenbach am Main, Darmstadt, Odenwaldkreis, Kreis Darmstadt-Dieburg, Kreis Offenbach und Main-Kinzig-Kreis. Auf einer Fläche von 8.500 Quadratkilometern leben dort rund 3 Millionen Menschen.



Die Raumaufteilung innerhalb der Studie wurde in die folgenden drei Kategorien eingeteilt:



Metropole



Stadt



Land

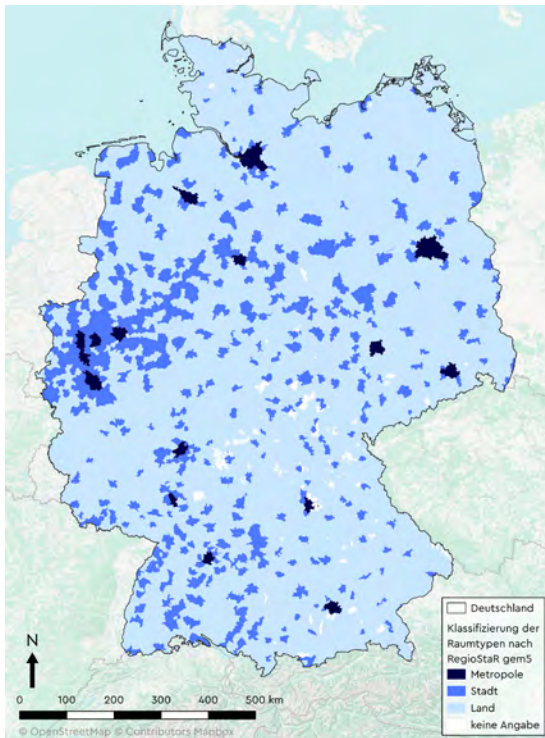


Abbildung 5: Geografische Darstellung der Raumtypen Metropole, Stadt, Land in Deutschland

Verkehrsanalyse

Bestandsaufnahme und Mobilitätssimulation in der Beispielregion

Im ersten Schritt der Verkehrsanalyse wurde eine umfassende Bestandsaufnahme der aktuellen Verkehrsangebote erstellt, um darauf aufbauend ein Mobilitätskonzept mit vorwiegend autonomen Angeboten zu erarbeiten.

Zudem wurde der Mobilitätsbedarf für das Jahr 2045 in der Beispielregion ermittelt. Als Grundlage diente eine Vielzahl an Daten, wie soziodemografische Daten, geografische Informationen und verkehrliche Daten, z. B. Pendlerdaten, das ÖPNV-Angebot und Verkehrsnetze des öffentlichen und des privaten Verkehrs.

Um das Verkehrsverhalten der Menschen in der Beispielregion realistisch darzustellen, wurde ein detailliertes Verkehrsmodell entwickelt, das einzelne Verkehrsteilnehmende und ihre Bewegungen genau abbildet, um die Verkehrsnachfrage zu ermitteln.

Grundlage ist die Kombination verschiedener Daten:

- feinräumige soziodemografische Daten,
- koordinatenscharfe Bebauungs- und Nutzungsdaten,
- Bewegungsprofile aus Telekommunikationsdaten,
- weitere Datensätze aus Mobilitätsstudien, wie zum Beispiel die Verkehrsmittelwahl, die Pkw-Verfügbarkeit, die Wegelängenverteilung je Zweck und ähnliche Informationen aus der MiD 2017.

Die Simulation berücksichtigt die Raumstruktur und die Verteilung der Aktivitäten in der Beispielregion, da sie das Verkehrsverhalten maßgeblich beeinflussen.

Das Ergebnis bildet die Wege von 3 Millionen statistisch modellierten Personen an einem typischen Werktag realitätsnah ab. Das entspricht 10 Millionen Wegen, die an einem typischen Werktag zurückgelegt werden. Für jeden dieser Wege gibt es eine Vielzahl von Optionen, woraus sich insgesamt mehr als 52 Millionen mögliche Verkehrsmittelkombinationen ergeben.

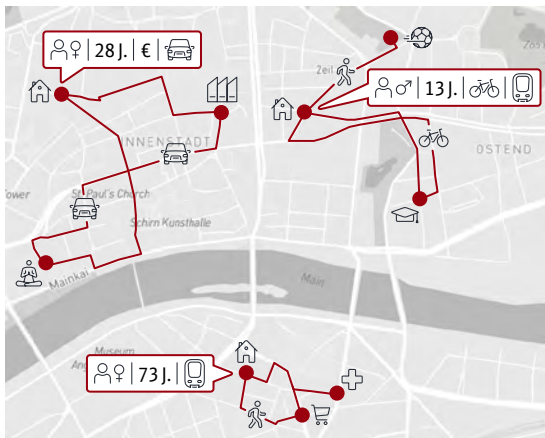


Abbildung 6: Illustrative Darstellung des Verkehrsverhaltens synthetischer Personen in der Mobilitätssimulation von ioki

Diese Analyse schafft Transparenz über die Qualität des bestehenden ÖV-Angebots in der Beispielregion. Die Untersuchung umfasst:

- detaillierte Abbildung des Verkehrsverhaltens
- Erreichbarkeitsanalyse basierend auf Haltestellenabdeckung
- detaillierte Bewertung der Angebotsqualität hinsichtlich Betriebszeiten, Abfahrtsfrequenz, Taktung

Dabei berücksichtigt die Analyse geographische Angebotslücken, die an einem typischen Werktag festgestellt wurden. Um das alltägliche Verkehrsverhalten zu erfassen, konzentriert sich die Studie auf einen typischen Werktag. Touristische Verkehre sowie Wochenendverkehre werden bewusst nicht erfasst. Sie entsprechen aufgrund eines abweichenden Nutzungsverhaltens und der zeitlichen Verteilung nicht dem alltäglichen Mobilitätsverhalten. Zusammenfassend liefert die Analyse des Status quo für einen typischen Werktag folgende Informationen:

- sämtliche Wege der Bevölkerung in der Beispielregion
- Nachfrage-Kennzahlen:
 - Anzahl Wege nach Verkehrsmittel
 - Anzahl Pkm nach Verkehrsmittel
 - Anzahl Pkm nach ÖPNV-Produkt
- Betriebliche Kennzahlen wie Betriebskilometer für Schienenpersonennahverkehr, Bus und Tram nach Raumeinheit

Modellierung der Verkehrsmittelwahl für die Beispielregion

Mit einem verhaltensbasierten Simulationsmodell wurde untersucht, wie die Bevölkerung auf das neue Verkehrsangebot im Jahr 2045 bei ihrer Verkehrsmittelwahl reagiert. Die Simulation basiert auf dem Konzept des Random Utility Models, einem bewährten Ansatz der diskreten Entscheidungstheorie.⁹ Im Modell wird jeder Verkehrsmitteloption ein Wert zugeordnet, der die Attraktivität dieser Option für die Nutzenden darstellt. Maßgebliche Einflussgrößen dieses Nutzens sind:

- die Tür-zu-Tür-Reisezeit,
- der Preis in Form von Tickets oder Energie- bzw. Kraftstoffkosten,
- sowie der Komfort, dargestellt durch die Anzahl erforderlicher Umstiege und die Taktfrequenz im ÖV.

Je höher der ermittelte Nutzen einer Option, desto wahrscheinlicher wählen die Nutzenden diese Option für ihre Mobilität.

Die Wahrnehmung einzelner Faktoren – etwa Zeit- oder Kostenersparnis – unterscheidet sich individuell stark. Deshalb wird dem Modell eine Zufallskomponente hinzugefügt. Sie stellt sicher, dass nicht zwangsläufig immer die objektiv „beste“ Option gewählt wird.

Im Modell wird eine eher rational handelnde Person unterstellt, da sich die subjektiven Entscheidungskriterien, wie z. B. Umwelt- und Gesundheitsbewusstsein oder der emotionale Wert des eigenen PKW, nicht auf alle Personen übertragen lassen und daher kein Bestandteil des Modells sind.

Die Entscheidung, ob man z. B. den Pkw oder den ÖPNV nutzt, erfolgt anhand eines Modells. Dazu wird für jede simulierte Person ein typischer Tag mehrfach unter verschiedenen Kombinationen durchgerechnet. Analog zur Verkehrsmittelwahl wird jeder Kombination ein Nutzenwert zugewiesen, der durch eine Zufallskomponente ergänzt wird.

Die Pkw-Nutzung im Modell ist somit nicht emotional begründet, sondern stark an die notwendige Mobilitätsanforderung gekoppelt. Besonders wichtig dabei ist, wie effizient die Mobilitätsbedürfnisse erfüllt werden können.



Prof. Dr. Meike Jipp

Bereichsvorständin für Energie und Verkehr
des Deutschen Zentrums für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR)

»Mobilität ist emotional geprägt und stark von Routinen beeinflusst – über Jahre eingeübt, fällt Veränderung oft schwer. Umso überraschender erscheint das Modell der Studie, das rationale Entscheidungen betont. Doch gerade dieser Ansatz liefert wertvolle Erkenntnisse zur Entstehung von Mobilitätsroutinen – und damit zur menschenzentrierten Gestaltung autonomer Angebote als Schlüssel zur Mobilitätstransformation.«

⁹ Vgl. Kenneth E. Train (2009): *Discrete Choice Methods with Simulation*.



Betriebssimulation der flexiblen Mobilitätsangebote

Für alle drei in der Studie betrachteten Szenarien wurde für die Beispielregion eine detaillierte Betriebssimulation flexibler Mobilitätsangebote durchgeführt. Die Betriebssimulation basiert auf den Ergebnissen der Nachfrageprognose, die sich aus dem Verkehrsmittelwahlmodell ergibt. Zunächst wurden die Angebotsparameter entsprechend den in den einzelnen Szenarien festgelegten Prämissen definiert. Das zentrale Element der Simulation liegt in der optimalen Zuordnung von Fahrzeugen zu Kundenwünschen in Echtzeit. Dies geschieht mittels eines Matching-Algorithmus unter strikter Einhaltung der gegebenen Randbedingungen. Die Simulation ermöglicht die präzise Berechnung der benötigten Fahrzeuganzahl, um die definierten Qualitätsversprechen zu erfüllen. Darüber hinaus werden zahlreiche operative Kennzahlen des Betriebs wie Fahrzeugkilometer, Leerkilometer, Auslastung berechnet. Diese umfassende Analyse erfolgt ebenfalls durch Simulieren eines typischen Werktags und liefert fundierte Erkenntnisse für die Bemessung und Optimierung flexibler Mobilitätsangebote.

Hochrechnung auf Deutschland

Auf Basis der umfassenden Bestandsaufnahme, der Mobilitätssimulation sowie der modellierten Verkehrsmittelwahl und Betriebssimulation in der Beispielregion wurden zentrale Kennzahlen abgeleitet. Diese wurden anschließend mithilfe etablierter Hochrechnungsverfahren systematisch auf das gesamte Bundesgebiet übertragen.

Die zentralen Komponenten dieser Hochrechnung sind:

- Bevölkerungsfaktoren zur raumtyp-spezifischen Skalierung,
- Tag-zu-Jahr-Faktoren für die zeitliche Extrapolation sowie
- spezifische Korrekturfaktoren: Diese orientieren sich am Status quo und basieren auf etablierten statistischen Quellen wie „Verkehr in Zahlen“ oder Daten des Statistischen Bundesamtes, um eine realitätsnahe Anpassung an die bundesweiten Gegebenheiten zu gewährleisten.

Die Hochrechnung erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurden zentrale Kerngrößen ermittelt, aus denen anschließend weitere Kennzahlen systematisch abgeleitet wurden.

Dieses Vorgehen zeigt sich exemplarisch bei Kostenrechnungen: Hier wurden nicht die Gesamtkosten der Beispielregion als Ganzes hochgerechnet. Stattdessen wurden die einzelnen Kostenkomponenten skaliert und anschließend unter Anwendung der jeweiligen Kostensätze zu den bundesweiten Gesamtkosten aggregiert. Dieses Detailvorgehen gewährleistet eine höhere Präzision.

Alle zugrunde liegenden Preise und Kostenwerte sowie die Ergebnisse der Studie wurden inflationsbereinigt, um eine bessere Vergleichbarkeit mit dem heutigen Stand zu gewährleisten.



Analyse der Effekte auf Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft

Im Anschluss an die Verkehrsanalyse wurden die Auswirkungen der drei untersuchten Szenarien auf die Bereiche Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft durch Prognos untersucht. Ziel war es, die Tragweite der jeweiligen Szenarien auch in diesen Bereichen zumindest punktuell zu analysieren.

Die folgenden Fragestellungen bildeten dabei den Ausgangspunkt der Analyse:



Wirtschaft

- Welche Auswirkungen haben die Szenarien auf die deutsche Wirtschaft und im Besonderen auf die am stärksten betroffenen Branchen?



Umwelt

- In welchem Umfang ändert sich der CO₂-Ausstoß?
- Welchen Einfluss haben die Szenarien auf den Ressourcenverbrauch?



Gesellschaft

- Welche Effekte ergeben sich durch die verschiedenen Szenarien für die soziale Teilhabe?
- Welchen Einfluss haben die Szenarien auf die Lebensverhältnisse in städtischen und ländlichen Räumen?
- Welche Auswirkungen haben die Szenarien auf die Verkehrssicherheit?

Um die vielschichtigen Effekte realitätsnah und belastbar zu bestimmen, wurden mehrere Methoden miteinander kombiniert. Je nach Analysebereich kamen unterschiedliche methodische Schwerpunkte zum Einsatz. Grundlage sämtlicher Berechnungen waren die quantitativen Ergebnisse der Verkehrsanalyse zu den drei Szenarien – insbesondere zur Anzahl der Fahrzeuge, deren Fahrleistung sowie der Verteilung auf verschiedene Verkehrsträger. Diese Rahmenbedingungen wurden in die bei Prognos vorhandenen sektoralen und integrierten Modelle¹⁰ eingespeist und die Ergebnisse analysiert. Die verwendeten Modelle werden seit vielen Jahren für Gutachten im Auftrag von Bundesministerien, Verbänden und namhaften weiteren Akteuren eingesetzt.

Analyse der Effekte auf die Wirtschaft

Für die Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen kamen mehrere etablierte Prognos-Modelle zum Einsatz:

- Das Fachkräftemodell, das auf Daten der Bundesagentur für Arbeit basiert, diente zur Modellierung der Beschäftigungsentwicklung und des Fachkräftebedarfs.
- Die Modelle DINOS als Dynamisches Input-Output-System und MIKA als Modell zur Einkommens- und Konsumanalyse ermöglichten die Analyse der Steuer- und Konsumeffekte auf Basis volkswirtschaftlicher Input-Output-Tabellen und mikroskopischer Haushaltsdaten.

¹⁰ Siehe Prognos Modelllandschaft (2025).



- Die Entwicklung des Pkw-Bestands sowie der Neuzulassungen wurde mit dem Kohortenmodell simuliert. Dieses basiert auf Zeitreihen des Kraftfahrt-Bundesamtes und bildet Fahrzeugflotten dynamisch und altersdifferenziert ab.

Analyse der Effekte auf die Umwelt

Für die Bewertung der ökologischen Effekte wurde auf umfangreiche Literatur- und Datenrecherchen zurückgegriffen, die in eigene Modelle integriert wurden. Diese Modelle berücksichtigen unter anderem demografische, wirtschaftliche, rechtliche, technologische und marktliche Rahmenbedingungen.

- Die Ermittlung des CO₂-Ausstoßes erfolgte anhand der recherchierten Fußabdrücke für die Produktion der unterschiedlichen Fahrzeugkomponenten, beispielsweise Batterie, Motor, Karosserie. Aus diesen Komponenten wurden die unterschiedlichen angenommenen Fahrzeugtypen konfiguriert und mit ihrer jeweiligen Menge in den Szenarien multipliziert.
- Die Ermittlung des Rohstoffbedarfs in der Fahrzeugproduktion wurden die recherchierten Daten in eigene Rechenmodelle der Kreislaufwirtschaft eingespielt. Die Analyse erfolgte in enger Verzahnung mit dem Kohortenmodell, um auch technologische Entwicklungen und Veränderungen der Antriebstechnologien adäquat abbilden zu können.

Analyse der Effekte auf die Gesellschaft

Zur Bewertung der gesellschaftlichen Effekte wurde im Mai 2025 eine repräsentative Bevölkerungsbefragung (n = 2.000) durch das Marktforschungsinstitut Innofact

AG durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden mithilfe hausinterner Rechenmodelle auf die Gesamtbevölkerung hochgerechnet.

- Im Rahmen der Stated-Preference-Befragung wurden Einschätzungen zu sozialen Teilhabemöglichkeiten abgefragt. Diese konnten als Ergebnisse unmittelbar übernommen werden.
- Das zugrunde liegende Indikatorenmodell des Prognos Zukunftsatlas® wurde aktualisiert und ermöglichte eine differenzierte Bewertung der regionalen Entwicklungschancen unter Berücksichtigung der Szenarien.
- Mit Hilfe des Wanderungsmodells, basierend auf Daten des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), wurde die künftige räumliche Bevölkerungsverteilung modelliert.
- Die Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Flächenverbrauch wurden mithilfe von Datenbanken analysiert, die unter anderem im Rahmen des ADAC-Mobilitätsindex entwickelt wurden. Diese erlauben eine differenzierte Auswertung nach Szenarien und Befragungsergebnissen. Auswirkungen auf das subjektive Sicherheitsempfinden durch autonome Fahrzeuge wurden nicht abgefragt oder modellbasiert untersucht.

Alle Ergebnisse wurden möglichst weit miteinander in Kontext gesetzt, um mögliche Wechselwirkungen und systemische Zusammenhänge zwischen den untersuchten Bereichen zu berücksichtigen.



Szenarien und Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der verkehrlichen Analyse dargestellt. Grundlage bilden drei Szenarien, die jeweils eine mögliche Entwicklungsrichtung für den Einsatz autonomer Straßenfahrzeuge nach SAE-Level 4 im Personenverkehr abbilden.

Szenarien sind systematisch entwickelte und in sich schlüssige Darstellungen möglicher zukünftiger Entwicklungen. Sie zeigen auf, wie sich ein System unter bestimmten Annahmen und Rahmenbedingungen entwickeln könnte, ohne eine konkrete Vorhersage zu treffen. Im Unterschied zu Prognosen beschreiben Szenarien keine wahrscheinliche Zukunft, sondern eröffnen alternative Zukunftsbilder. Sie helfen, Unsicherheiten sichtbar zu machen, Zusammenhänge zu verstehen und die möglichen Folgen unterschiedlicher Entwicklungen besser einzuordnen.

Die in dieser Studie gewählten Szenarien basieren auf Annahmen, die in den Szenarienbeschreibungen erläutert werden. Sie beschreiben jeweils den „eingeschwungenen Zustand“ des Mobilitätssystems zum gewählten Zeitpunkt im Jahr 2045. Damit ist ein langfristig stabiler Zustand des Modal Split gemeint. Der Modal Split beschreibt die prozentuale Aufteilung der genutzten Verkehrsmittel nach Wegen und Personenkilometern – etwa Auto, Fahrrad, Bus, Bahn oder das Zu Fußgehen. In Deutschland ist diese Verteilung seit Jahren relativ stabil, das heißt, die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel haben sich in den letzten 20 Jahren nur maximal 5 Prozentpunkte verändert.¹¹ Diese Studie geht davon aus, dass sich nach der Einführung und Etablierung des autonomen Fahrens erneut ein solcher eingeschwungener Zustand einstellen wird. Genau diesen zukünftigen Zustand bilden die jeweiligen Szenarien ab.

Die bewusste Differenzierung der Szenarien dient zum Verständnis und zur Bewertung möglicher Entwicklungspfade. Jedes einzelne Szenario ist in sich plausibel und beschreibt eine mögliche Zukunft.

¹¹ MiD 2023.



Das Basis-Szenario

Beschreibung

Das **Basis-Szenario** beschreibt einen eingeschwungenen Zustand, in dem der durch die öffentliche Hand organisierte Straßenpersonenverkehr nicht mehr fahrerbasiert, sondern vollständig autonom betrieben wird. Die Technologie wird genutzt, um den Fahrpersonalmangel dauerhaft zu überwinden und bestehende Linienverkehre effizient zu betreiben. Im Ergebnis bleibt das heutige Angebot nicht nur im Wesentlichen erhalten, sondern wurde entlang bestehender Entwicklungstrends moderat erweitert. Autonome Ride-Hailing-Dienste, sogenannte Robotaxis, gibt es in diesem Szenario nicht, um die Effekte der Autonomisierung des ÖPNV isoliert aufzuzeigen.

Das Szenario wurde gewählt, um zu untersuchen, ob autonomes Fahren einen Beitrag zur Lösung der aktuell konkreten Herausforderungen der ÖPNV-Branche – Fahrermangel und Finanzierbarkeit des Angebots – leisten kann.

I. Der öffentlich zugängliche Verkehr

Im Folgenden wird der ÖPNV näher beschrieben, insbesondere seine Qualität für die Nutzenden, die Zusammensetzung des Angebots und die Preisstruktur.

1. Die Angebotsqualität

Zur Beschreibung der Qualität des ÖPNV werden im Folgenden vier Kriterien genutzt, um ein möglichst umfassendes Bild der Angebotsqualität aus Sicht der Nutzenden zu liefern.

- **Zeitliche Erschließungsqualität – die „Zeit von Wunsch bis Einstieg“**

Die zeitliche Erschließungsqualität misst die durchschnittliche Zeitspanne zwischen dem Entstehen eines Mobilitätsbedarfs und dem tatsächlichen Einstieg in das Verkehrsmittel, das den Fahrgast in Richtung seines gewünschten Ziels befördert. Anders als klassische Taktangaben berücksichtigt dieses Kriterium ausschließlich die Verbindungen, die Fahrgäste in die Richtung ihres Ziels bringen. Entscheidend ist somit nicht, wann irgendein Fahrzeug eintrifft, sondern wann das passende Verkehrsmittel verfügbar ist.

- **Räumliche Erschließungsqualität – die „Distanz zur Haltestelle“**

Die räumliche Erschließungsqualität gibt an, welche Strecke Nutzende durchschnittlich bis zum Einstieg in das Verkehrsmittel, das sie in die Richtung ihres Ziels bringt, zurücklegen müssen. Sie bildet somit die Erreichbarkeit des passenden Verkehrsmittels im Sinne des individuellen Mobilitätsbedarfs ab.

- **Intermodale Verbindungsqualität – die „Anzahl der Umstiege“**

Die intermodale Verbindungsqualität beschreibt die durchschnittliche Anzahl der Umstiege, die auf einer typischen Fahrt erforderlich sind. Sie gibt Aufschluss darüber, wie direkt oder unterbrechungsfrei eine Strecke mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden kann und spiegelt damit die Nutzerfreundlichkeit intermodaler Verbindungen wider.



- **Reisezeitliche Verbindungsqualität – die „Fahrzeit im Vergleich zum MIV“**

Die reisezeitliche Verbindungsqualität zeigt auf, wie viel länger eine Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Durchschnitt dauert, verglichen mit der direkten Fahrt mit dem Pkw. Bei der Ermittlung der Reisezeit öffentlicher Mobilität werden die erforderlichen Umstiege berücksichtigt. In der Berechnung der MIV-Reisezeit werden entsprechende Parksuchzeiten einbezogen. Sie gibt damit einen wichtigen Hinweis darauf, wie attraktiv der ÖPNV für den Alltag der Nutzerinnen und Nutzer ist.



Abbildung 7: Grafische Darstellung der vier Kriterien zur Beschreibung der Angebotsqualität

Im Folgenden wird die Angebotsqualität im **Basis-Szenario** differenziert nach den drei Raumtypen Metropole, Stadt, Land dargestellt. In diesem Szenario bezieht sich die Bewertung auf das durch die öffentliche Hand organisierte ÖPNV-Angebot.

Metropole

In Metropolen ist das Angebot des ÖPNV bereits heute sehr gut ausgebaut. Die durchschnittliche Wartezeit liegt – wie auch im Status quo – bei rund 7 Minuten. Die nächste Haltestelle ist im Durchschnitt in 313 Metern erreichbar und damit etwas näher als heute mit 327 Metern. Wie aktuell müssen Reisende im Schnitt nur 0,4-mal umsteigen, sodass die meisten Strecken direkt zurückgelegt werden können.

Während Fahrten mit Bus und Bahn heute im Durchschnitt rund 28 Prozent länger dauern als mit dem Pkw, beträgt der Unterschied im Szenario nur noch rund 13 Prozent. Damit verbessert sich die Reisezeit im ÖPNV deutlich. Insgesamt machen die hohe Verfügbarkeit, der dichte Takt und die verkürzten Wege den Nahverkehr zu einer noch attraktiveren und alltagstauglichen Mobilitätsoption.



Abbildung 8: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo

Stadt

In Städten ist das Nahverkehrsangebot solide, erreicht aber nicht die Dichte der Metropolen. Die durchschnittliche Wartezeit liegt wie im Status quo bei durchschnittlich 14 Minuten. Die Haltestellen sind ähnlich gut erreichbar wie heute, im Schnitt rund 318 Meter entfernt. Auf vielen Wegen ist analog zu heute mindestens ein Umstieg erforderlich; durchschnittlich sind es 0,7 pro Fahrt. Insgesamt dauert eine städtische Fahrt mit dem ÖPNV im Status quo etwa 66 Prozent länger als mit dem Pkw, im **Basis-Szenario** verbessert sich dieser Wert auf 48 Prozent. Trotz kleiner Verbesserungen gegenüber heute bleibt das Angebot funktional, aber weniger komfortabel und flexibel als in Metropolen.

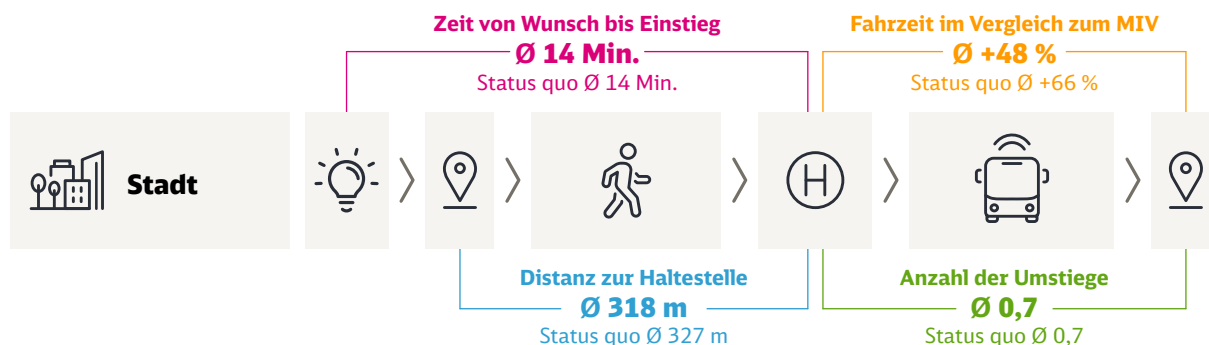


Abbildung 9: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Stadt im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo

Land

Im ländlichen Raum ist das Nahverkehrsangebot deutlich eingeschränkter. Wer Bus oder Bahn nutzen möchte, muss ähnlich wie heute im Durchschnitt 25 Minuten warten. Hier beträgt der Weg zur nächsten Haltestelle im Durchschnitt 336 Meter, was in dünn besiedelten Gebieten oft als weit empfunden wird. Auf nahezu jeder Strecke ist ein Umstieg nötig – im Status quo wie auch im **Basis-Szenario** im Schnitt 0,9-mal pro Fahrt. Eine Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln dauert im Status quo rund 112 Prozent länger als mit dem Pkw, im **Basis-Szenario** sind es noch 78 Prozent. Dadurch bleibt der ÖPNV im ländlichen Raum meist keine echte Alternative zum eigenen Fahrzeug.

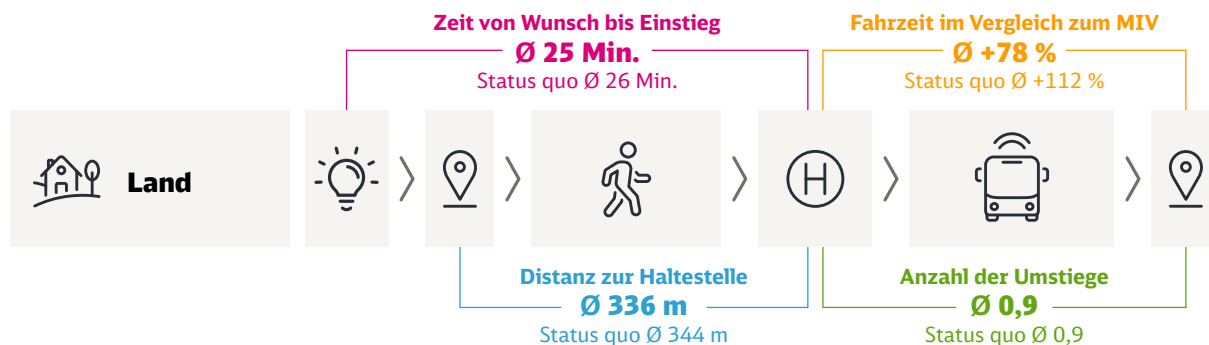


Abbildung 10: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Land im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo

Im **Basis-Szenario** verbessert sich die Angebotsqualität des ÖPNV insgesamt nur geringfügig. Der Komfort für Fahrgäste steigt nur geringfügig gegenüber dem heutigen Stand. Während Metropolen ein gutes Niveau erreichen, bestehen in Städten und besonders im ländlichen Raum weiterhin deutliche Defizite.

2. Die Zusammensetzung des Angebots

Die Grundlage für die zuvor beschriebene Angebotsqualität bildet die folgende Angebotsstruktur:

Der klassische ÖPNV

Der ÖPNV besteht wie heute im Wesentlichen aus Schienen- und Straßenverkehr.

- **Schienenverkehr:**

Der Schienenpersonennahverkehr (SPNV) wurde in Takt und Kapazität ausgeweitet – auf Grundlage bestehender Prognosen wie „Verkehr in Zahlen 2030“ und der „Verkehrsprognose 2040“ des Bundesministerium für Verkehr (BMV). Das Angebot im Schienenpersonenfern- und -nahverkehr bleibt fahrerbasiert und orientiert sich am geplanten Ausbau bis 2040. Konkret steigt die Fahrleistung auf der Schiene im Nah- und Regionalverkehr im Vergleich zum Status quo um etwa 20 Prozent von knapp 1,0 Milliarden auf 1,2 Milliarden Fahrzeugkilometer (Fzkm). Der Ausbau findet mit einer Erhöhung der Fzkm um 24 Prozent vor allem im städtischen und ländlichen Raum statt, in den Metropolen erfolgt eine Erhöhung um 10 Prozent.

- **Straßenverkehr:**

Alle straßengebundenen Linienverkehre werden mit autonomen Bussen durchgeführt. Diese Verkehre orientieren sich weitgehend am heutigen Liniennetz, wobei der Takt verbessert wurde, sodass die Linienbusse etwas häufiger verkehren als heute. Im straßengebundenen Linienverkehr steigen die Fzkm im Vergleich zum Status quo um etwa 23 Prozent, von knapp 3,5 Milliarden auf 4,3 Milliarden.

Neue Bedienformen wie On-Demand-Angebote bleiben weiterhin die Ausnahme. Auch sie werden autonom betrieben, sind jedoch nur punktuell und regional begrenzt verfügbar. Zwar erhöhen sich ihre Fzkm von heute 30 Millionen auf rund 95 Millionen, ihr Anteil an der Gesamtfahrzeugleistung im öffentlichen Straßenverkehr bleibt jedoch mit rund 2 Prozent vergleichsweise gering.

Die Integration der Verkehrsträger

Die multi- und intermodale Nutzbarkeit des ÖPNV wurde durch einzelne Maßnahmen moderat gesteigert.

- **Verkehrlich:**

Öffentlich organisierte Verkehrsangebote werden wie heute auf Basis lokaler und regionaler Nahverkehrspläne definiert. Die Verkehrsangebote sind nach geografischen Gebieten strukturiert, wobei jeweils die zuständige Stelle – im Straßenverkehr meist die Kommune oder der Landkreis, im Schienenverkehr das Bundesland oder der Verkehrsverbund – für das Angebot verantwortlich ist. Zwischen diesen Bereichen sind die Angebote zeitlich und räumlich nicht immer aufeinander abgestimmt.

In der Folge kommt es zum Teil zu längeren Umstiegen oder Umwegen mit negativen Auswirkungen auf Warte- bzw. Reisezeiten. In diesem Szenario wurden vor allem Taktverdichtungen und ein moderater Angebotsausbau zur Verbesserung des öffentlichen Verkehrsangebots umgesetzt. Eine stärkere verkehrliche Vernetzung zwischen den einzelnen Verkehrsträgern ist in diesem Szenario nicht erfolgt. Gleichzeitig steht in jeder Region ein ausreichender Anteil barrierefreier Schienen- und Straßenfahrzeuge zur Verfügung, sodass alle Personen, auch mit körperlichen Einschränkungen, das Angebot gemäß gesetzlichen Vorgaben nutzen können. Haltestellen und Bahnhöfe wurden im Rahmen kontinuierlicher Sanierungen ebenfalls hinsichtlich Barrierefreiheit und komfortabler Umstiege gestaltet.

- **Vertrieblich:**

Alle Verkehrsträger können über gemeinsame Mobilitätsplattformen gebucht, gesteuert und abgerechnet werden. Sie sind in zentrale digitale Vertriebskanäle integriert. Nutzerinnen und Nutzer erhalten somit über eine einzige App Zugang zu einem durchgängigen multimodalen Reiseangebot.

- **Tariflich:**

Ein deutschlandweit gültiges Abo im Nahverkehr vereinfacht die Nutzung des gesamten ÖPNV-Angebots. Dies führt trotz bestehender Tarif- und Angebotsgrenzen zu einer besseren multimodalen Nutzbarkeit. Zwischen öffentlichen und privatwirtschaftlichen Angeboten besteht weiterhin keine tarifliche Integration.

3. Der Angebotspreis

Der Preis für das deutschlandweite ÖPNV-Abo beträgt 58 Euro. Zusätzlich gibt es Einzelfahrscheine für 3,40 Euro pro Fahrt. Die verfügbaren On-Demand-Angebote sind wie heute regional unterschiedlich in die verschiedenen Tariflandschaften eingebunden und bepreist. Weitere Tariffifferenzierungen wurden aufgrund modellseitiger Restriktionen nicht abgebildet. Alle Preise sind inflationsbereinigt.

II. Der motorisierte Individualverkehr

Die Rahmenbedingungen für die Nutzung des Pkw bleiben im Wesentlichen unverändert im Vergleich zu heute. Vollständig fahrerlose Pkw für den privaten Gebrauch sind technologisch noch nicht verfügbar, wie im Kapitel Methodisches Vorgehen erläutert.

Im Szenario wurden sogenannte Push-Maßnahmen unterstellt, die die Nutzung des Pkw unattraktiver machen. Dabei handelt es sich um gesetzgeberische Eingriffe, die darauf abzielen, das wachsende Verkehrsaufkommen und die damit verbundenen Belastungen durch den Straßenverkehr zu reduzieren. Beispiele hierfür sind Kostensteigerungen, Zufahrtsbeschränkungen oder Tempolimits.

Für Autofahrerinnen und -fahrer bedeuten die gewählten Maßnahmen:

- Die Nutzungskosten steigen um 2 Cent pro gefahrenem Kilometer
- Die durchschnittliche tägliche Fahrzeit verlängert sich um etwa 2 Minuten

Welche konkreten Maßnahmen diese Effekte bewirken, wird bewusst offengelassen. Laut Einschätzung des Studienbeirats sind entsprechende Eingriffe aufgrund der zunehmenden Straßenverkehrsbelastung bis zum betrachteten Zielhorizont realistisch zu erwarten.



Ergebnisse

I. Entwicklung des Modal Splits

Wie sich das beschriebene Angebot auf die Verkehrsmittelwahl der Bevölkerung und somit auf den Modal Split auswirkt, zeigt sich anhand der folgenden beiden Kennzahlen:

Verkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen beschreibt die Gesamtzahl der von allen Personen unternommenen Wege innerhalb eines bestimmten Zeitraums, gemessen in Wegen pro Jahr.

Das **Basis-Szenario** zeigt hierbei eine leicht veränderte Verkehrsmittelverteilung im Vergleich zum Status quo. Der ÖV legt aufgrund des moderat verbesserten Angebots leicht um knapp 2 Prozentpunkte zu. Der MIV reduziert sich vor diesem Hintergrund und aufgrund der moderaten Push-Maßnahmen um etwa 2 Prozentpunkte auf 52 Prozent. Der Pkw bleibt damit für die meisten Wege das Verkehrsmittel der Wahl. Der Fußverkehr verzeichnet mit knapp 1 Prozentpunkt geringe Verluste, während der Radverkehr aufgrund der eBike-Nutzung um 1 Prozentpunkt minimal zunimmt.¹² Insgesamt zeichnet sich dieses Szenario durch das Fortbestehen der aktuellen Mobilitätsmuster aus.

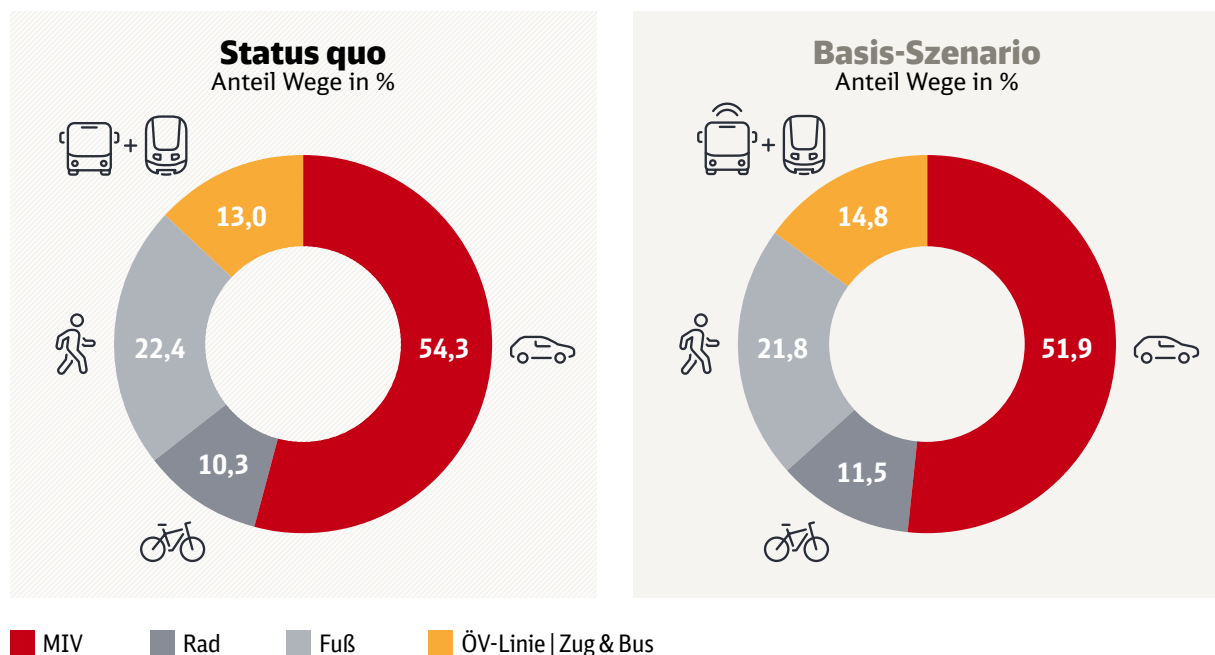


Abbildung 11: Modal Split Verkehrsaufkommen Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

¹² Die Nutzung einzelner Verkehrsmittel unterliegt unterjährigen Schwankungen, beispielsweise infolge saisonaler Witterungseinflüsse beim Fuß- und Radverkehr. Daher werden für die Stichtagsbetrachtung im Modell jahresdurchschnittliche Werte verwendet, um eine aussagekräftige Vergleichsbasis zu schaffen.

Verkehrsleistung

Die Verkehrsleistung beschreibt die Summe der von allen Personen im betrachteten Zeitraum zurückgelegten Strecken, gemessen in Personenkilometern (Pkm) pro Jahr.

Ähnlich wie beim Verkehrsaufkommen zeigt sich auch bei der Verkehrsleistung eine nur geringe Veränderung gegenüber dem Status quo. Der MIV bleibt trotz eines Rückgangs um 3 Prozentpunkte mit etwa drei Vierteln der gesamten Verkehrsleistung weiterhin das meistgenutzte Verkehrsmittel. Der ÖV verzeichnet einen Zuwachs von 3 Prozentpunkten im Modal Split. Dies ist in erster Linie auf den Ausbau der Schieneninfrastruktur und den damit verbundenen Angebotszuwachs im Schienenverkehr zurückzuführen, der von den Fahrgästen angenommen wird.

Die Verkehrsleistung der Schiene steigt deutlich um 43 Prozent auf 146 Milliarden Pkm. Die Verkehrsleistung beim Bus steigt dagegen nur um 13 Prozent auf 89 Milliarden Pkm. Der Rad- und Fußverkehr bleiben nahezu unverändert.

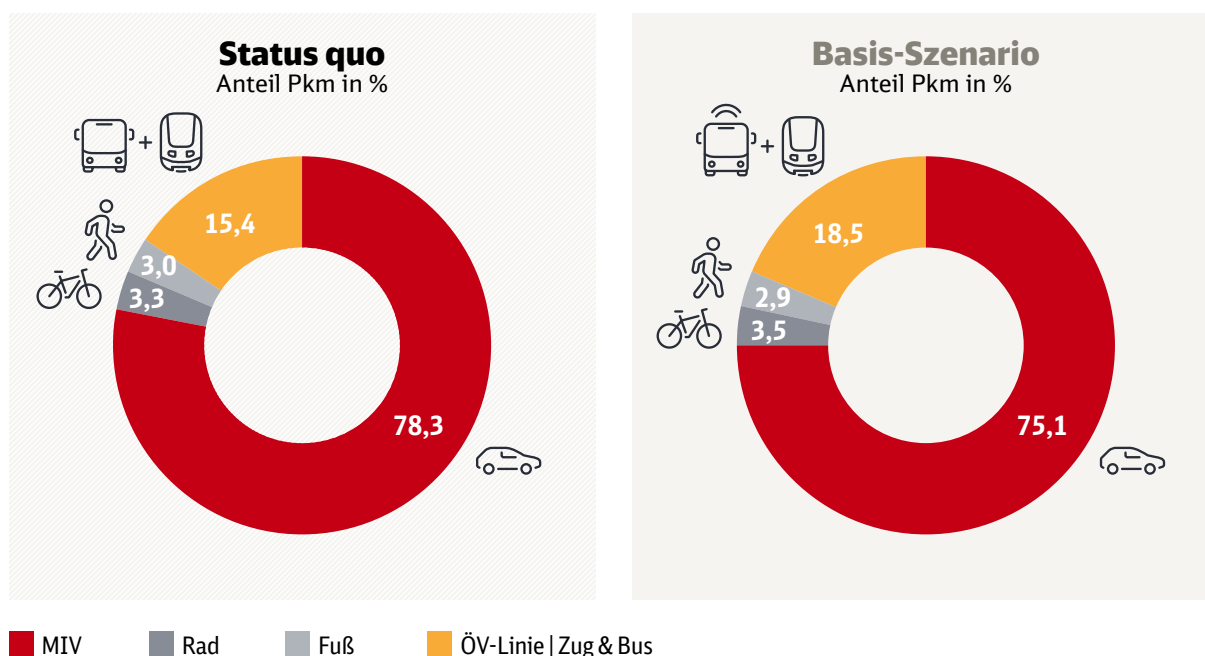


Abbildung 12: Modal Split Verkehrsleistung Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

II. Entwicklung der Mobilitätskosten

Gesellschaftliche Mobilitätsausgaben

Im **Basis-Szenario** steigen die Mobilitätskosten für die Gesellschaft im Vergleich zum Status quo um 29 Milliarden Euro auf 373 Milliarden Euro pro Jahr an. Das entspricht einer inflationsbereinigten Zunahme der Kosten um etwa 8 Prozent. Den größten Anteil daran hat die Steigerung der Ausgaben im MIV um 25 Milliarden Euro unter anderem infolge der angenommenen Push-Maßnahmen. Die höchsten prozentualen Kostensteigerungen entfallen auf den Schienenverkehr, dessen Ausgaben infolge des angenommenen Angebotsausbaus um rund 20 Prozent zunehmen. Bei den Busverkehren übersteigen die Produktivitätsgewinne durch autonomes Fahren die Kosten des Angebotsausbaus, sodass es insgesamt zu einer Senkung der Betriebskosten um 14 Prozent kommt. Hier zeigt sich das Effizienzpotenzial autonom betriebener Verkehre.

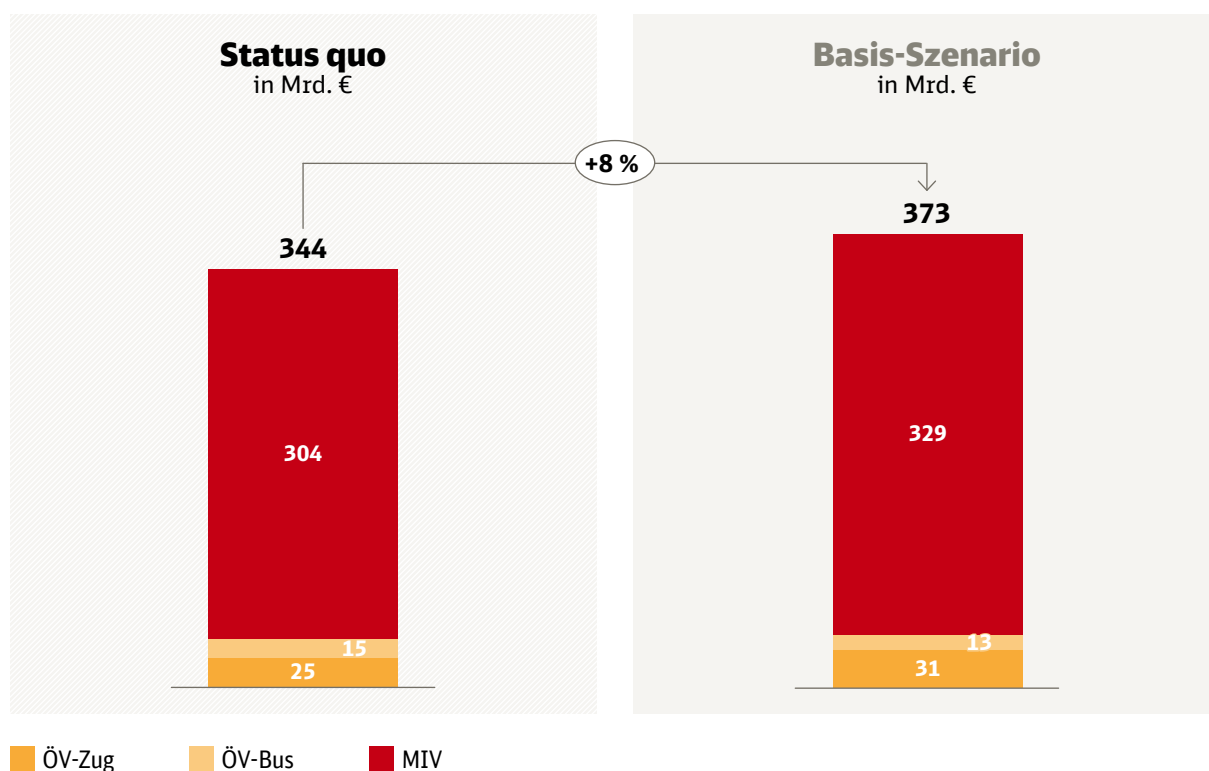


Abbildung 13: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Angebotskosten, Einnahmen und staatlicher Finanzierungsbedarf im ÖPNV

Im **Basis-Szenario** beläuft sich der staatliche Finanzierungsbedarf auf jährlich 21 Milliarden Euro. Damit ergibt sich eine Verbesserung gegenüber dem Status quo, in dem der Finanzierungsbedarf bei 24 Milliarden Euro liegt. Die Mehreinnahmen übertreffen den Zuwachs der Ausgaben, sodass der staatliche Finanzierungsbedarf um 3 Milliarden Euro sinkt. In der Folge kann die öffentliche Finanzierungsquote von derzeit 65 Prozent auf 56 Prozent reduziert werden.

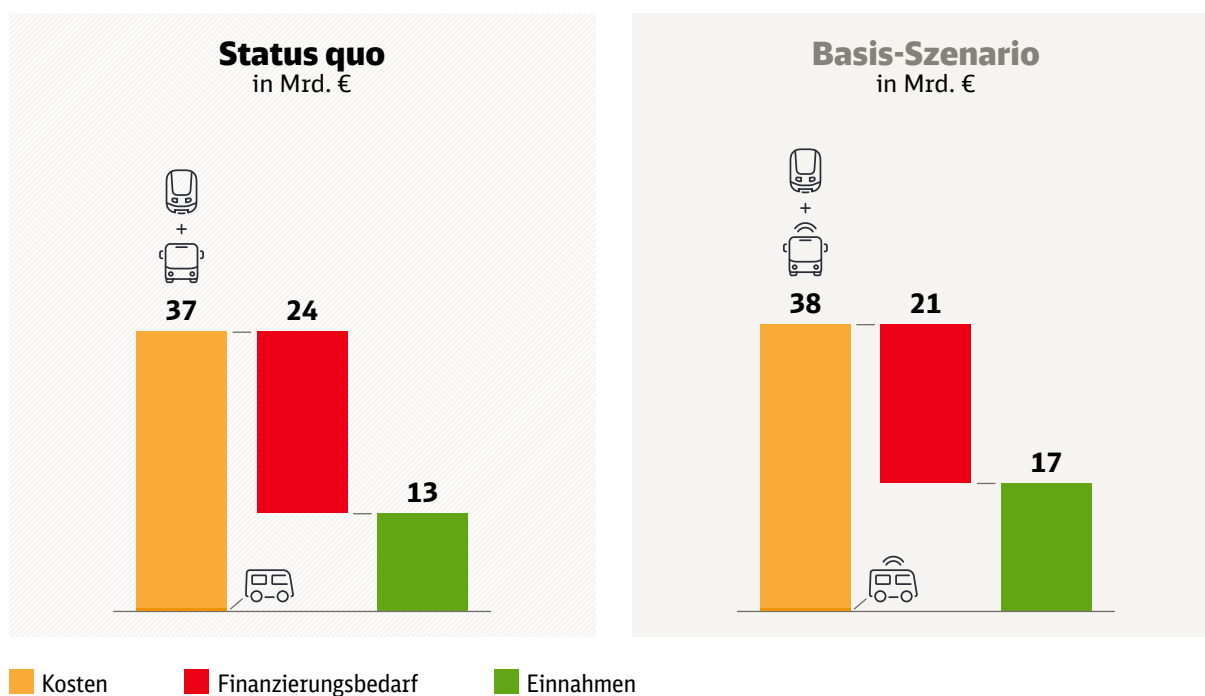


Abbildung 14: Angebotskosten und -einnahmen im ÖPNV sowie staatlicher Finanzierungsbedarf im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro

Erreicht wird diese Entwicklung einerseits durch eine Senkung der Kosten durch den Einsatz autonomer Busse im straßengebundenen ÖPNV. Andererseits gewinnt der ÖPNV durch den Angebotsausbau auf der Schiene und beim Linienbus an Attraktivität und kann dadurch die Einnahmen in relevanter Höhe steigern. Dies spiegelt sich auch in der Anzahl genutzter Abo-Tickets im **Basis-Szenario** wider, die 9 Prozent über dem Niveau des Status quo liegt.

Allein daraus resultieren zusätzliche Einnahmen von rund 700 Millionen Euro. Die Erhöhung des Abo-Ticketpreises von 49 Euro im Status quo auf 58 Euro im **Basis-Szenario** steigert die Einnahmen nochmals um 1,5 Milliarden Euro.

Das verbleibende Delta bei den Einnahmen zwischen Status quo und **Basis-Szenario** resultiert aus zusätzlichen Verkäufen von Einzeltickets.

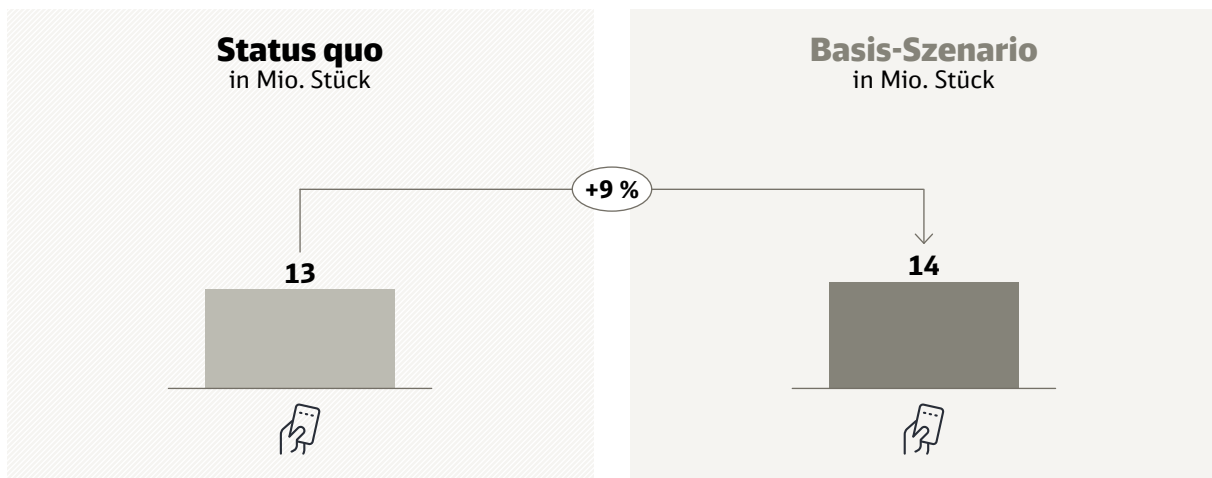


Abbildung 15: Anzahl Abo-Tickets im ÖPNV im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

III. Verkehrliche Effekte

Entwicklung des Fahrzeugbestands

Der Fahrzeugbestand entwickelt sich im **Basis-Szenario** weitgehend seitwärts, da der Pkw-Markt in Deutschland bereits heute nahezu gesättigt ist. Entsprechend steigt der Fahrzeugbestand nur geringfügig auf etwas über 50 Millionen Pkw, was einer Zunahme von 3 Prozent entspricht. On-Demand-Angebote spielen weiterhin lediglich eine marginale Rolle mit weniger als 2.000 ÖV-Shuttles, die aus der Fortschreibung der geringen heutigen Verfügbarkeit entstehen. Auch im straßengebundenen Linienverkehr werden rund 17.000 zusätzliche Linienbusse für die Ausweitung des Angebots entlang der prognostizierten Nachfrage benötigt. Die Betrachtung der Anzahl an Schienenfahrzeugen spiegelt den für den geplanten Schienenausbau benötigten Fahrzeugbedarf wider.

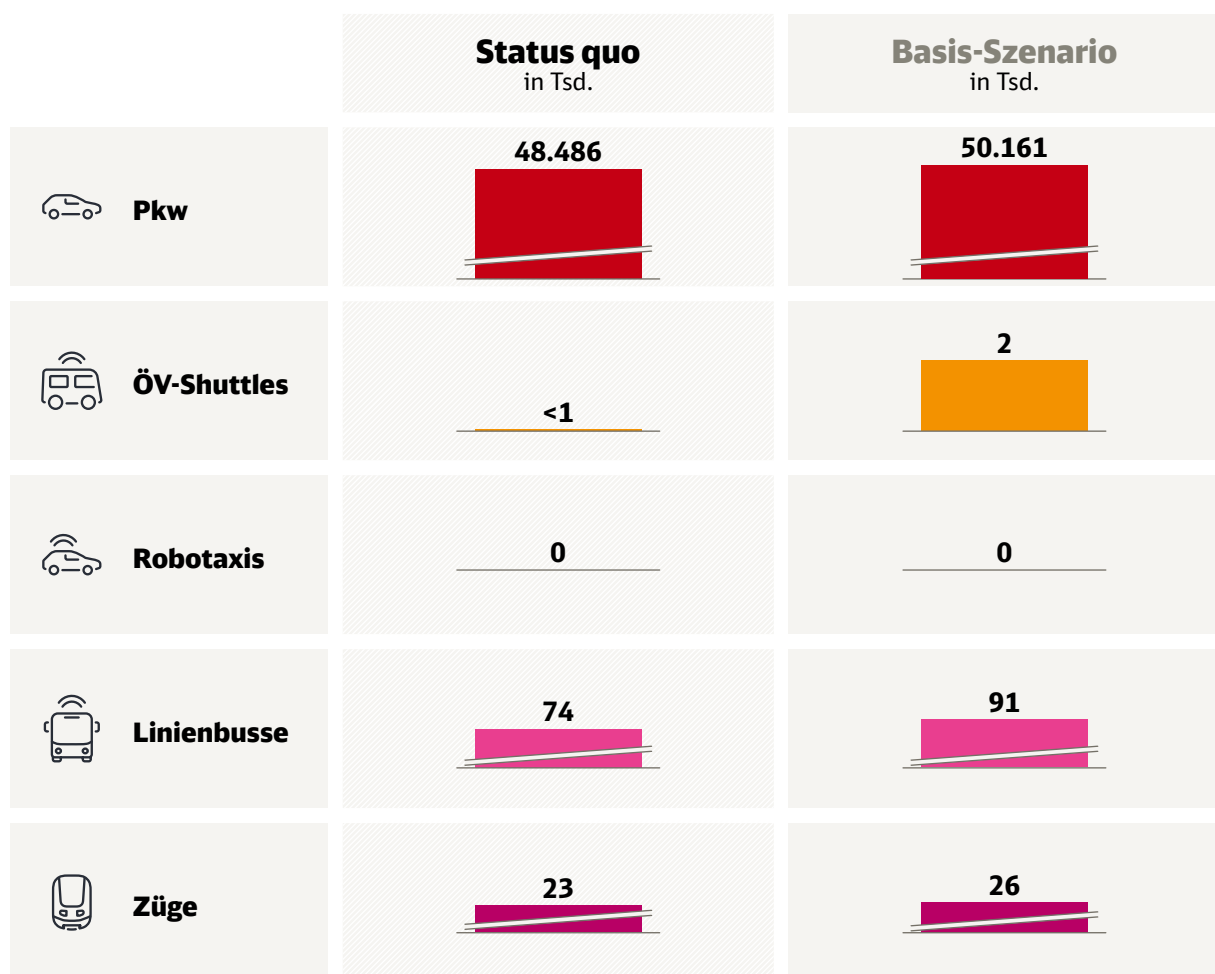


Abbildung 16: Entwicklung Fahrzeugbestand im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen

Straßenverkehrsbelastung

Im Vergleich zum Status quo wird die jährliche Straßenverkehrsbelastung, gemessen in Fzkm, im **Basis-Szenario** weiter steigen. Die Fzkm in den Metropolen wachsen in diesem Szenario innerhalb der nächsten 20 Jahre auf 63 Milliarden – ein Zuwachs von etwa 9 Prozent. Im städtischen Raum steigt die Belastung durch den Straßenverkehr um 6 Prozent, im ländlichen Raum um 2 Prozent. In diesem Szenario wird deutlich, dass sich bestehende verkehrliche Herausforderungen in Städten – insbesondere in Metropolen – noch weiter verschärfen.

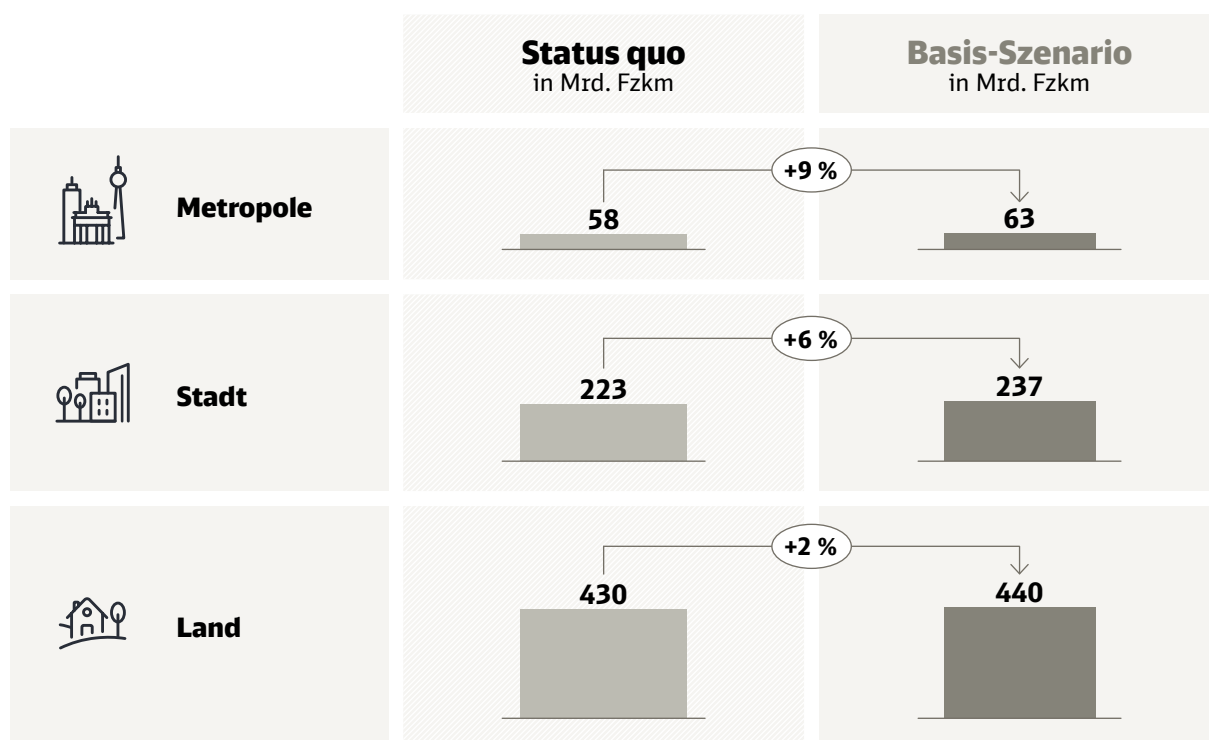


Abbildung 17: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Bewertung und Einordnung

Die Analyse der Auswirkungen autonomen Fahrens auf den Linienbusverkehr zeigt das Potenzial der Technologie. Durch den Einsatz der Technologie wird eine Angebotserweiterung der Fzkm um 23 Prozent ermöglicht. Die Effizienzsteigerung durch autonomes Fahren überkompensiert dabei die zusätzlichen Kosten der Angebotsausweitung, sodass die Betriebskosten trotz Angebotsausweitung um 14 Prozent sinken.

Insgesamt verändert sich das öffentliche Mobilitätssystem durch autonomes Fahren nur moderat. Zwar wird im Linienbusverkehr die Fahrleistung um 23 Prozent erhöht, die Nutzung in Pkm steigt jedoch lediglich um 13 Prozent. Zum Vergleich: Der Ausbau der Schienenfahrleistung um 20 Prozent – unabhängig vom autonomen Fahren im Straßenverkehr – führt zu einer Zunahme der Pkm von 43 Prozent.

Der Angebotsausbau im Linienbusverkehr konzentriert sich mit 37 Prozent auf ländliche Regionen, während der Nutzungszuwachs mit 19 Prozent vor allem in Metropolen und Städten erfolgt. Trotz des überproportionalen Ausbaus auf dem Land steigt die Nutzung dort nur unterdurchschnittlich, während in städtischen Gebieten ein vergleichsweise geringer Angebotsausbau zu einem überproportionalen Nutzungszuwachs führt.

Ursache dürfte das weiterhin niedrige Angebotsniveau in ländlichen Regionen sein – Wartezeiten und Reisezeitaufschläge gegenüber dem Pkw haben sich im Vergleich zum Status quo kaum verbessert.

Die höhere Effizienz im Linienbusverkehr und die zusätzlichen Einnahmen durch die gestiegene Nutzung des ÖPNV führen insgesamt zu einer Reduzierung des staatlichen Finanzierungsbedarfs um 3 Milliarden Euro gegenüber dem Status quo.

Gleichzeitig erhöhen zusätzliche Verkehre und eine weiterwachsende Nutzung des Pkw aber die Straßenverkehrsbelastung in den Metropolen um 9 Prozent, was dort zu einer weiteren Verschlechterung der Verkehrslage führt.

Zusammenfassend lassen sich zwar die betrieblichen Herausforderungen der Busunternehmen durch autonomes Fahren lösen. Die Angebotsqualität aus Sicht der Fahrgäste verbessert sich im **Basis-Szenario** jedoch nur geringfügig. Entsprechend verändert sich die Verkehrsmittelwahl der Bevölkerung kaum. Der Anteil der Wege, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden, steigt um 14 Prozent, die Verkehrsleistung in Personenkilometer um 20 Prozent. Insbesondere im ländlichen Raum bleibt die Attraktivität des öffentlichen Mobilitätsangebots trotz Ausbau weiterhin gering.

Das Wettbewerb-Szenario

Beschreibung

Das **Wettbewerb-Szenario** baut auf dem **Basis-Szenario** auf und erweitert dieses um ein zusätzliches Mobilitätsangebot: privatwirtschaftliche Robotaxis. Es beschreibt einen eingeschwungenen Zustand, in dem sich die Angebotslandschaft im öffentlich zugänglichen Verkehr verändert hat: Neben dem durch die öffentliche Hand organisierten ÖPNV besteht ein privatwirtschaftlich betriebenes Robotaxi-System, das flexible und individuell nutzbare Mobilitätsangebote bereitstellt. Zwischen beiden Systemen findet keine Integration statt – sie bestehen nebeneinander und konkurrieren teilweise um Fahrgäste.

Das Szenario dient dazu, die Auswirkungen einer wettbewerbsorientierten Einführung autonomer Mobilität auf SAE-Level 4 zu untersuchen. Es zeigt, wie sich das Verkehrssystem entwickelt, wenn autonome Fahrzeuge nicht mit dem bestehenden ÖPNV-Angebot integriert, sondern als paralleles Angebot etabliert werden.

In den USA und China sind privatwirtschaftlich betriebene Robotaxis bereits im fahrerlosen und kommerziellen Betrieb. Diese internationalen Akteure zeigen inzwischen deutliches Interesse am europäischen und auch am deutschen Markt und bereiten erste Aktivitäten vor.

Das **Wettbewerb-Szenario** wurde gewählt, um diese aktuellen Marktentwicklungen aufzugreifen und für Deutschland zu untersuchen.

I. Der öffentlich zugängliche Verkehr

Im Folgenden werden die Qualität für Nutzende, die Zusammensetzung des Angebots und die Preisstruktur des öffentlich zugänglichen Verkehrsangebots im **Wettbewerb-Szenario** näher beschrieben. Unter öffentlich zugänglichen Verkehrsangeboten werden dabei sowohl die ÖV-Angebote als auch die privatwirtschaftlich betriebenen Robotaxi-Angebote verstanden.

1. Die Angebotsqualität

Zur Beschreibung der Qualität des öffentlich zugänglichen Verkehrsangebots werden, wie im **Basis-Szenario**, vier Kriterien herangezogen, um ein möglichst umfassendes Bild der Angebotsqualität aus Sicht der Nutzenden zu liefern. Im Folgenden werden diese anhand der Raumtypen *Metropole*, *Stadt*, *Land* dargestellt:

Metropole

In Metropolen zeigt sich im **Wettbewerb-Szenario** eine deutliche qualitative Weiterentwicklung des öffentlichen Nahverkehrs gegenüber dem Status quo. Die durchschnittliche Wartezeit sinkt von heute rund 7 Minuten auf etwa 5 Minuten. Auch die Haltestellen sind besser erreichbar: Mit durchschnittlich 292 Metern liegt die Entfernung leicht unter dem aktuellen Wert von 327 Metern. Die geringe Zahl an Umstiegen bleibt erhalten – wie heute müssen Fahrgäste im Schnitt nur 0,4-mal umsteigen, was eine weitgehend direkte und komfortable Nutzung ermöglicht.

Besonders auffällig ist die Verbesserung der Reisezeiten. Während ÖPNV-Fahrten derzeit rund 28 Prozent länger dauern als vergleichbare Wege mit dem Pkw, kehrt sich dieses Verhältnis im künftigen Szenario um. Mit einem Wert von –5 Prozent ist das öffentlich zugängliche Verkehrsangebot insgesamt sogar schneller als der Pkw, da weite Wege zum Auto und die Parkplatzsuche wegfallen. Diese Entwicklung zeigt eine deutliche Attraktivitätssteigerung, die sowohl auf umfangreiche Angebotsverdichtungen im klassischen ÖPNV als auch auf das neue Robotaxi-Angebot zurückzuführen ist.



Abbildung 18: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo

Stadt

Die Wartezeit in Städten liegt im Status quo bei durchschnittlich 14 Minuten, verbessert sich im **Wettbewerb-Szenario** jedoch auf 11 Minuten – dies entspricht einer ähnlichen Attraktivitätssteigerung wie in den Metropolen. Auch die Erreichbarkeit der Haltestellen nimmt zu: Mit durchschnittlich 306 Metern ist die Distanz geringer als heute, mit 327 Metern. Die Zahl der Umstiege sinkt ebenfalls. War im Status quo noch bei 7 von 10 Fahrten ein Umstieg notwendig, so sind es im **Wettbewerb-Szenario** 6, sodass nur etwas mehr als jeder zweite Weg einen Umstieg erfordert.

Deutlich spürbarer ist die Veränderung bei den Reisezeiten. Während städtische ÖPNV-Fahrten heute noch rund 66 Prozent länger dauern als vergleichbare Pkw-Fahrten, reduziert sich dieser Nachteil im **Wettbewerb-Szenario** auf lediglich 11 Prozent. Die Attraktivität des öffentlich zugänglichen Verkehrs steigt damit deutlich, auch wenn das Niveau der Metropolen nicht erreicht wird.



Abbildung 19: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Stadt im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo

Land

Im ländlichen Raum steigt die Attraktivität des Nahverkehrsangebots aufgrund der geringen Verfügbarkeit von Robotaxis insgesamt unbeträchtlich. Die durchschnittliche Wartezeit liegt mit 24 Minuten nahezu auf dem Niveau des Status quo von 26 Minuten. Auch die durchschnittliche Distanz zur Haltestelle verkürzt sich nur um rund 12 Meter auf 332 Meter und bleibt damit fast konstant. Umstiege reduzieren sich leicht, verharren aber auf hohem Niveau: Statt heute bei 9 von 10 Fahrten durchschnittlich umsteigen zu müssen, liegt dieser Wert im **Wettbewerb-Szenario** bei 8 von 10 Fahrten.

Die größten Verbesserungen zeigen sich bei den Reisezeiten. Während ÖPNV-Fahrten heute mehr als doppelt so lange dauern wie vergleichbare Pkw-Fahrten, reduziert sich der Wert im **Wettbewerb-Szenario** auf eine 60 Prozent längere Fahrzeit.

Insgesamt bleibt das öffentlich zugängliche Nahverkehrsangebot im ländlichen Raum somit meist keine echte Alternative zum Pkw.

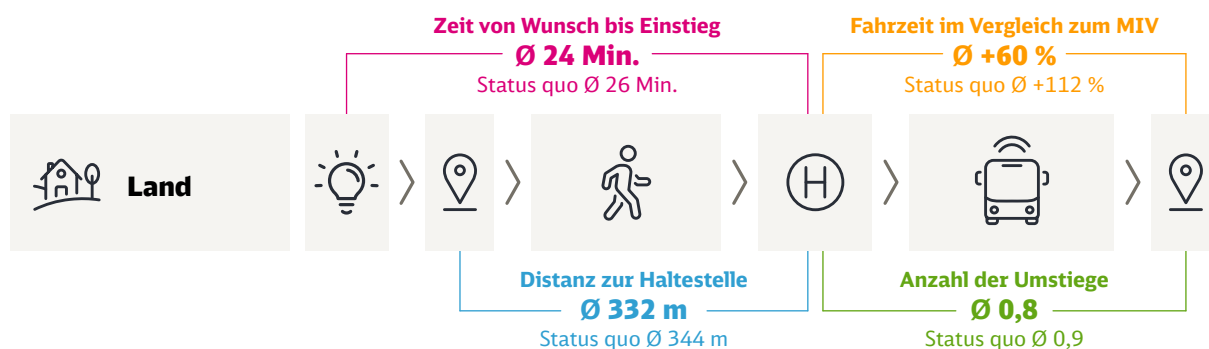


Abbildung 20: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Land im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo

Insgesamt verbessert sich im **Wettbewerb-Szenario** die Angebotsqualität in Metropolregionen und Städten deutlich. Auf dem Land hingegen bleiben die Verbesserungen des Mobilitätsangebots begrenzt.

2. Die Zusammensetzung des Angebots

Die Grundlage für die zuvor beschriebene Angebotsqualität bilden die folgenden beiden Angebotsstrukturen:

Der klassische ÖPNV

Da das **Wettbewerb-Szenario** unmittelbar auf dem **Basis-Szenario** aufbaut, gelten die dort beschriebenen Entwicklungen im schienen- und straßengebundenen Linienverkehr grundsätzlich analog.

Kommerzielle Robotaxis als neues Mobilitätssegment

Zusätzlich zum klassischen ÖPNV gibt es ein privatwirtschaftlich betriebenes Mobilitätsangebot: Robotaxis. Dieses Angebot funktioniert außerhalb der öffentlichen Planung und Finanzierung und

folgt rein marktwirtschaftlichen Kriterien. Robotaxis verkehren dabei primär in den Metropolen und städtischen Räumen. Sie ersetzen bereits bestehende fahrerbasierte Mietwagenangebote, die über Plattformen wie Uber, Bolt oder Freenow angeboten werden, und werden darüber hinaus aufgrund der geringeren Kostenstruktur stark nachgefragt und massiv ausgebaut. Sie bedienen individuelle Punkt-zu-Punkt-Verbindungen.

Folgende Rahmenbedingungen wurden im Szenario unterstellt:

- **Verfügbarkeit:**

In diesem Szenario stehen Robotaxis ausschließlich in urbanen Räumen mit einer Bevölkerungsdichte von mindestens 2.000 Einwohner:innen pro km² zur Verfügung. Ab dieser Verdichtungsgrenze wird in dieser Studie die Möglichkeit eines wirtschaftlich tragfähigen Betriebs angenommen.

Mit sinkender Bevölkerungsdichte nimmt die Nachfrage nach Robotaxi-Diensten ab, während die durchschnittlichen Fahrdistanzen steigen. Dies führt zu betrieblichen Ineffizienzen, etwa durch längere Leerfahrten zwischen einzelnen Beförderungen, die Kosten verursachen, aber keine Einnahmen generieren. Eine geringere Nachfrage bedeutet zudem, dass Fahrgäste längere Wartezeiten in Kauf nehmen müssten – oder dass Anbieter zusätzliche Flottenkapazitäten vorhalten müssten, die nicht ausgelastet wären. Für Betreiber ergibt sich damit die Herausforderung, ein Angebotsniveau zu finden, das wirtschaftlich tragfähig bleibt, ohne die Kundenzufriedenheit durch übermäßige Wartezeiten zu gefährden. Diese Balance wird mit abnehmender Dichte zunehmend schwerer zu halten. Zusätzlich verstärkt sich die Problematik dadurch, dass in dünner besiedelten Räumen die private Pkw-Verfügbarkeit steigt.¹³ Dadurch sinkt die Nachfrage nach Robotaxis überproportional, da insbesondere längere – und damit teurere – Fahrten im ländlichen Raum häufiger mit dem eigenen Auto zurückgelegt werden.

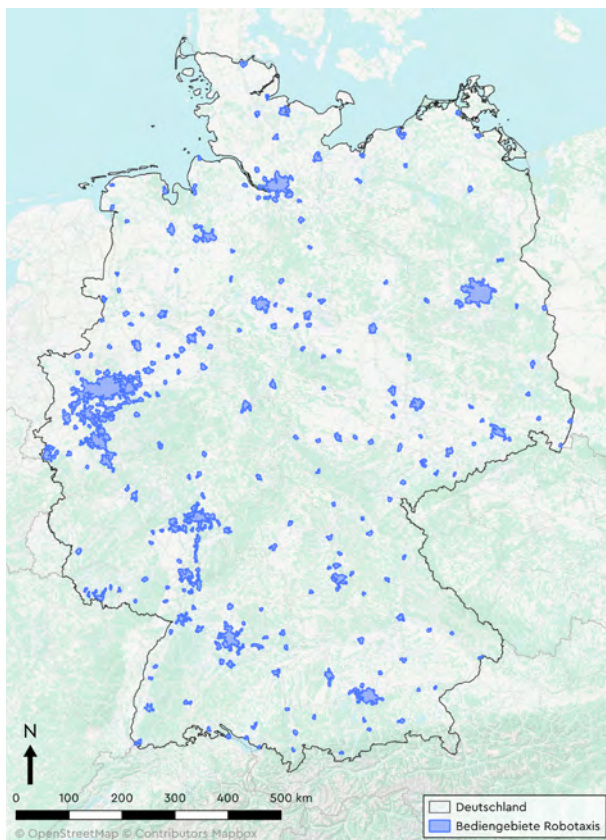


Abbildung 21: Geografische Darstellung der Bedienegebiete für Robotaxi-Verkehre in Deutschland, gemäß definierter Wirtschaftlichkeitsgrenze von 2.000 Einwohner:innen pro Quadratkilometer, im Wettbewerb-Szenario

¹³ Deutschlandatlas (2025).

- **Regulatorisch notwendige Prämisse:**

Erste Modellrechnungen zeigten, dass der Einsatz von Robotaxis unter den zuvor genannten Rahmenbedingungen in den betrachteten Metropolregionen zu einem Anstieg der Fzkm um rund 41 Prozent gegenüber dem heutigen Niveau führen würde. Ohne steuernde Maßnahmen würde der Mehrverkehr zu massiven Überlastungen des Straßennetzes führen.

Der dafür notwendige Straßeninfrastrukturausbau in urbanen Räumen ist als unrealistisch anzusehen. Für dieses Szenario wurde daher ein verpflichtendes Ride-Pooling zu Hauptverkehrszeiten als steuernde Maßnahme unterstellt, um die verkehrlichen Auswirkungen in den bereits stark belasteten Metropolen zu begrenzen. Eine Aussage über die tatsächliche zukünftige regulatorische Entwicklung privatwirtschaftlicher Mobilitätsangebote ist damit nicht verbunden. Folgende Betriebsvorgaben wurden unterstellt:

- **Hauptverkehrszeiten 7 bis 9 und 15 bis 19 Uhr:** Den privaten Betreibern ist ein Ride-Pooling vorgeschrieben. Dabei teilen sich Fahrgäste mit ähnlicher Fahrtroute ein Fahrzeug.
- **Nebenzeiten:** Klassisches Ride-Hailing, wie es von Uber, Bolt und Wettbewerbern bereits heute angeboten wird. Jede Buchung ist eine individuelle Fahrt vom Start zum Ziel.

Die Integration der Verkehrsträger

Die multi- und intermodale Nutzbarkeit des ÖPNV wurde, wie im **Basis-Szenario**, moderat gesteigert.

- **Verkehrlich:**

Punktuelle Verbesserungen durch Taktverdichtung erhöhen die Verbindungsqualität im ÖPNV und ermöglichen eine effizientere Kombination verschiedener Verkehrsträger. Eine Systemintegration bleibt jedoch wie im **Basis-Szenario** aus. Eine kombinierte Nutzung von ÖPNV und Robotaxi ist grundsätzlich möglich. Allerdings findet keine verkehrliche Abstimmung statt. Eine bedarfsgerechte Angebotsplanung erfolgt weiterhin nur im ÖPNV, sodass keine übergreifende Bedarfsbestimmung erfolgt. Die Größe der Robotaxi-Flotten orientiert sich daher nicht am tatsächlichen Mobilitätsbedarf. Private Robotaxi-Anbieter stellen jeweils so viele Fahrzeuge bereit, wie es aus ihrer Angebotslogik erforderlich ist, um für ihre Kunden ein attraktives Angebot vorhalten zu können. Da mehrere Anbieter gleichzeitig dieselben Kundengruppen adressieren, entsteht insgesamt eine Angebotskapazität, die den tatsächlichen Bedarf übersteigt.

- **Vertrieblich:**

Der Zugang zum Mobilitätsangebot ist digitalisiert. Öffentliche und private Anbieter können über Mobilitätsplattformen gebucht werden. Fahrten im öffentlich bereitgestellten Angebot – sowohl auf Schiene als auch der Straße – lassen sich multimodal planen, buchen und bezahlen, und zwar zentral über eine einzige App. Dies erleichtert die Nutzung kombinierter Wegeketten deutlich. Robotaxi-Angebote hingegen sind bislang nicht in diese öffentlichen multimodalen Mobilitäts-Apps integriert. Jeder Anbieter stellt eine eigene App bereit, in die teilweise einzelne öffentliche Angebote eingebunden sind. Für kombinierte Fahrten zwischen klassischem ÖPNV und Robotaxi sind daher in der Regel mehrere parallele Buchungs- und Zahlungsvorgänge erforderlich.

- **Tariflich:**

Das deutschlandweit gültige ÖPNV-Abo senkt Zugangshürden und erleichtert die Nutzung des öffentlichen Angebots. Dennoch bleiben regionale Unterschiede bestehen, insbesondere bei Einzeltickets und Zusatzangeboten.



Robotaxi-Angebote verfolgen jeweils eine eigene Tariflogik, die unabhängig vom öffentlichen Tarifsystem ausgestaltet ist. Eine tarifliche Integration zwischen öffentlichen und privaten Mobilitätsangeboten findet nicht statt.

Im Ergebnis etabliert sich ein zweigeteiltes öffentlich zugängliches Verkehrssystem: Der durch die öffentliche Hand organisierte Verkehr sichert die flächendeckende Grundversorgung. In Metropolregionen und Städten wird ein bestehendes gutes Mobilitätsangebot durch zusätzliche Robotaxi-Dienste weiter verbessert. Beide Systeme bestehen nebeneinander, sind organisatorisch getrennt und nicht auf eine kombinierte Nutzung ausgelegt.

3. Der Angebotspreis

Preismodell ÖPNV

Die Preise für das bundesweite ÖPNV-Abo sowie Einzelfahrscheine liegen auf dem Niveau des **Basis-Szenarios**. On-Demand-Dienste sind – wie aktuell – unterschiedlich tief in regionale Tarifsysteme integriert. Weitere Tariffdifferenzierungen wurden aufgrund modellseitiger Restriktionen nicht abgebildet.

Preismodell Robotaxi

Der Preis pro Fahrgast und Kilometer beträgt 1 Euro.

II. Der motorisierte Individualverkehr

Analog zum **Basis-Szenario** wird auch im **Wettbewerb-Szenario** von keiner grundlegenden Veränderung der Rahmenbedingungen für den MIV ausgegangen. Es werden dieselben moderaten Push-Maßnahmen unterstellt:

- Die Nutzungskosten steigen um 2 Cent pro gefahrenem Kilometer
- Die durchschnittliche tägliche Fahrzeit verlängert sich um etwa 2 Minuten

Konkrete Instrumente sind bewusst offengelassen, da diverse regulatorische Eingriffe zu diesen Effekten führen können.

Ergebnisse

I. Entwicklung des Modal Split

Verkehrsaufkommen

Das **Wettbewerb-Szenario** zeigt im Vergleich zum Status quo nur moderate Veränderungen im Modal Split. Einzige größere Veränderung sind die neu hinzugekommenen Robotaxi-Angebote mit einem Anteil von rund 10 Prozent an den zurückgelegten Wegen in Deutschland. Damit wird insgesamt ungefähr jeder zehnte Weg in diesem Szenario mit einem Robotaxi zurückgelegt. Diese Entwicklung geht insbesondere zulasten von Fußwegen, die sich um circa 4 Prozentpunkte reduzieren. Aber auch der MIV reduziert sich aufgrund der neuen Angebote spürbar und sinkt ebenfalls um 4 Prozentpunkte. Diese Reduktion ist primär auf geringere Nutzungsraten in den Metropolen und Städten zurückzuführen, in denen als Alternative zum MIV nun Robotaxi-Angebote zur Verfügung stehen. Die ÖV-Wege reduzieren sich um 0,2 Prozentpunkte.

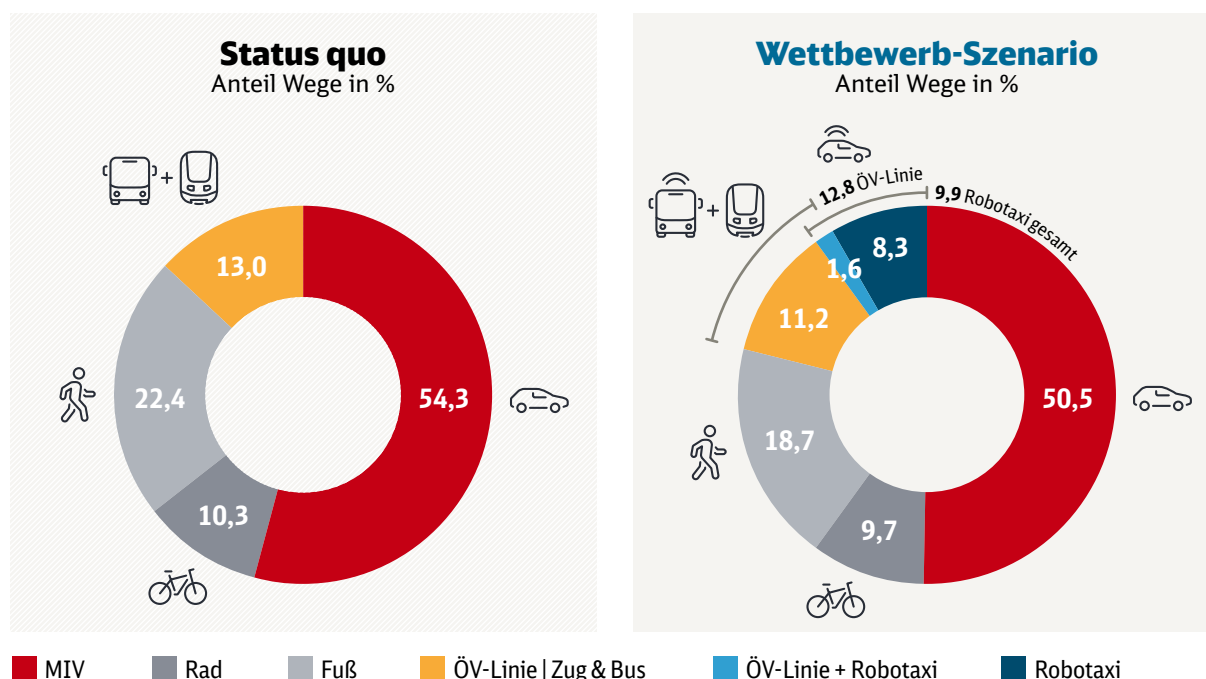


Abbildung 22: Modal Split Verkehrsaufkommen Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

Hinweis zur Darstellung:

In der Darstellung der Ergebnisse wird bei kombinierten Wegen in der Regel das dominierende Verkehrsmittel zur Kategorisierung herangezogen. Wenn eine Person zum Beispiel mit dem Fahrrad zum Bahnhof fährt und von dort mit dem Zug weiterreist, wird der gesamte Weg dem ÖV zugerechnet.

Kombinierte Wege, bei denen der ÖV-Linienvverkehr mit ÖV-On-Demand-Verkehren oder Robotaxis verknüpft ist, werden bewusst dargestellt. Diese Wege werden in einer eigenen Kategorie ausgewiesen, um bei diesen neuen Verkehrsarten sichtbar zu machen, wie viele Bus- beziehungsweise Zugwege kombiniert mit Zu- oder Abbringerverkehren erfolgen.

Exkurs

Robotaxis als Direkt- vs. ÖV-Zubringerverkehr

Bei Betrachtung der Wege mit dem Robotaxi fällt auf, dass mehr als 80 Prozent der Wege als Direktfahrt und nur etwa jeder sechste Weg als Zu- oder Abbringerverkehr zum ÖV zurückgelegt werden. Der geringe Anteil an Zu- und Abbringerverkehren zum ÖV ist schlüssig, da die Robotaxi-Angebote parallel zum bestehenden ÖPNV bestehen und ein getrenntes Tarifsystem besitzen. Das macht die kombinierte Nutzung aufgrund der höheren Gesamtkosten weniger attraktiv.

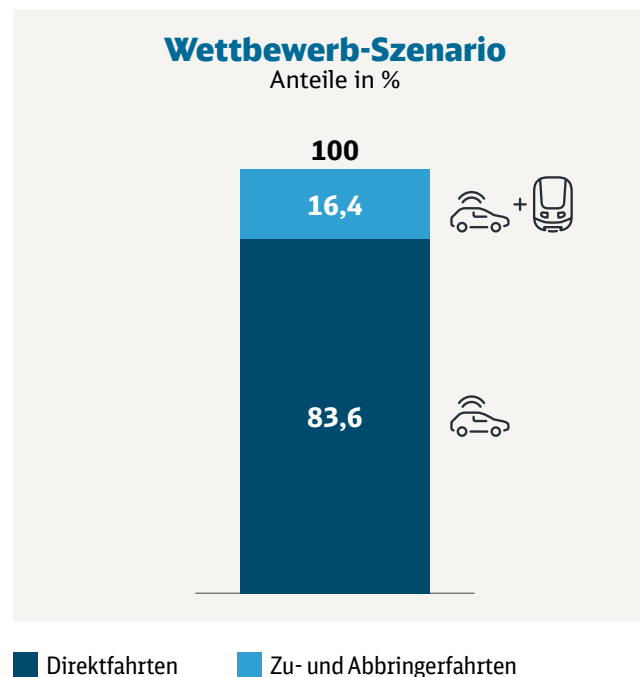


Abbildung 23: Grafische Darstellung zur Verteilung kombinierter Wege und Direktfahrten im Wettbewerb-Szenario, Anteile in Prozent

Verkehrsleistung

Das **Wettbewerb-Szenario** zeigt – ähnlich dem Verkehrsaufkommen – eine moderate Veränderung zum Status quo. Der MIV bleibt mit etwa drei Vierteln der gesamten Verkehrsleistung das dominierende Verkehrsmittel. Der ÖV verzeichnet in diesem Szenario einen leichten Zuwachs von 2 Prozentpunkten. Der Grund für dieses Wachstum liegt auch hier primär im Angebotsausbau auf der Schiene. Der Linienbus- und Radverkehr bleiben nahezu unverändert. Der Fußverkehr reduziert sich um 23 Prozent.

Bemerkenswert ist, dass der Anteil an der Verkehrsleistung von Robotaxis mit 2,8 Prozent deutlich geringer ist als der Anteil am Verkehrsaufkommen. Dies zeigt, dass Robotaxis primär für kurze Fahrten genutzt werden. Einerseits liegt dies an der räumlichen Begrenzung der Robotaxi-Verkehre auf dicht besiedelte Gebiete und andererseits am distanzbasierten Preismodell, wodurch lange Fahrten kostenintensiv sind. Das Robotaxi übernimmt damit einen geringen Anteil an der gesamten Verkehrsleistung.

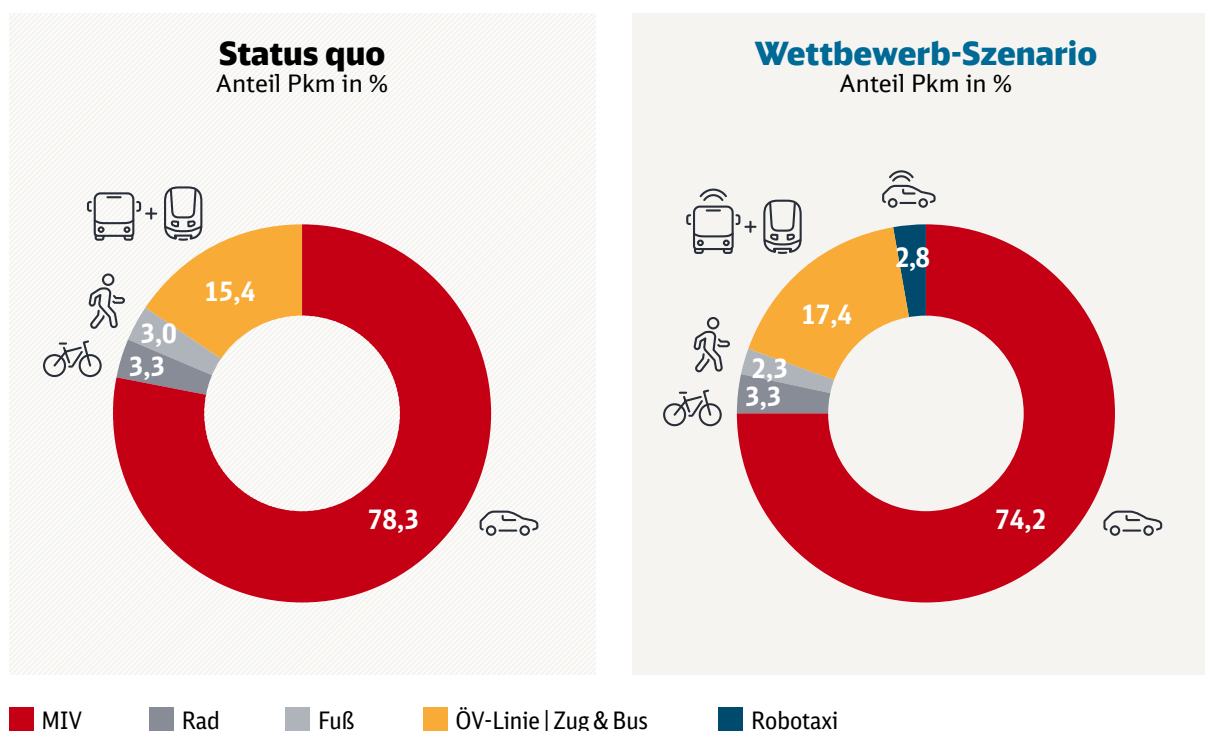


Abbildung 24: Modal Split Verkehrsleistung Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

II. Entwicklung der Mobilitätskosten

Gesellschaftliche Mobilitätsausgaben

Im **Wettbewerb-Szenario** steigen die Aufwände der Gesellschaft für Mobilität um 16 Prozent auf inflationsbereinigte 400 Milliarden Euro stark an. Hier zeigt sich deutlich, dass Robotaxis ein paralleles Angebot zum ÖV, aber auch zum MIV, darstellen. Die Kosten im ÖV steigen analog zum **Basis-Szenario**, da das **Wettbewerb-Szenario** auf den für das **Basis-Szenario** unterstellten Annahmen aufsetzt. Insgesamt steigen die Kosten des ÖV damit ebenfalls um 2 Milliarden Euro. Auch der MIV wird unter anderem durch die Push-Maßnahmen 19 Milliarden Euro teurer. Die mit Robotaxis verbundenen Kosten von 33 Milliarden Euro kommen damit zusätzlich zu den bereits aufgeführten Kostensteigerungen hinzu.

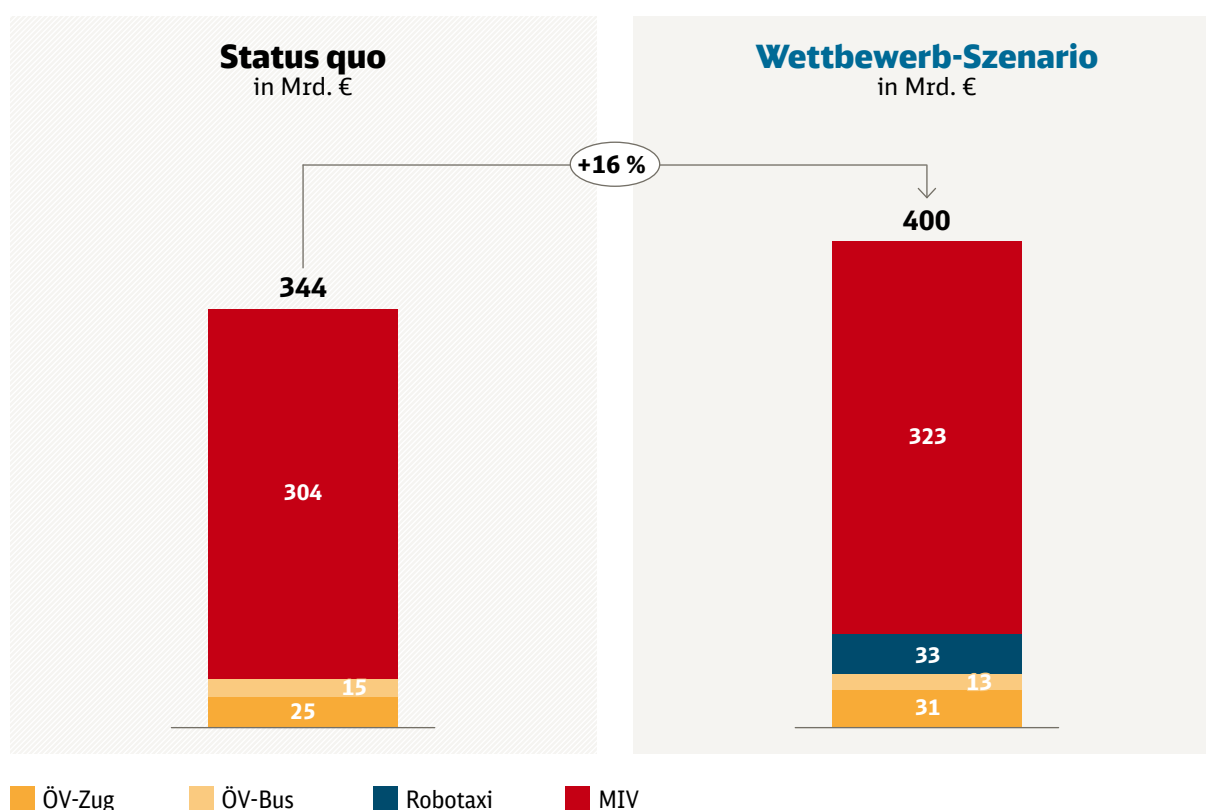


Abbildung 25: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Angebotskosten, Einnahmen und Finanzierungsbedarfe

Im **Wettbewerb-Szenario** zeigt sich die Auswirkung paralleler konkurrierender Angebote im Hinblick auf die Finanzierungssituation des ÖPNV. Die Einnahmen sinken infolge der Kannibalisierung des ÖPNV-Angebots durch Robotaxi-Verkehre unter das heutige Niveau. Gleichzeitig steigen die Kosten für Angebotserweiterungen analog zum **Basis-Szenario**. Diese ungünstige Entwicklung resultiert in einem um mehr als 10 Prozent erhöhten staatlichen Finanzierungsbedarf von 27 Milliarden Euro. Auch die öffentliche Finanzierungsquote steigt in diesem Szenario an, von 65 Prozent im Status quo auf 70 Prozent. Damit sind weniger als ein Drittel der Kosten für die Leistungserbringung durch Einnahmen aus der Nutzung gedeckt.

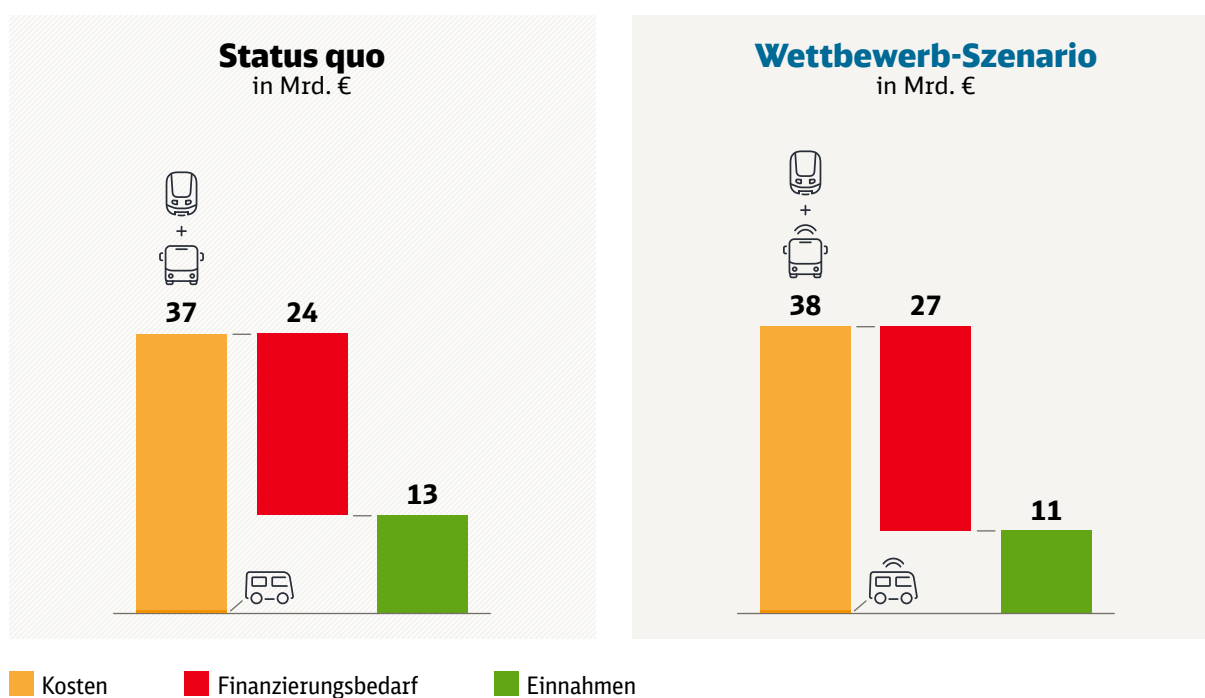


Abbildung 26: Angebotskosten und -einnahmen sowie Finanzierungsbedarf im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro

Der Blick auf die Entwicklung der Abo-Tickets unterstützt und begründet dieses Bild gleichzeitig. Durch Robotaxi-Angebote entscheiden sich etwa 4 Millionen Menschen und damit fast ein Drittel der heutigen Abo-Ticket-Inhaber:innen künftig gegen das Abo-Ticket, da es für sie nicht mehr sinnvoll ist. Allein dieser Rückgang sorgt in diesem Szenario für eine Reduktion auf der Einnahmeseite von 1,3 Milliarden Euro.

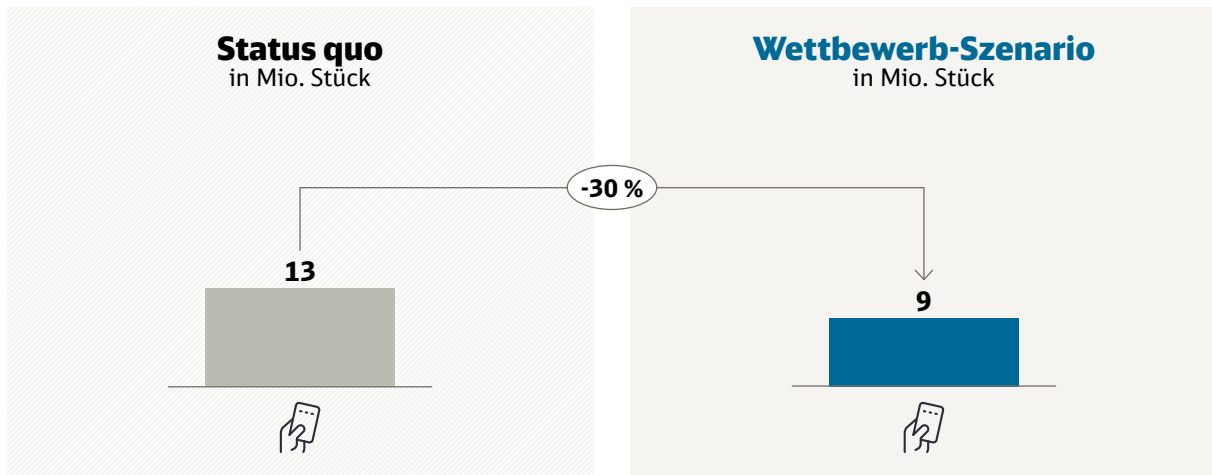


Abbildung 27: Anzahl Abo-Tickets im Wettbewerbsszenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

III. Verkehrliche Effekte

Fahrzeugbestand

Der Fahrzeugbestand entwickelt sich im **Wettbewerb-Szenario** bei den Pkw seitlich. Die Anzahl der Pkw nimmt insgesamt um 1 Prozent auf 49 Millionen Fahrzeuge im Vergleich zum Status quo zu. Zusätzlich steigt der Bestand an Robotaxis auf 413.000 Fahrzeuge. On-Demand-Angebote im ÖPNV spielen weiterhin lediglich eine marginale Rolle mit weniger als 2.000 ÖV-Shuttles. Im straßengebundenen Linienverkehr werden rund 17.000 zusätzliche Linienbusse für die Ausweitung des Angebots entlang der prognostizierten Nachfrage benötigt. Die Betrachtung der Anzahl an Schienenfahrzeugen spiegelt den für den geplanten Schienenausbau benötigten Fahrzeugbedarf wider. Hier ist ein Anstieg um etwa 3.000 Fahrzeuge zu verzeichnen.

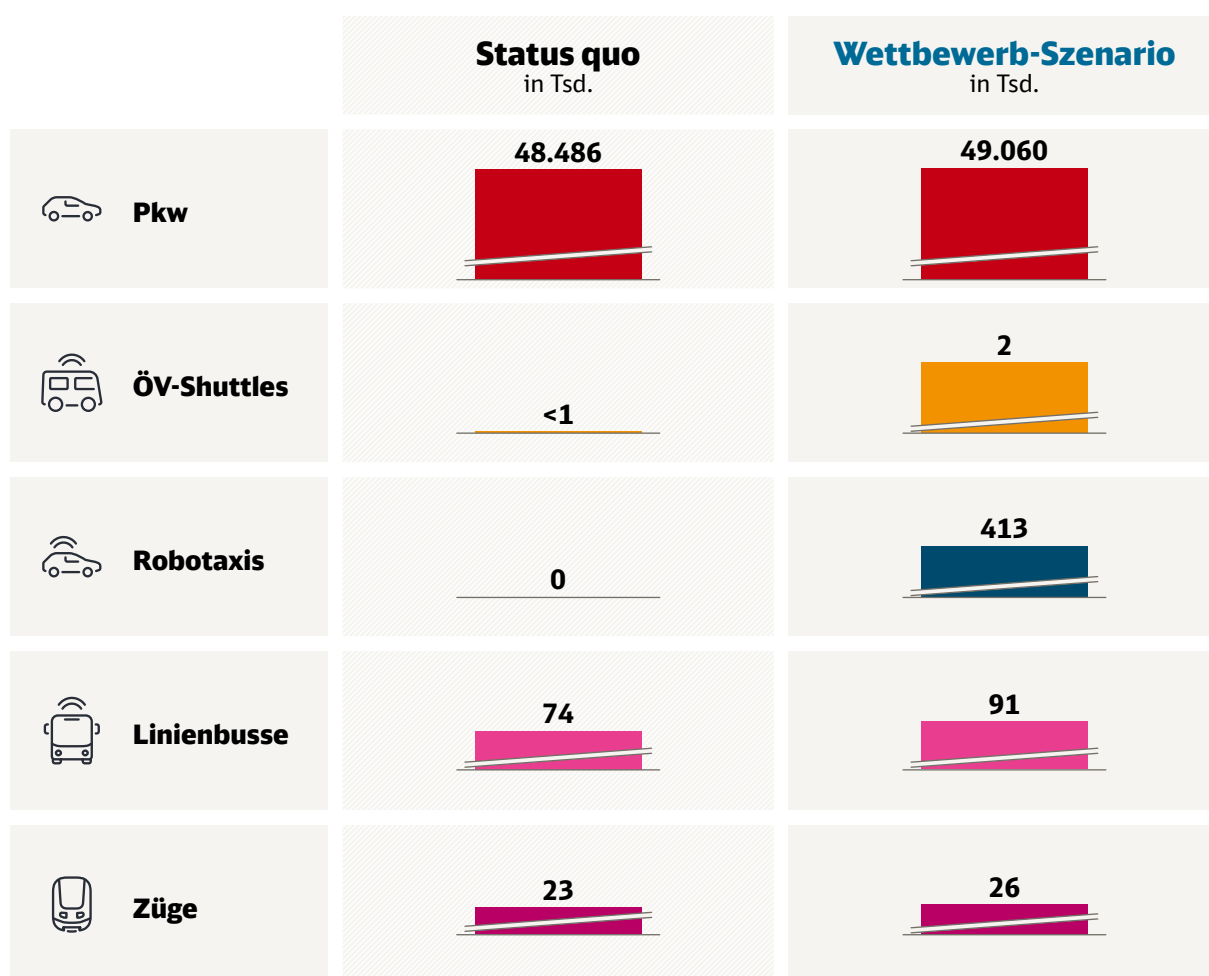


Abbildung 28: Entwicklung Fahrzeugbestand im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen

Exkurs

Raumtyp-spezifische Verteilung der Robotaxis

Die insgesamt 413.000 Robotaxis teilen sich wie folgt auf die in dieser Studie zugrunde gelegten Raumtypen auf. 222.000 Robotaxis sind in den Metropolen stationiert, 148.000 Robotaxis in Städten und 43.000 Robotaxis im ländlichen Raum. Das heißt, mehr als die Hälfte der Fahrzeuge wird genau dort eingesetzt, wo bereits heute ein gut ausgebautes öffentliches Mobilitätsangebot existiert. Dagegen werden nur etwa 10 Prozent der Fahrzeuge dort eingesetzt, wo es aktuell Lücken in der Mobilitätsversorgung gibt. Wobei noch hinzuzufügen ist, dass es sich bei diesen ländlichen Gebieten um Randgebiete von Metropolen und Städten handelt und nicht den ländlichen Raum außerhalb der Speckgürtel.

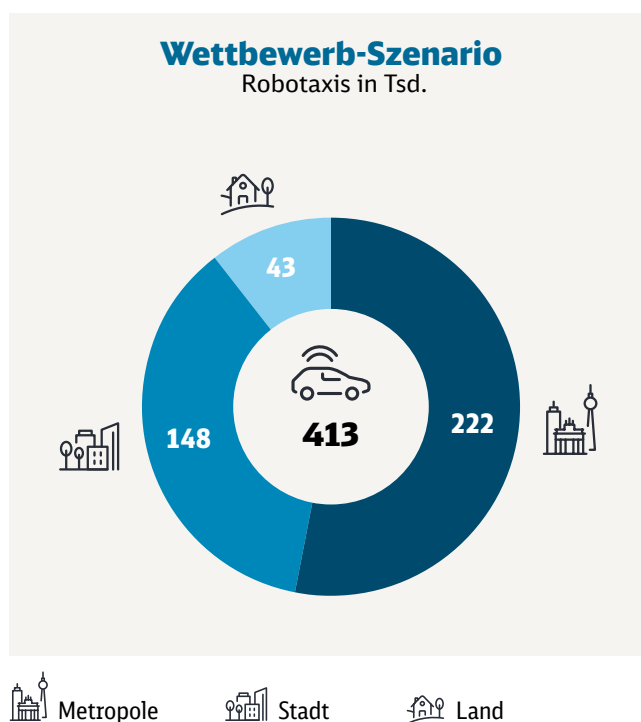


Abbildung 29: Verteilung der Robotaxis nach Raumtyp



Dr. Stefan Carsten

Zukunftsforscher und Stadtgeograf

*»Autonomes Fahren darf nicht
Spielwiese der Städte bleiben – es kann
zur Lebensader für ländliche Räume
werden, wenn wir es als Teil moderner
Daseinsvorsorge denken.«*

Straßenverkehrsbelastung

Im **Wettbewerb-Szenario** zeigt sich eine Zuspitzung der Verkehrsbelastungsproblematik insbesondere in den Metropolregionen. Die Straßenverkehrsbelastung steigt dort infolge der Einführung von Robotaxis um 30 Prozent im Vergleich zum Status quo. Zu beachten ist hierbei, dass im Szenario bereits eine verpflichtende Bündelung von Fahrten mit Robotaxis zu Pooling-Angeboten während der Hauptverkehrszeiten unterstellt wurde – ohne diese würde die Straßenverkehrsbelastung sogar um 41 Prozent steigen. Weiter nimmt im städtischen Raum die Straßenverkehrsbelastung um 10 Prozent im Vergleich zum Status quo zu, während sie im ländlichen Raum mit 3 Prozent nur leicht ansteigt.

Die zusätzliche Belastung durch Robotaxis ergibt sich daraus, dass Robotaxis pro Buchung mehr Fahrzeugkilometer verursachen als alternative Verkehrsmittel. Der private PKW ist vor und nach der Fahrt geparkt, während das Robotaxi zum nächsten Fahrgast eine Leerfahrt zurücklegt. Wenn das Robotaxi eine ÖPNV-Fahrt mit dem Bus ersetzt, ist die zusätzliche Straßenverkehrsbelastung sogar noch größer. Fußgänger, Züge und Fahrräder belasten den Straßenverkehr gar nicht, daher ist eine Verlagerung dieser Wege auf das Robotaxi sogar noch gravierender.

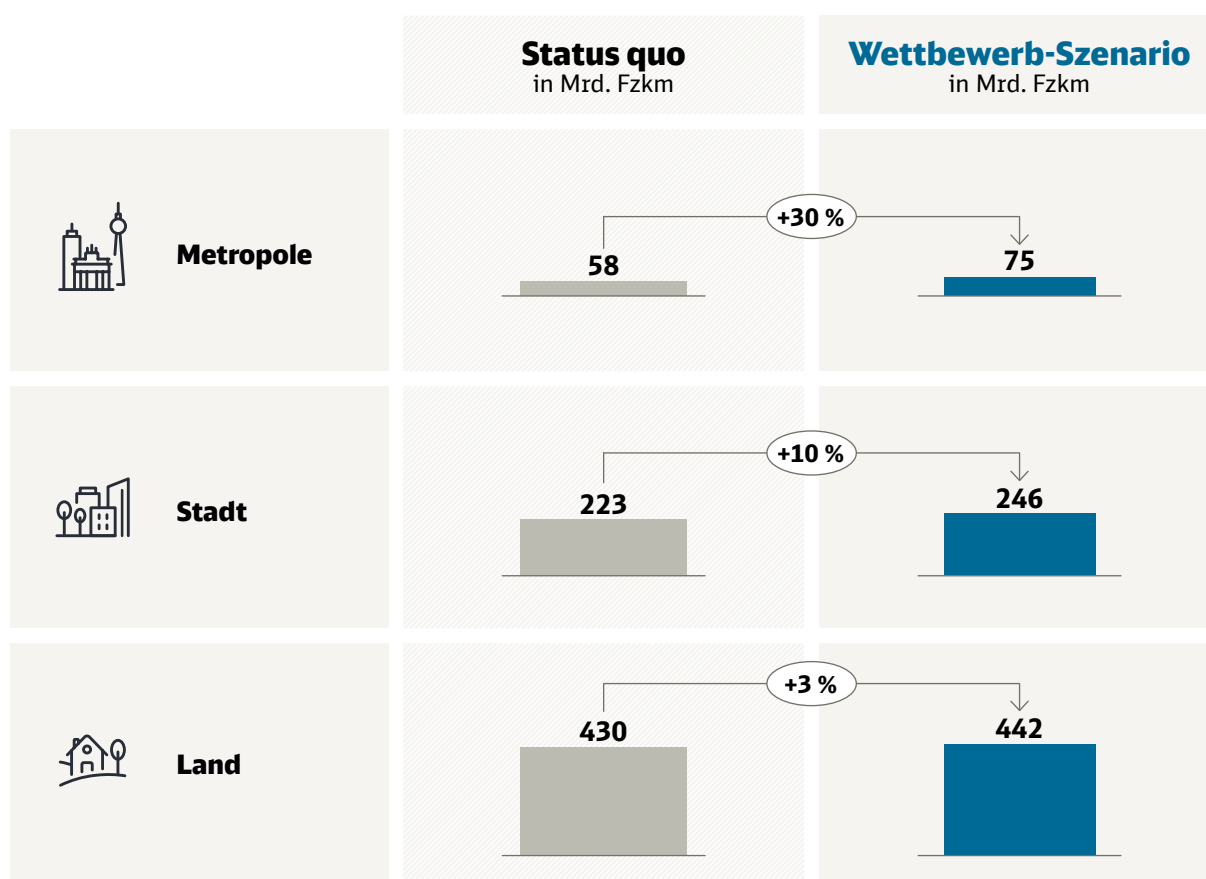


Abbildung 30: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Bewertung und Einordnung

Die führenden Technologieanbieter im Bereich des autonomen Fahrens entwickeln und realisieren bereits Robotaxi-Verkehre in den USA und China. Erste Projekte und angekündigte Pläne deuten darauf hin, dass ähnliche Angebote auch in Deutschland eingeführt werden könnten. Das **Wettbewerb-Szenario** zeigt, dass die Einführung von Robotaxis – wie in den USA, China und zunehmend im Nahen Osten – nach vollständiger Etablierung in den Metropolen zwar zu einer deutlichen Steigerung der Angebotsqualität beitragen könnte, die Versorgung ländlicher Räume davon jedoch nicht profitieren würde.

Allerdings würden die etwa 400.000 Robotaxis zu einer signifikanten Erhöhung der Straßenverkehrsbelastung führen, beispielsweise in den Metropolen um bis zu 41 Prozent. Durch die regulative Vorgabe von Ride-Pooling zu Hauptverkehrszeiten anstelle von Ride-Hailing könnte die zusätzliche Straßenverkehrsbelastung in Metropolen auf 30 Prozent reduziert werden. Angesichts der bereits angespannten Verkehrssituation im Status quo ist es jedoch fraglich, ob diese zusätzliche Belastung physisch und politisch tragbar wäre.

Darüber hinaus würden die jährlichen Mobilitätsausgaben in Deutschland insgesamt um 56 Milliarden Euro gegenüber dem Status quo steigen. Ebenso würde der staatliche Finanzierungsbedarf aufgrund sinkender Ticketeinnahmen im ÖPNV um 3 Milliarden Euro pro Jahr zunehmen.

Das Robotaxi-System würde in Deutschland bestehende Verkehrsprobleme in den Städten verschärfen und im ländlichen Raum, wo es für die Flächenerschließung einen Mehrwert bieten könnte, nicht zum Einsatz kommen. Insgesamt ist das Robotaxi in der Form, wie es in den USA, China und im Nahen Osten im Einsatz ist, kein geeignetes Mobilitätskonzept, um die Angebotsqualität des öffentlichen Verkehrs in Deutschland zu verbessern. Einerseits begrenzt die bereits überlastete Straßeninfrastruktur den Robotaxi-Einsatz, andererseits würde die Verlagerung vom bestehenden Modal Split – Fahrrad, Bus, Fußverkehr und Schiene – eine überproportionale Zunahme des Straßenverkehrs bewirken. In den USA, China und im Nahen Osten nutzen die Menschen heute viel stärker das Auto und die Infrastruktur ist entsprechend auf den Autoverkehr ausgerichtet. Deutschland und auch Europa insgesamt müssen ein eigenes europäisches Mobilitätskonzept für autonomes Fahren entwickeln.

Das Daseinsvorsorge-Szenario

Beschreibung

Das **Daseinsvorsorge-Szenario** beschreibt einen grundlegenden Perspektivwechsel beim Einsatz autonomer Fahrzeuge. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie die Technologie eingesetzt werden kann, um den maximalen Nutzen für die Menschen in Deutschland zu erzeugen.

- **Bewegungsfreiheit:** Autonome Fahrzeuge sollen gezielt eingesetzt werden, um alle Mobilitätsbedürfnisse der Menschen im Rahmen eines attraktiven Mobilitätsangebots zu erfüllen.
- **Lebensqualität:** Durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge soll das Mobilitätssystem im Sinne lebenswerter Städte und attraktiver ländlicher Räume optimiert werden.
- **Standortattraktivität:** Das Mobilitätsangebot soll mit autonomen Fahrzeugen in allen Regionen eine gute Erreichbarkeit sicherstellen.
- **Wirtschaftskraft:** Die deutsche Mobilitätswirtschaft soll als bedeutender Wirtschafts- und Beschäftigungssektor durch die Herstellung und den Betrieb autonomer Fahrzeuge gestärkt werden.
- **Klima- und Umweltschutz:** Durch autonomes Fahren sollen die Emissionen im Verkehrssektor und der Rohstoffbedarf reduziert werden.

Damit adressiert das **Daseinsvorsorge-Szenario** auch ein zentrales Ziel der aktuellen Hightech-Agenda der Bundesregierung¹⁴: Den Aufbau eines Mobilitätssystems, in dem autonome Fahrzeuge als Teil des öffentlichen Verkehrs zur Daseinsvorsorge beitragen und die Lebensqualität in Metropolen, urbanen und ländlichen Räumen erhöhen.

Dabei wird Daseinsvorsorge als integraler Bestandteil öffentlicher Verantwortung aktiv gestaltet und weiterentwickelt. Vor diesem Hintergrund beschreibt das **Daseinsvorsorge-Szenario** ein Mobilitätssystem, das konsequent vom Anspruch einer umfassenden Versorgung ausgeht und die Organisation, Ausgestaltung und Steuerung von Mobilität am tatsächlichen Bedarf der Menschen ausrichtet. Autonome Fahrzeuge sollen gezielt eingesetzt werden, um alle Mobilitätsbedürfnisse im Rahmen eines attraktiven Mobilitätsangebots zu erfüllen. Mit der Technologie des autonomen Fahrens ist es möglich, diesen Anspruch vollständig zu realisieren. Autonome Fahrzeuge ermöglichen neue Formen der Verfügbarkeit, Erreichbarkeit und Inklusion und machen so die praktische Umsetzung eines erweiterten Daseinsvorsorgebegriffs erstmals realisierbar.

Das Szenario wurde gewählt, um das Potenzial der Technologie aufzuzeigen. Es verdeutlicht, wie sich das Mobilitätssystem entwickeln könnte, wenn politische Steuerung und technologische Innovation langfristig und konsequent auf gemeinwohlorientierte Ziele ausgerichtet werden.

¹⁴ Vgl. Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (2025), kurz BFTR.

I. Der öffentlich zugängliche Verkehr

Im Folgenden werden die Qualität für Nutzende, die Zusammensetzung des Angebots und die Preisstruktur des öffentlich zugänglichen Verkehrs im **Daseinsvorsorge-Szenario** näher beschrieben, dabei sind alle Mobilitätsangebote – ob durch öffentliche Unternehmen oder die Privatwirtschaft betrieben – zu einem ganzheitlich integrierten öffentlichen Angebot zusammengefasst.

1. Die Angebotsqualität

Die Anforderungen an ein attraktives Mobilitätsangebot orientieren sich am Qualitätsniveau des MIV, da der Pkw für viele Menschen heute das zentrale Verkehrsmittel ist. Neue Mobilitätsangebote müssen daher insbesondere in Bezug auf Verfügbarkeit, Komfort und Reisezeit ähnlich attraktiv sein.

In der politischen Diskussion gewinnt der Begriff der „Mobilitätsgarantie“ zunehmend an Bedeutung. Ein Beispiel ist die Koalitionsvereinbarung des Landes Baden-Württemberg¹⁵, die zeitliche Mindeststandards für die Verfügbarkeit von ÖPNV-Angeboten definiert.

Für das **Daseinsvorsorge-Szenario** wurde eine Mobilitätsgarantie als Leitkonzept für die Gestaltung eines attraktiven ÖPNV entwickelt. Sie basiert auf denselben vier Kriterien, die bereits zur Beschreibung der Angebotsqualität in den vorangegangenen Szenarien herangezogen wurden, und definiert verbindliche Mindestanforderungen an die zeitliche und räumliche Erschließungsqualität sowie an die zeitliche und intermodale Verbindungsqualität – jeweils differenziert nach den Raumtypen Metropole, Stadt und Land.¹⁶

Bestehende Ansätze und politische Zielsetzungen wurden dabei bewusst aufgegriffen und weiterentwickelt. Dazu zählt etwa die Vorgabe der „ÖPNV-Strategie 2030“ des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg, nach der im verdichteten Raum während der Hauptverkehrszeiten mindestens alle 15 Minuten ein öffentliches Verkehrsangebot in Städten bereitstehen soll.¹⁷ Ebenso wurde die Empfehlung des VDV berücksichtigt, wonach Haltestellen in städtischen Gebieten einen maximalen Einzugsbereich von 300 Metern nicht überschreiten sollten.¹⁸

Darüber hinaus hat das Institut für Verkehrsforschung des DLR die Definition der Mobilitätsgarantie im Rahmen der Studie kritisch hinterfragt, fachlich gespiegelt und wertvolle Impulse für die inhaltliche Weiterentwicklung geliefert.

Folgende Mindestanforderungen wurden je Kriterium und Regionstyp definiert:

- **Zeitliche Erschließungsqualität – die Zeit von Wunsch bis Einstieg**

Beschreibt die maximale Zeit zwischen dem Mobilitätswunsch und dem Einstieg in das Verkehrsmittel, das den Fahrgast in Richtung Fahrziel befördert. Das Kriterium setzt sich damit bewusst von der üblichen Taktlogik des ÖPNV-Angebots ab.

- **Metropole:** Maximal 10 Minuten Wartezeit
- **Stadt:** Maximal 15 Minuten Wartezeit
- **Land:** Maximal 30 Minuten Wartezeit

¹⁵ Vgl. Bündnis 90/Die Grünen und CDU Baden Württemberg (2021).

¹⁶ Grundlage für diese Raumaufteilung ist die Regionalstatistische Raumtypologie RegioStaR des Bundesministeriums für Verkehr (BMV).

¹⁷ Vgl. Verkehrsministerium Baden-Württemberg (2024).

¹⁸ Vgl. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2019).



- **Räumliche Erschließungsqualität – die Distanz zur Haltestelle**

Beschreibt den maximalen Fußweg bis zum Einstieg in das für den Fahrtweg relevante Fahrzeug.

- **Metropole:** Maximal 300 Meter
- **Stadt:** Maximal 300 Meter
- **Land:** Maximal 300 Meter

- **Reisezeitliche Verbindungsqualität – die Fahrzeit im Vergleich zum MIV**

Beschreibt den prozentualen Unterschied der Fahrzeit mit dem ÖPNV im Vergleich zum Pkw unter Berücksichtigung der Umsteigezeiten im ÖPNV und der Parkplatzsuche im MIV.

- **Metropole:** Maximal 50 Prozent längere Fahrzeit
- **Stadt:** Maximal 50 Prozent längere Fahrzeit
- **Land:** Maximal 50 Prozent längere Fahrzeit

- **Intermodale Verbindungsqualität – die Anzahl der Umstiege**

Beschreibt die maximale Anzahl an Umstiegen einer Reisekette.

- **Metropole:** Maximal 2 Umstiege
- **Stadt:** Maximal 3 Umstiege
- **Land:** Maximal 3 Umstiege

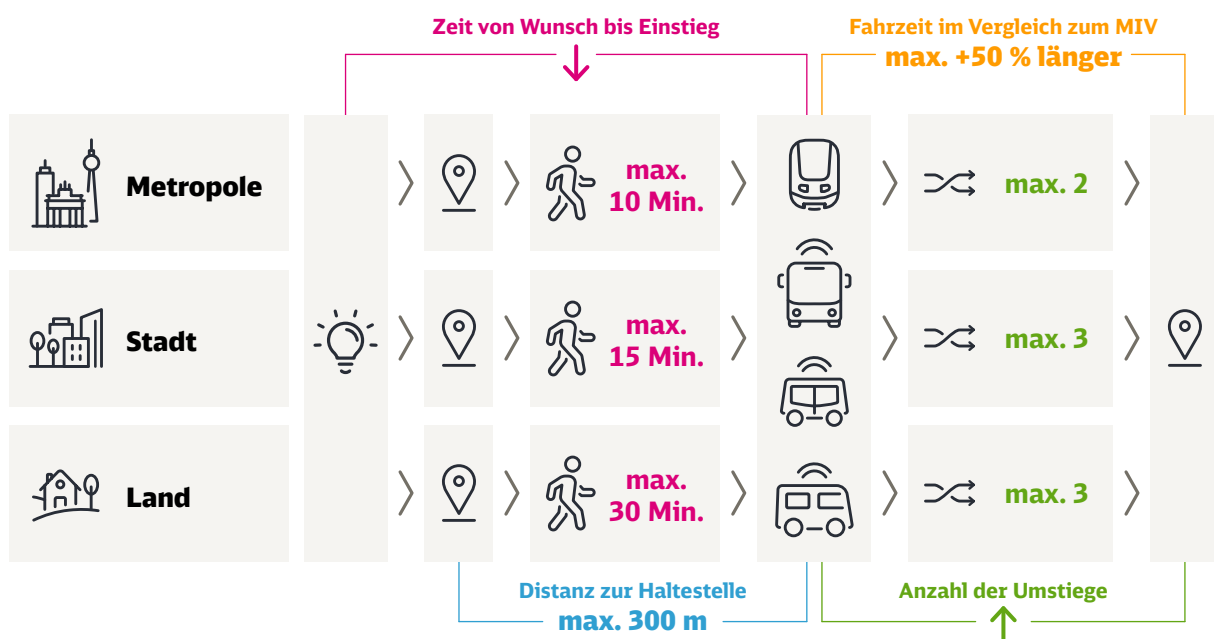


Abbildung 31: Kriterien der für das Daseinsvorsorge-Szenario definierten Mobilitätsgarantie

Die hier definierte Mobilitätsgarantie dient als verkehrsplanerische Grundlage für das im **Daseinsvorsorge-Szenario** modellierte ÖPNV-Angebot. Wie in den vorherigen Szenarien wird die Angebotsqualität im Folgenden anhand derselben vier Kriterien beschrieben. Anders als dort wurde das Angebot im **Daseinsvorsorge-Szenario** jedoch unmittelbar auf Basis der konkret definierten Mindestwerte der Mobilitätsgarantie ausgestaltet.

Zur Beschreibung der Qualität des ÖPNV werden – wie in den Szenarien zuvor – die Ausgangswerte des Status quo je Kriterium mit den im **Daseinsvorsorge-Szenario** erreichten Durchschnittswerten verglichen. Im Folgenden werden diese anhand der Raumtypen Metropole, Stadt, Land dargestellt:

Metropole

In Metropolen zeigt sich im **Daseinsvorsorge-Szenario** eine qualitative Verbesserung des öffentlichen Nahverkehrs gegenüber dem Status quo. Die durchschnittliche Wartezeit sinkt von heute rund 7 Minuten auf etwa 5 Minuten. Besonders auffällig ist die Verbesserung der Reisezeit. Während ÖPNV-Fahrten derzeit in Metropolen durchschnittlich rund 28 Prozent länger dauern als vergleichbare Wege mit dem Pkw, kehrt sich dieses Verhältnis in diesem Szenario um. Mit einem Wert von –11 Prozent ist der ÖPNV insgesamt sogar schneller als der Pkw, da Laufwege zum Auto und die Parkplatzsuche wegfallen. Diese Entwicklung zeigt eine deutliche Attraktivitätssteigerung des ÖV, die sowohl auf umfangreiche Angebotsverdichtungen im klassischen ÖPNV als auch auf die neuen ÖV-Shuttle-Angebote zurückzuführen ist.

Dies ist auch bei den Distanzen zur Haltestelle sichtbar: Mit durchschnittlich 191 Metern liegt die Entfernung über 40 Prozent unter dem aktuellen Wert von 327 Metern. Die Anzahl durchschnittlich notwendiger Umstiege konnte ebenfalls reduziert werden – statt bei 4 von 10 Fahrten, müssen Fahrgäste nur noch bei 3 von 10 Fahrten umsteigen.



Abbildung 32: Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo

Stadt

In den Städten zeigt sich ein ähnliches Bild wie in den Metropolen. Die Angebotsqualität verbessert sich in allen Kriterien und ist deutlich besser als im Status quo. Die durchschnittliche Wartezeit von Fahrtwunsch bis Einstieg in das Fahrzeug verbessert sich im **Daseinsvorsorge-Szenario** um 50 Prozent auf 7 Minuten. Auch die Reisezeit verbessert sich deutlich: Während die Fahrzeiten im Status quo in Städten noch um 66 Prozent über denen des Pkw liegen, beträgt die Differenz im **Daseinsvorsorge-Szenario** nur noch 7 Prozent – und nähert sich damit nahezu dem Pkw-Niveau an. Die Erreichbarkeit der Haltestellen nimmt ebenfalls zu: Mit durchschnittlich 187 Metern ist die

Distanz über 40 Prozent geringer als heute mit 327 Metern. Das gleiche Bild zeigt sich bei der Anzahl der Umstiege: War im Status quo noch bei 7 von 10 Fahrten ein Umstieg notwendig, so ist es im **Daseinsvorsorge-Szenario** nur noch jede zweite Fahrt, die einen Umstieg erfordert.

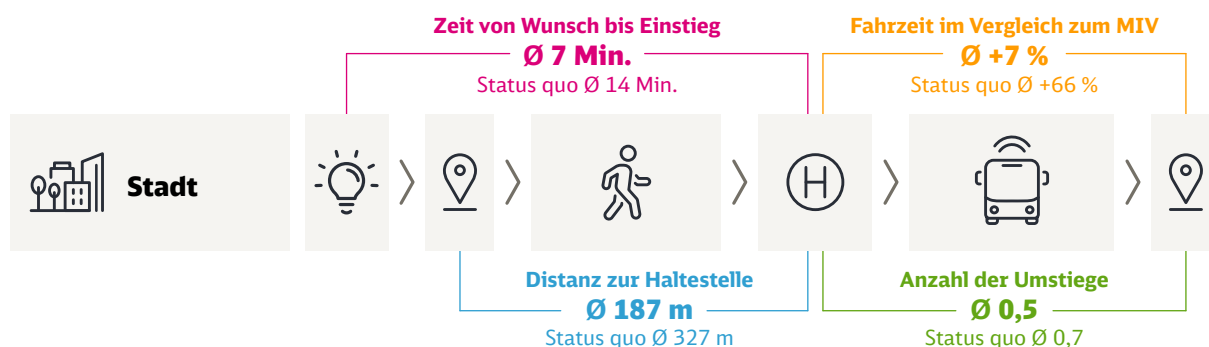


Abbildung 33: Angebotsqualität für den Raumtyp Stadt im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo

Land

Im ländlichen Raum wird am deutlichsten sichtbar, dass es sich um ein flächendeckend attraktives Mobilitätsangebot handelt, von dem alle Menschen in Deutschland profitieren. Die Verbesserungen fallen in diesem bislang beim ÖPNV-Angebot als benachteiligt geltenden Raumtyp am stärksten aus – es zeigt sich ein deutlicher Aufholeffekt.

Die durchschnittliche Wartezeit liegt in diesem Szenario mit 13 Minuten 50 Prozent unter dem Status quo und ist auch im Verhältnis näher an den Wert in Metropolen gerutscht: Im Status quo war die Wartezeit auf dem Land noch 270 Prozent höher als in den Metropolen, im **Daseinsvorsorge-Szenario** sinkt dieser Abstand auf 160 Prozent. Die zusätzliche Reisezeit im Vergleich zum Pkw konnte mit einer Senkung um über 80 Prozent ebenfalls massiv reduziert werden. Dauerten Fahrten mit dem ÖPNV im Status quo noch mehr als doppelt so lange wie mit dem MIV, so ist die Fahrzeit im **Daseinsvorsorge-Szenario** nur noch etwa 20 Prozent länger. Durch den flächendeckenden Ausbau von autonomen On-Demand-Angeboten reduziert sich die Distanz bis zur Haltestelle um fast 50 Prozent im Vergleich zum Status quo auf 181 Meter und liegt damit unter dem Niveau in Metropolen und Städten. Auch die durchschnittliche Anzahl an Umstiegen sinkt von einem Umstieg in fast jeder Fahrt auf etwa einen Umstieg bei 7 von 10 Fahrten.

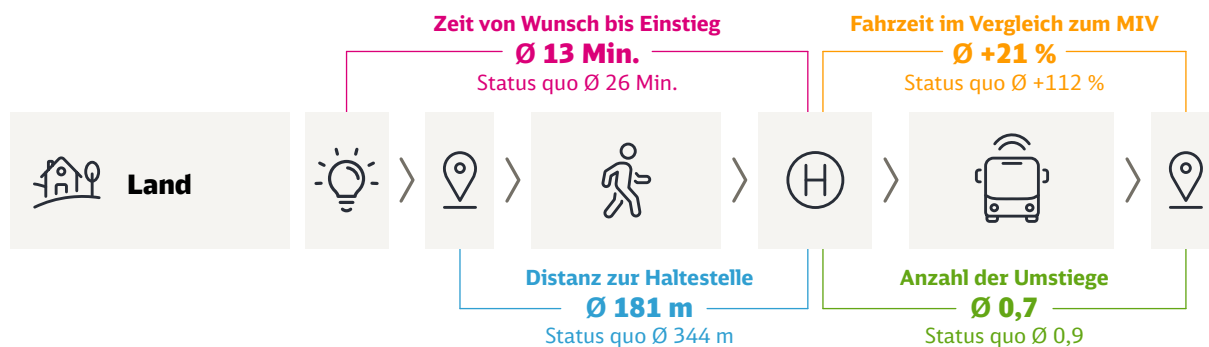


Abbildung 34: Angebotsqualität für den Raumtyp Land im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo

Insgesamt verbessert sich im **Daseinsvorsorge-Szenario** die Angebotsqualität über alle Raumtypen hinweg deutlich. Es findet eine Angleichung der Versorgungsqualität auf dem Land und in den Metropolen statt. Erstmals können alle Mobilitätsbedürfnisse durch den ÖPNV attraktiv abgedeckt werden. Dadurch stellt der ÖPNV erstmals eine attraktive Alternative zum MIV dar und eröffnet so den Menschen tatsächlich eine Wahlfreiheit bei ihrer Mobilitätsentscheidung.

2. Die Zusammensetzung des Angebots

Grundlage für die zuvor beschriebene Angebotsqualität ist die folgende Angebotszusammensetzung:

Der neue ÖPNV

Im Gegensatz zum **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario**, die lediglich moderate Taktverdichtungen auf bestehenden Linien vorsehen, erfolgte in diesem Szenario eine umfassende Neuplanung und ein massiver Ausbau des ÖPNV-Angebots. Autonome Fahrzeuge werden dabei gezielt eingesetzt, um bestehende Angebotslücken zu schließen und die Erreichbarkeit in allen Räumen zu verbessern. Neben autonomen Linienverkehren entstehen flexible autonome Angebote, die sich an den individuellen Mobilitätsbedürfnissen der Bevölkerung orientieren. Insgesamt sind die Angebote optimal aufeinander abgestimmt, um Fahrzeiten, Umsteigezeiten und eine gute Angebotsqualität sicherzustellen. Alle Angebote können über eine App durchgehend gebucht und bezahlt werden.

- **Schienenverkehr:**

Der SPNV wurde – wie im **Basis-Szenario** – hinsichtlich Takt und Fahrleistung ausgeweitet, basierend auf den bestehenden Prognosen „Verkehr in Zahlen 2030“ und „Verkehrsprognose 2040“ des BMV. Das Angebot bleibt auch in diesem Szenario fahrerbasiert und orientiert sich an den derzeit geplanten Ausbaupfaden bis 2040. Erste Simulationen in dieser Studie zeigten jedoch, dass die starke Ausweitung des straßengebundenen Angebots – insbesondere durch bedarfsorientierte ÖV-Shuttles als Zu- und Abbringer zum Schienensystem – zu einem deutlichen Nachfrageanstieg im SPNV führen würde, der die geplanten Kapazitäten überschreitet. Daher wurde in einer weiteren Iteration gemeinsam mit Expertinnen und Experten aus dem Schienenverkehr die Kapazität des SPNV so weit wie möglich erhöht. Aufgrund infrastruktureller Restriktionen konnten jedoch nur längere und größere Züge, etwa in Form von Doppelstockzügen, berücksichtigt werden. Dadurch ließ sich die Schienenkapazität gegenüber dem Status quo zwar steigern, sie reicht jedoch weiterhin bei Weitem nicht aus, um die zusätzliche Nachfrage zu bedienen.

Um Überauslastung im SPNV zu vermeiden und dennoch möglichst viel Verkehrsleistung im ÖV zu halten, wurden anschließend zwei Maßnahmen umgesetzt: Erstens wurde die durchschnittliche Auslastung der Schiene auf maximal 40 Prozent begrenzt. Damit kann der SPNV an seiner Kapazitätsgrenze etwa die doppelte Verkehrsleistung wie im Status quo erbringen, was jährlich etwa 200 Milliarden Pkm statt 100 Milliarden Pkm entspricht. Zweitens wurde für das über die Schienenkapazität hinausgehende Nachfragevolumen ein zusätzliches straßengebundenes Linienangebot in Form von Expressbussen entwickelt, das einen möglichst großen Anteil dieses Nachfragevolumens auffangen soll. Die Ausgestaltung dieses Angebots wird im Folgenden näher ausgeführt.

- **Straßenverkehr:**

Linienbusse verkehren in diesem Szenario ebenfalls fahrerlos. Das Angebot wurde im Unterschied zu den anderen Szenarien durch eine grundlegende überregionale Netzoptimierung und ohne Berücksichtigung administrativer Zuständigkeitsgrenzen deutlich verbessert. Grundlage hierfür bildete eine Analyse der Mobilitätsströme, die sich aus der Bevölkerungsprognose 2045 ergibt. Die Netzkonzeption umfasst zum einen Maßnahmen zur Beschleunigung des straßengebundenen Linienverkehrs. So wurden Haltestellen mit geringer Nachfrage gestrichen und Linienverläufe begradigt. Zum anderen wird eine optimierte Umsteigezeit von 5 Minuten zwischen einzelnen Linien und Verkehrsträgern erreicht. Voraussetzung hierfür sind sowohl abgestimmte Fahrpläne als auch infrastrukturelle Verbesserungen an den Haltestellen, die kurze Wege und komfortable Umstiege ermöglichen.

Diese neue Netzkonzeption behebt einen wesentlichen Attraktivitätsnachteil des heutigen Angebots: Der Linienbusverkehr folgt häufig kurvigen und verschlungenen Routen, um möglichst viele Haltestellen zu bedienen, was zu langen Reisezeiten führt. Die Attraktivität des neuen Buslinienverkehrs steigt durch die verkürzte Reisezeit, bessere Verknüpfung zwischen einzelnen Linien und Verkehrsträgern sowie eine höhere Taktung.

Der Fahrzeugeinsatz erfolgt bedarfsgerecht auf Basis der Mobilitätsströme. Im Linienverkehr werden auf weniger stark frequentierten Verbindungen sogenannte People Mover eingesetzt. Dabei handelt es sich um für den ÖV entwickelte, autonom fahrende Fahrzeuge mit einer Fahrgastkapazität von etwa 15 Personen.

Neben dem klassischen Linienverkehr wurde ein Expressbusverkehr etabliert, der stark ausgelastete Schienenverbindungen entlastet. Damit soll das auf der Schiene nicht bedienbare Nachfragevolumen möglichst über alternative Angebote auf der Straße aufgefangen werden. Die Expressbusse decken dabei die gleichen Verbindungen und Haltestellen wie der Schienenverkehr ab, verkehren jedoch – anders als viele Regionalbahnen – nicht nur stündlich, sondern je nach Bedarf beispielsweise im 10-Minuten-Takt. Um möglichst große Volumina befördern zu können, werden hierfür Doppelgelenk- bzw. Doppelstockbusse eingesetzt, die eine Kapazität von bis zu 150 Personen haben. Zur Optimierung der Fahrzeiten nutzen diese Busse eigene Busspuren. Aufgrund des bereits sehr dichten Netzes und Angebots werden Expressbusse in den Metropolen weniger eingesetzt. Expressbusse sind dort nicht so attraktiv wie der Schienenverkehr, da dieser viel geringere Fahrzeiten hat. Daher würden die Expressbusse in Metropolen nicht genutzt werden. Insbesondere in den Metropolen gibt es dadurch weiterhin große Potenziale zur Verlagerung von Verkehr in den ÖPNV. Um diese zu heben, brauchte es beispielsweise neue U- und S-Bahnen. Expressbusse werden daher primär in Städten und im ländlichen Raum eingesetzt.

Ergänzend zu den neu strukturierten Linienangeboten wurde ein flächendeckender öffentlicher On-Demand-Verkehr etabliert, der rund um die Uhr verfügbar ist. Das On-Demand-Angebot fungiert als Zu- und Abbringer für Linienverkehre im ÖPNV sowie als Direktverkehr in Gebieten und zu Zeiten, in denen Linienangebote aufgrund geringer Nachfrage nicht sinnvoll sind. Zum Einsatz kommen Shuttelfahrzeuge mit einer Kapazität von etwa fünf Personen sowie People Mover, die flexibel und bedarfsorientiert verkehren – ohne festen Linienverlauf oder Fahrplan.

Die On-Demand-Verkehre werden ebenfalls ohne Berücksichtigung administrativer Zuständigkeitsgrenzen angeboten; das bedeutet, dass beispielweise auch Fahrten über die Zuständigkeitsbereiche der jeweiligen Aufgabenträger hinaus möglich sind. Mit On-Demand-Angeboten sind



Fahrten im Umkreis von 50 km um den jeweiligen Startpunkt möglich, um eine hohe Flexibilität zu gewährleisten. Längere Distanzen können über die Kombination mit Linienverkehren zurückgelegt werden. Die On-Demand-Fahrzeuge bedienen virtuelle Haltestellen.

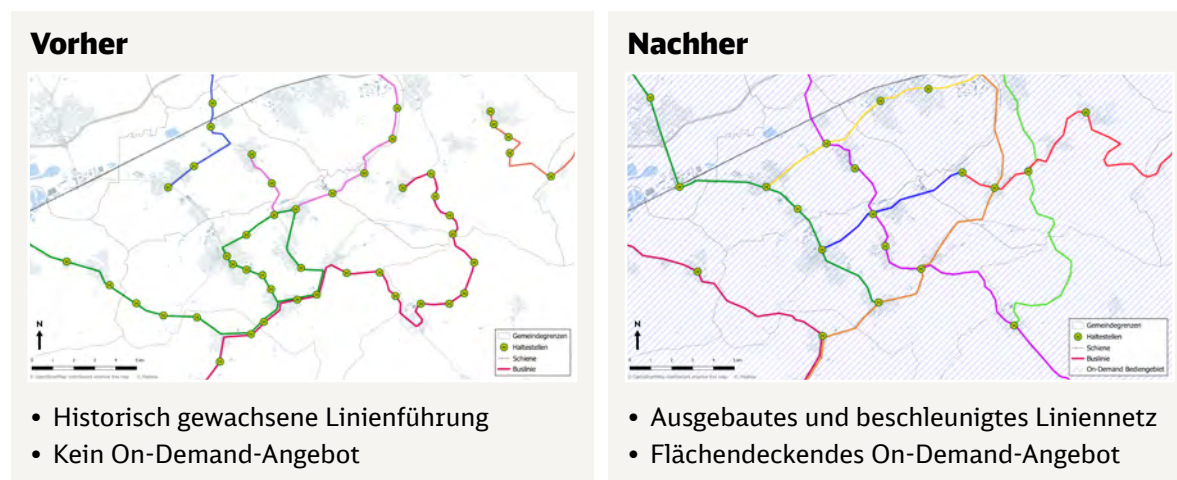


Abbildung 35: Illustrative Darstellung der Verkehrsoptimierung

Die On-Demand-Verkehre werden durchgehend als Ride-Pooling-Angebote umgesetzt. Dabei werden Fahrgäste mit ähnlichen Fahrzielen gebündelt, indem weitere Personen mit vergleichbarer Route ein- und aussteigen können. Dies steht im Gegensatz zum sogenannten Ride-Hailing, bei dem eine Buchung eine individuelle Fahrt von Start- zu Zielpunkt darstellt und unterwegs keine weiteren Zu- oder Ausstiege erfolgen. Beispiele für Ride-Hailing sind das klassische Taxi und das Robotaxi, wie es im **Wettbewerb-Szenario** angenommen wurde.

Das neue Mobilitätsangebot soll dennoch alle Mobilitätsbedürfnisse abdecken. Da es auch individuelle Anforderungen gibt, werden ergänzende Buchungsoptionen bereitgestellt. So können die On-Demand-Fahrzeuge bei Bedarf auch exklusiv – also im Sinne eines Ride-Hailing – genutzt werden. Beispiele für solche individuellen Mobilitätsbedürfnisse sind:

- **Krankheit:** Kranke ÖV-Nutzende möchten das Fahrzeug möglicherweise nicht mit anderen teilen, etwa weil sie sich unwohl fühlen oder niemanden anstecken möchten.
- **Geschäftstermine:** Bei geschäftlichen Fahrten besteht häufig der Bedarf, ungestört telefonieren oder arbeiten zu können.
- **Familienausflug:** Familien möchten am Wochenende oder in der Freizeit gelegentlich unter sich sein und das Fahrzeug exklusiv nutzen.

Diese individuellen Bedürfnisse werden berücksichtigt, indem entsprechende Buchungsoptionen angeboten werden. Die Nutzung dieser exklusiven Optionen ist jedoch mit zusätzlichen Kosten verbunden, um Fehlanreize zu vermeiden.

Die Integration der Verkehrsträger

Die umfassende Verzahnung der Verkehrsträger bildet einen wesentlichen Kern dieses Szenarios. Die autonomen Linienbus- und On-Demand-Verkehre werden verkehrlich, vertrieblich und tariflich in den ÖPNV integriert und bilden ein abgestimmtes Gesamtsystem, das individuelle und kollektive Mobilitätsbedürfnisse gleichermaßen berücksichtigt und bedient. Daten, Fahrpläne und Buchungssysteme sind vollständig ineinander integriert, sodass für die Nutzenden ein nahtloses multimodales Angebot entsteht.

- **Verkehrlich:**

Die Angebotsplanung erfolgt in diesem Szenario über alle administrativen Grenzen hinweg übergreifend und integriert. Sie orientiert sich ausschließlich an den tatsächlichen Mobilitätsbedarfen. Die Umsteigezeiten werden an allen Knotenpunkten optimiert. Dies umfasst auch die On-Demand-Verkehre, die sowohl liniengebundene Verkehre als Zu- und Abbringer ergänzen als auch Direktverbindungen in der Fläche ermöglichen, wo der Einsatz von Linienverkehren aufgrund zu geringer Nachfrage nicht sinnvoll ist.

Alle öffentlichen Verkehrsträger sind optimal aufeinander abgestimmt, bestmöglich integriert und konsequent am Bedarf der Nutzenden ausgerichtet, um letztlich nur das Angebot bereitzustellen, das auch genutzt wird – und so die verkehrliche Effizienz zu maximieren.

- **Vertrieblich:**

Der Zugang zum Mobilitätsangebot ist vollständig digitalisiert. Alle Mobilitätsangebote sind durchgängig in eine übergreifende Mobilitätsplattform eingebunden. Fahrten lassen sich dadurch multimodal nahtlos planen, buchen und bezahlen – über eine App. Dies erleichtert den deutschlandweiten Zugang zum ÖPNV und die Nutzung kombinierter Wegeketten deutlich.

- **Tariflich:**

Die Einführung eines einfachen deutschlandweiten Tarifsystems reduziert Zugangshürden zum ÖPNV massiv. Egal ob in Hamburg, Berlin oder im Landkreis Prignitz, Nutzende zahlen überall das gleiche. Bestehende regionale Unterschiede werden damit aufgelöst. Zudem wird das Tarifsysteem maximal vereinfacht, um die Komplexität für Nutzende zu reduzieren. Es gibt ein Abo-Ticket, Einzelfahrscheine und definierte einheitliche Zuschläge für die Nutzung des On-Demand-Angebots. Damit soll den Nutzenden der Zugang, aber auch die Vergleichbarkeit, vereinfacht werden.

3. Der Angebotspreis

Preismodell ÖPNV

Für das **Daseinsvorsorge-Szenario** wurde eine neue Tarifstruktur entwickelt, die zwei wesentliche Ziele verfolgt. Erstens soll sie Anreize für eine sinnvolle Nutzung der On-Demand-Angebote setzen. Diese sollen insbesondere dort genutzt werden, wo es keine adäquaten Angebote im Linienverkehr gibt. Dabei werden jedoch keine Verbote ausgesprochen, sondern ausschließlich preisliche Anreize gesetzt. Zweitens soll die Tarifstruktur die Nutzendenfinanzierung stärken, um den staatlichen Finanzierungsbedarf des massiv erweiterten ÖPNV-Angebots nicht weiter zu erhöhen.

Während das deutschlandweite Abo-Ticket im **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** 58 Euro kostet, steigt der Preis im **Daseinsvorsorge-Szenario** aufgrund des deutlich verbesserten Angebots auf 100 Euro pro Monat. Einzeltickets werden als 3-Stunden-Ticket für 3 Euro pro Fahrt angeboten und liegen damit etwa auf heutigem Niveau, können aber regionsübergreifend genutzt werden.



Für die On-Demand-Verkehre wird ein differenziertes Preissystem eingeführt. Der zu zahlende Preis ist kilometerabhängig und fällt zusätzlich zum Abo-Ticket oder zu Einzelfahrscheinen an: Für geteilte Fahrten werden 0,49 Euro pro Kilometer berechnet. Individuelle Direktfahrten, die als On-Demand-Premium-Verkehr angeboten werden – etwa für Familienfahrten, geschäftliche Aktivitäten oder Tür-zu-Tür-Verbindungen – kosten zusätzlich eine Grundgebühr von 1 Euro plus 0,74 Euro pro Kilometer.

Für Parallelfahrten zum bestehenden ÖV-Linienangebot werden Aufpreise von bis zu 5 Euro pro Kilometer erhoben. Bei kurzen Strecken unter einem Kilometer reduziert sich dieser Zuschlag auf 1 Euro pro Kilometer. Diese Kosten fallen ebenfalls zusätzlich zu den regulären Fahrpreisen an.

Für Wege unter 600 Metern werden grundsätzlich keine On-Demand-Fahrten angeboten. Ausnahmen gelten für Seniorinnen und Senioren sowie mobilitätseingeschränkte Personen mit entsprechendem Nachweis. Diese Gruppen sind von den Zusatzkosten befreit und können On-Demand-Angebote auch für kürzere Strecken nutzen.

Dieses System zielt darauf ab, flexible Mobilitätslösungen anzubieten, die sowohl individuelle Bedarfe als auch übergeordnete wirtschaftliche Überlegungen berücksichtigen.

Die verschiedenen Aufpreise wurden in einem stufenweisen Prozess entwickelt, um Fehlsteuerungen im System, wie etwa eine Kannibalisierung attraktiver liniengebundener ÖV-Verbindungen oder das Ersetzen kurzer Fuß- und Radwege durch On-Demand-Verkehre, zu vermeiden. Ziel ist es, die Mobilitätswahl über Preisimpulse statt über Regulierung oder Verbote zu beeinflussen. Nutzende sollen – entsprechend ihrer individuellen Preissensibilität – eigenständig zwischen den verfügbaren Mobilitätsoptionen wählen können.

	Klassische Angebote		Flexible Angebote		Individuelle Mobilitätsangebote
Verkehrsmittel		+		+	
Anwendungsfall	Volumentransportmittel in Regionen mit hoher Nachfrage	+	Zu- und Abbringerverkehr Direktverkehr in Regionen mit schwacher Nachfrage	+	Tür-zu-Tür-Service Alleinige Nutzung
Preis	100 €/Monatsabo 3 €/3h-Ticket	+	0,49 €/km	+	1 € Grundgebühr 0,25 €/km

Abbildung 36: Illustrative Darstellung der Angebots- und Preiskomponenten im Daseinsvorsorge-Szenario

II. Der motorisierte Individualverkehr

Wie im **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** werden auch in diesem Szenario moderate Push-Maßnahmen unterstellt, um die Nutzung des Pkw gemäß politischer Ziele zu gestalten:

- Die Nutzungskosten steigen um 2 Cent pro gefahrenem Kilometer
- Die durchschnittliche tägliche Fahrzeit verlängert sich um etwa 2 Minuten

Konkrete Instrumente sind bewusst offengelassen, da diverse regulatorische Eingriffe zu diesen Effekten führen können.

Bei der Verkehrsmittelwahl beziehen Pkw-Besitzerinnen und -Besitzer heute circa 65 Prozent der tatsächlichen Kosten in die Entscheidungsfindung ein. Hintergrund ist, dass der Pkw ohnehin benötigt wird, da es keine attraktive Alternative gibt. Vor allem in ländlichen, aber auch in urbanen Räumen können derzeit nicht alle Mobilitätsbedürfnisse im ÖV attraktiv bedient werden.

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** gibt es eine Mobilitätsgarantie, sodass alle Menschen jederzeit und überall in Deutschland ein attraktives öffentliches Mobilitätsangebot für all ihre Wege erhalten. Damit entsteht eine echte Wahlfreiheit, ob der Pkw oder das öffentliche Angebot genutzt wird. Dieses Angebot besteht dauerhaft, sodass beispielsweise das Halten eines Zweit- und Dritt-Pkw auch in ländlichen Räumen überdacht werden kann.

Um dieser neuen Situation der echten Wahlfreiheit im **Daseinsvorsorge-Szenario** Rechnung zu tragen, wurde die Kostenwahrnehmung von 65 auf 90 Prozent der tatsächlichen Kosten erhöht. Zentrale Annahme für diese Steigerung ist der massive Ausbau des öffentlichen Verkehrs, insbesondere zur Realisierung der deutschlandweiten Mobilitätsgarantie. Es ist davon auszugehen, dass ein solcher Ausbau kommunikativ durch Politik, Verbände und Verkehrsunternehmen begleitet würde.

Studien zeigen, dass infolge mangelnder Kostentransparenz ein erhebliches Informationsdefizit besteht. Expert:innen gehen daher davon aus, dass eine höhere Kostentransparenz – etwa durch digitale Vergleichstools – Mobilitätsentscheidungen spürbar beeinflussen können, selbst ohne tatsächliche Preisänderungen im MIV.¹⁹

Zusätzlich wird angenommen, dass Anreize in der Arbeitgebermobilität – etwa Mobilitätsbudgets oder Jobtickets – zunehmen und das Kostenbewusstsein künftig schärfen.²⁰ Vor dem Hintergrund dieses Zusammenspiels aus Mobilitätsgarantie, Wahlfreiheit, flankierenden Kommunikationsmaßnahmen, arbeitgeberfinanzierten Anreizen und Tools zur Herstellung von Kostentransparenz wird für den gewählten Zielhorizont ein bewussteres Entscheidungsverhalten unterstellt.

¹⁹ Vgl. Andor, Gerster, Gillingham und Horvath (2020).

²⁰ Vgl. Arval Mobility Barometer Deutschland (2025).



Ergebnisse

I. Entwicklung des Modal Split

Verkehrsaufkommen

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** verändert sich das Mobilitätsverhalten und damit der Modal Split deutlich. Der Anteil des ÖV am gesamten Verkehrsaufkommen verdoppelt sich nahezu, damit wird rund ein Viertel der Wege mit dem ÖV zurückgelegt. Dies verdeutlicht, dass ein attraktives und gut erreichbares Mobilitätsangebot dazu führt, dass deutlich mehr Menschen den ÖV nutzen. Einen wesentlichen Beitrag leisten dabei die flächendeckend eingeführten öffentlichen On-Demand-Angebote, die in Summe knapp über 14 Prozent des Verkehrsaufkommens ausmachen. Etwa die Hälfte der öffentlichen On-Demand-Verkehre entfällt auf Zu- und Abbringerverkehre, die den klassischen, liniengebundenen ÖV ergänzen. Der liniengebundene ÖV erreicht im **Daseinsvorsorge-Szenario** zusammen mit den kombinierten Wegen aus ÖV-Linie und ÖV-On-Demand einen Anteil von rund 17 Prozent am Verkehrsaufkommen. Der MIV-Anteil reduziert sich um etwa 20 Prozentpunkte, trotzdem wird mit diesem Verkehrsmittel weiterhin jeder dritte Weg und damit mehr Wege als mit jedem anderen Verkehrsmittel zurückgelegt. Gleichzeitig verdoppelt sich der Radverkehr nahezu auf über 20 Prozent. Die Verdopplung des Radverkehrs ist Ergebnis mehrerer Effekte: Der Radverkehr wird im Vergleich zum ÖV und MIV noch attraktiver, denn die Preise für ÖV-Angebote steigen und die tatsächlichen Kosten der Pkw-Nutzung werden realistischer wahrgenommen. Insbesondere die veränderte Kostenwahrnehmung beim Pkw führt dazu, dass die Kombination aus ÖV und Fahrrad an Bedeutung gewinnt. Im Gegensatz dazu nimmt die kombinierte Nutzung von ÖV und Pkw aufgrund der höheren Gesamtkosten ab.

Infolge der Zunahme des Radverkehrs und der kürzeren Zugangswege zum ÖV – bedingt durch den massiven Angebotsausbau im ÖV – reduziert sich der Anteil des Fußverkehrs am Verkehrsaufkommen.

Das Ergebnis ist eine grundlegende Verschiebung im Modal Split. Knapp zwei Drittel des Verkehrsaufkommens entfallen auf den Umweltverbund, bestehend aus Linien- und On-Demand-Angeboten sowie Rad- und Fußwegen, während nur noch etwa ein Drittel der Wege auf den MIV entfällt.

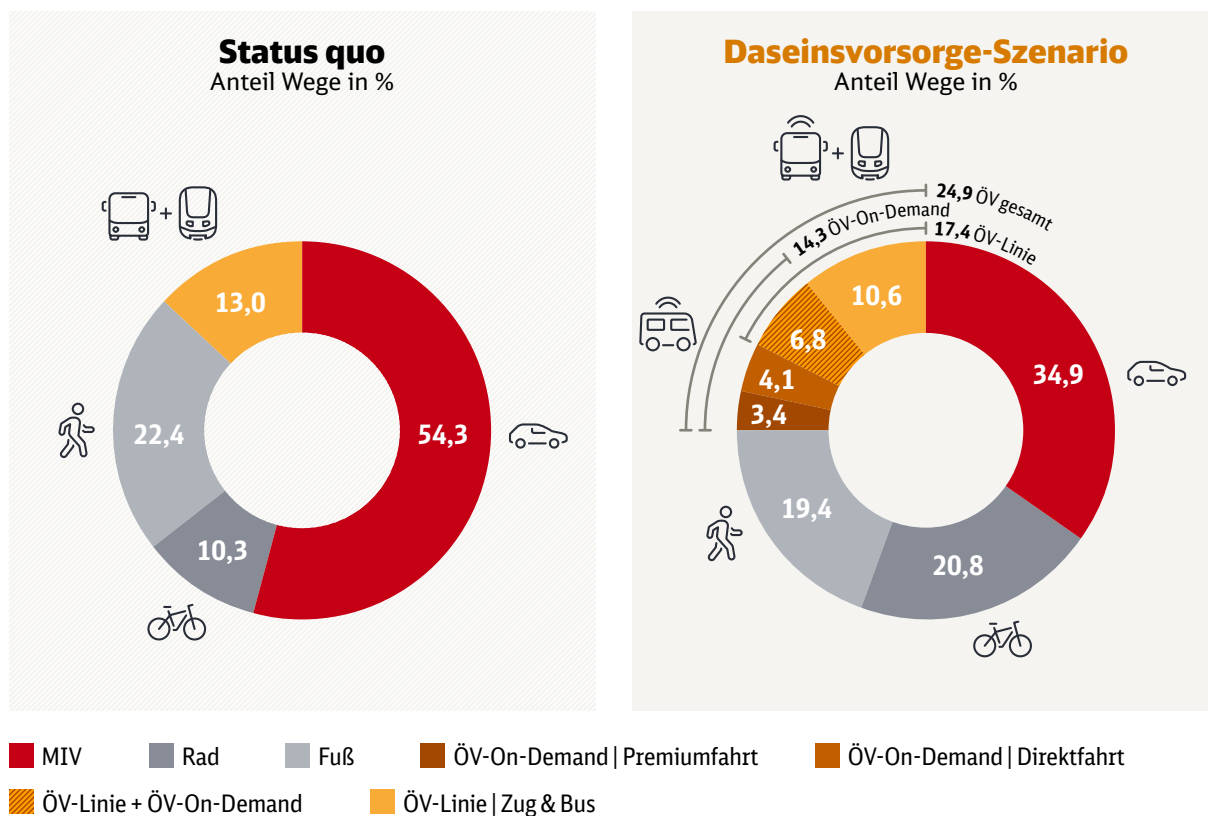


Abbildung 37: Modal Split Verkehrsaufkommen Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

Hinweis zur Darstellung:

In der Darstellung der Ergebnisse wird bei kombinierten Wegen in der Regel das dominierende Verkehrsmittel zur Kategorisierung herangezogen. Wenn eine Person zum Beispiel mit dem Fahrrad zum Bahnhof fährt und von dort mit dem Zug weiterreist, wird der gesamte Weg dem ÖV zugerechnet.

Eine Ausnahme bilden kombinierte Wege, bei denen der ÖV-Linienverkehr mit ÖV-On-Demand-Verkehren oder Robotaxis verknüpft ist. Diese Wege werden in einer eigenen Kategorie ausgewiesen, um bei diesen neuen Verkehrsarten sichtbar zu machen, wie viele Linienwege mit Zu- oder Abbringerverkehren erfolgen.



Prof. Dr.-Ing. Martin Kagerbauer
Stellvertretender Institutsleiter Institut
für Verkehrswesen am Karlsruher
Institut für Technologie (KIT)

»Das Daseinsvorsorge-Szenario markiert einen Paradigmenwechsel: Während frühere Studien zeigen, dass Veränderungen im Modal Split nur durch Push-Maßnahmen im Autoverkehr entstehen, setzt dieses Szenario auf massiven Angebotsausbau. Autonome Verkehre und besserer ÖV schaffen so echte Wahlfreiheit – und damit erstmals die Chance, Mobilitätsverhalten ohne Zwang zu verändern.«

Verkehrsleistung

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** steigt der Anteil des ÖV an der Verkehrsleistung nochmals deutlich als beim Verkehrsaufkommen und ist mit 35 Prozent mehr als doppelt so hoch wie heute. Während im Verkehrsaufkommen die öffentlichen On-Demand-Angebote einen größeren Anteil am ÖV einnehmen, dominiert bei der Verkehrsleistung der liniengebundene Verkehr, der mehr als zwei Drittel der gesamten ÖV-Leistung erbringt. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass im öffentlichen On-Demand-Verkehr im Durchschnitt deutlich kürzere Strecken zurückgelegt werden. Die langen Strecken und damit der überwiegende Teil der Verkehrsleistung im ÖV entfällt weiterhin auf die liniengebundenen Verkehre. Dies unterstreicht die hohe Relevanz der Linienangebote und die Notwendigkeit der Bündelung auf den Hauptverkehrsachsen für ein effizientes Mobilitätssystem. Zusätzlich sorgen die eingesetzten On-Demand-Angebote, die vor allem für kurze Distanzen als Zu- und Abbringerverkehre dienen, für eine deutliche Zunahme der Nutzung von Linienangeboten. Dies unterstreicht die Bedeutung eines niedrigschwelligen Zugangs zum Linienverkehr – als zentrale Voraussetzung für eine hohe Verkehrsleistung des ÖV. Dadurch lässt sich der liniengebundene ÖV gezielter dort auslasten, wo heute eine geringe Nachfrage besteht – etwa auf weniger frequentierten Verbindungen im ländlichen Raum.

Die Entwicklung des Radverkehrs zeigt ein vergleichbares Muster: Die Radverkehrsleistung steigt im gleichen Maße wie das Radverkehrsaufkommen und verdoppelt sich auf über 7 Prozent. Daraus lässt sich schließen, dass die durchschnittliche Wegelänge mit dem Fahrrad etwa konstant bleibt. Das Fahrrad wird somit weiterhin primär für kürzere Strecken, etwa für den Weg zur nächsten ÖV-Haltestelle oder kurze Arbeitswege genutzt.

Der Anteil des MIV an der Verkehrsleistung reduziert sich um etwa ein Drittel und sinkt auf knapp 56 Prozent. Das liegt am massiven Ausbau des ÖV und der dadurch veränderten Kostenwahrnehmung im MIV. Trotz des Rückgangs bleibt der MIV gemessen an der Verkehrsleistung weiterhin das dominierende Verkehrsmittel.

Der Fußverkehr geht leicht zurück und erreicht einen Anteil von rund 2 Prozent, was unter anderem auf die zunehmende Nutzung multimodaler Angebote mit kurzen Zu- und Abbringerwegen zurückzuführen ist.

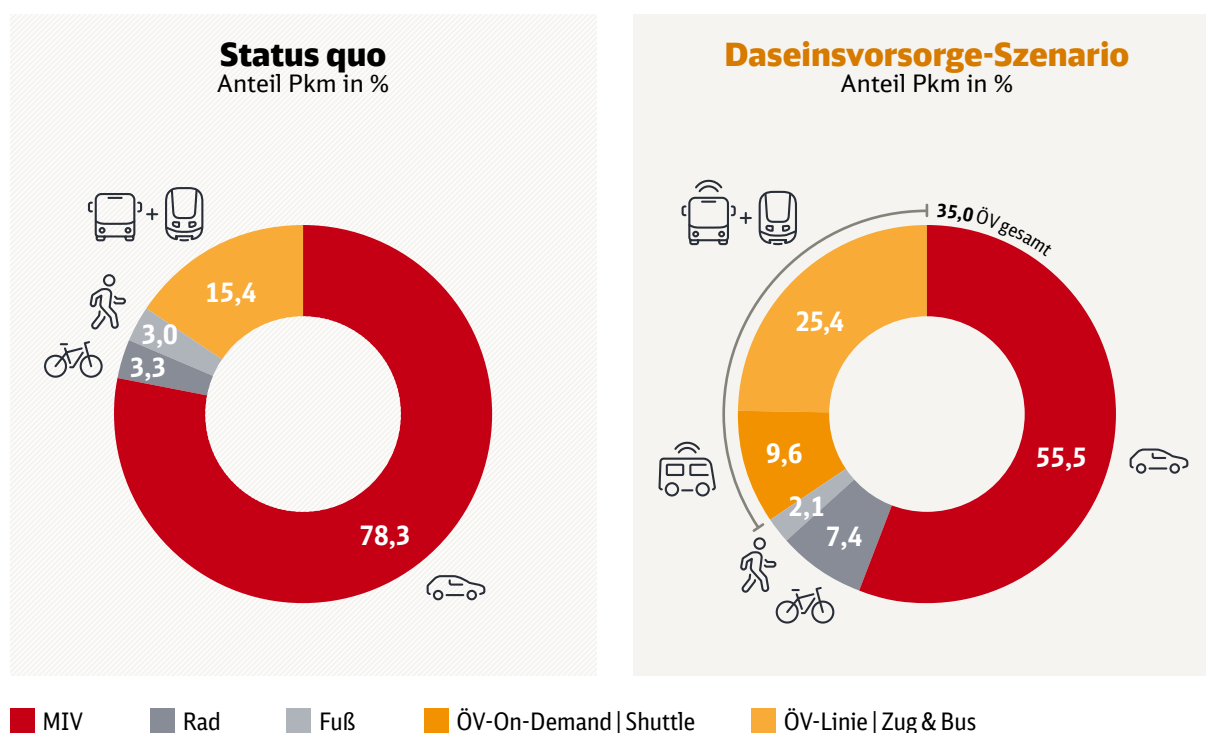


Abbildung 38: Modal Split Verkehrsleistung Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

Exkurs

Verkehrsleistung nach Raumtypen

Aufgrund der deutlichen Verschiebungen im Modal Split im **Daseinsvorsorge-Szenario** erfolgt an dieser Stelle eine differenzierte Betrachtung der Raumtypen Metropole und Land, da diese vor den größten verkehrlichen Herausforderungen stehen. Metropolen kämpfen mit Staus, Lärm und Luftverschmutzung. Der ländliche Raum ist dagegen durch eine unzureichende ÖV-Versorgung und die damit verbundene starke Abhängigkeit vom Pkw geprägt.

In Metropolen kann der ÖV seinen Anteil am Modal Split im Vergleich zum Status quo um 50 Prozent erhöhen und erbringt fast ein Drittel der gesamten Verkehrsleistung. Dies ist ein geringerer Anstieg als der Durchschnitt über alle Raumtypen. Ursache hierfür ist einerseits der bereits höhere ÖV-Anteil in den Metropolen im Status quo, andererseits aber auch die kapazitativen Restriktionen des Systems. Aktuell sind beispielsweise wenige Projekte angekündigt, die den dafür notwendigen Ausbau der schienegebundenen Verkehre – wie S-Bahn, U-Bahn und Tram – vorsehen. Unter Berücksichtigung von Planungs- und Umsetzungszeiten ist ein umfassender Ausbau bis 2045 nicht realistisch und stellt somit die maßgebliche Kapazitätsrestriktion dar. Zusätzliche Bus- und Expressbuslinien sowie On-Demand-Verkehre können dies in Teilen kompensieren, jedoch nicht vollständig. Daher kann das vollständige Verlagerungspotenzial in den ÖV in Metropolregionen aus Sicht der Autor:innen nicht ausgeschöpft werden.

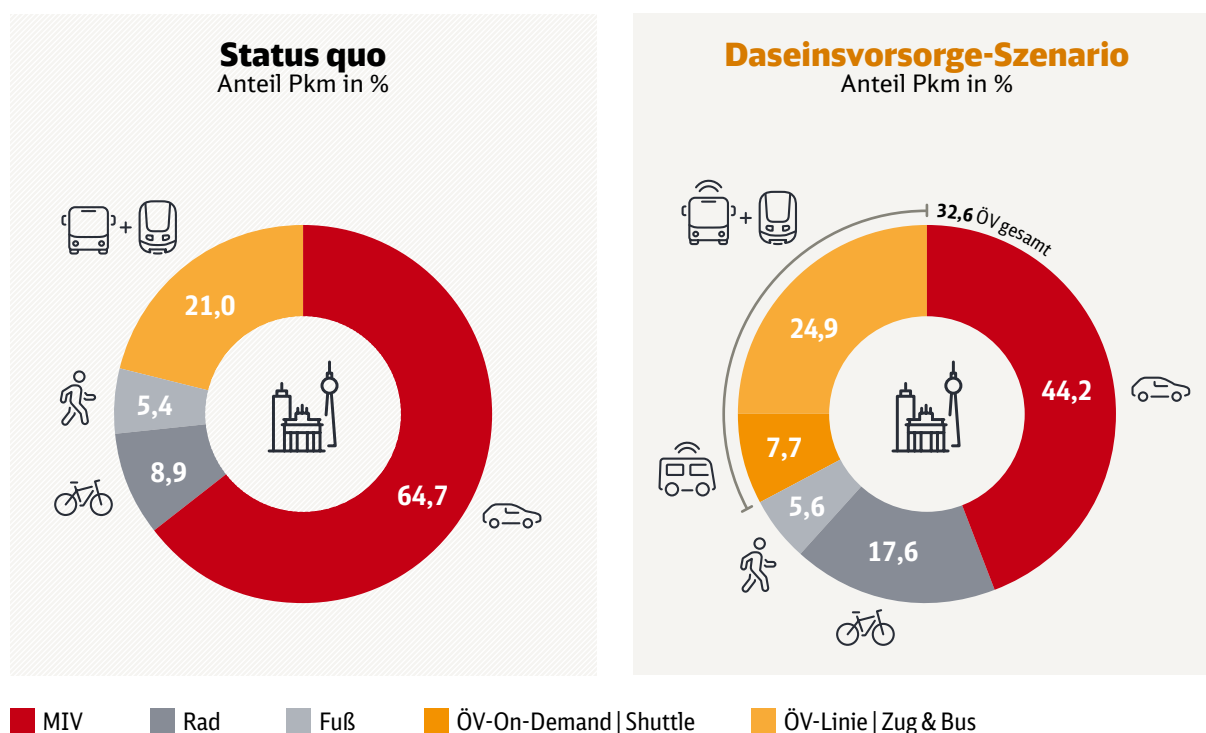


Abbildung 39: Modal Split Verkehrsleistung im Raumtyp Metropole im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteil der Verkehrsträger in Prozent

Interessant ist zudem die Entwicklung im ländlichen Raum. Im direkten Vergleich der Raumtypen wird deutlich, dass nicht nur eine Angleichung der ÖV-Anteile stattfindet, sondern dass diese im **Daseinsvorsorge-Szenario** auf dem Land sogar 10 Prozent höher sind als in der Metropole.

Dies ist insbesondere auf das neue attraktive Angebot, die höhere noch verfügbare Kapazität auf der Schiene sowie die besseren Möglichkeiten zur Verlagerung auf die Straße zurückzuführen. Wie beschrieben, soll die über die Kapazitäten der Schiene hinausgehende Nachfrage auf Expressbusse verlagert werden. Allerdings sind Expressbusse je nach Raumtyp unterschiedlich attraktiv: In Metropolen sind sie im Durchschnitt aufgrund kurzer Haltestellenabstände, unpassender Straßentypologie und dichter Taktung rund 60 Prozent langsamer als der Schienenverkehr. Im ländlichen Raum hingegen sind Expressbusse im Durchschnitt nur 10 Prozent langsamer und damit eine echte Alternative. Entsprechend werden Expressbusse nur dort eingesetzt, wo sie eine sinnvolle Alternative zum Schienenverkehr darstellen.

Der Anteil des ÖV im **Daseinsvorsorge-Szenario** ist im ländlichen Raum 2,5-mal höher als im Status quo und macht mit fast 36 Prozent über ein Drittel der gesamten Verkehrsleistung aus. Dies zeigt deutlich, dass der ÖV in diesen Regionen heute vor allem aufgrund mangelnder Attraktivität und Verfügbarkeit nicht genutzt wird. Werden – wie in diesem Szenario – öffentliche On-Demand-Angebote im ländlichen Raum gezielt als Zu- und Abbringer zum liniengebundenen ÖV eingesetzt und systemisch integriert, profitiert insbesondere der Linienverkehr.

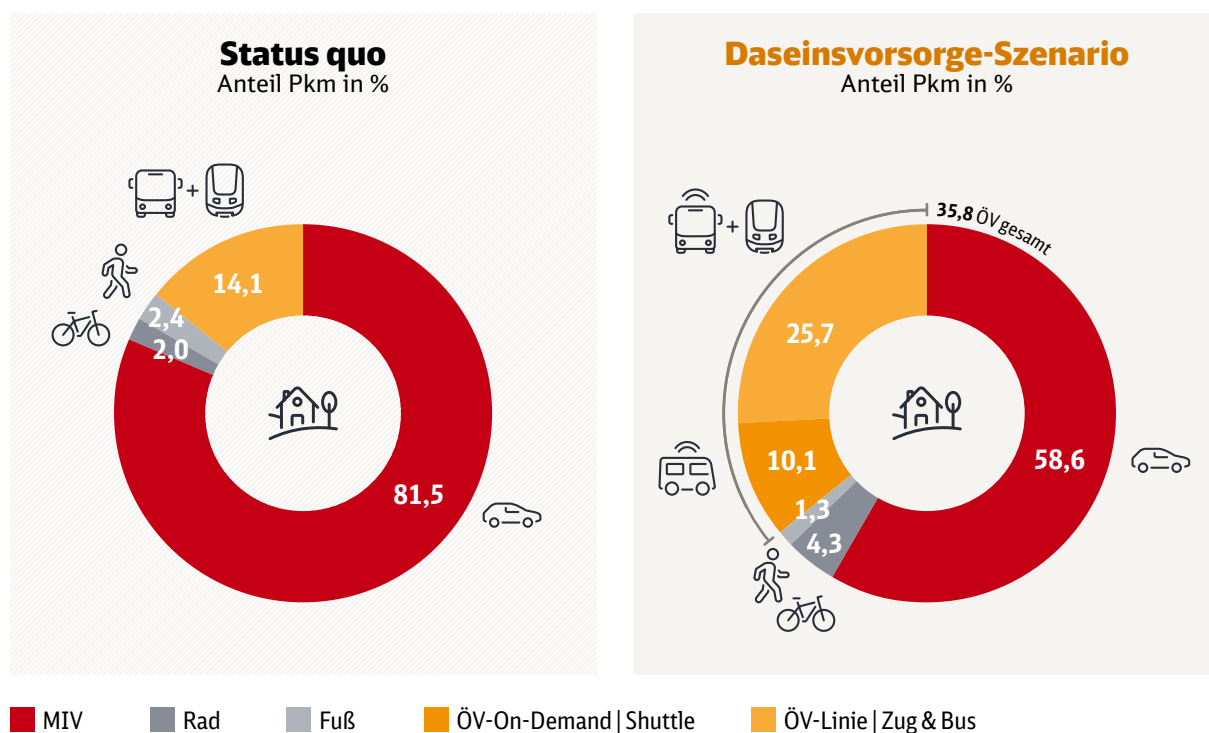


Abbildung 40: Modal Split Verkehrsleistung im Raumtyp Land im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteil der Verkehrsträger in Prozent

Öffentliche On-Demand-Verkehre fungieren somit über alle Raumtypen hinweg als entscheidender Systemintegrator. Sie ermöglichen attraktive Verbindungen, insbesondere in Kombination mit dem Linienverkehr. Dieser Effekt zeigt sich besonders bei längeren Wegstrecken, bei denen die Verbindung eines flexiblen On-Demand-Angebots mit einem leistungsfähigen Schienenverkehr eine wettbewerbsfähige Alternative zum MIV darstellt.

II. Entwicklung der Mobilitätskosten

Gesellschaftliche Mobilitätsausgaben

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** steigen die gesellschaftlichen Mobilitätsausgaben mit 8 Milliarden Euro um moderate 2 Prozent auf 352 Milliarden Euro. Der geringe Anstieg ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund des starken Ausbaus des ÖV der Pkw weniger genutzt und teilweise sogar abgeschafft wird. Dies reduziert die Aufwendungen für den MIV um 20 Prozent im Vergleich zum Status quo.

Stattdessen nutzen die Menschen ein attraktives und überall verfügbares ÖV-Angebot. Die Kosten dieses Angebots liegen mit 105 Milliarden Euro etwa 150 Prozent über den Kosten im Status quo. Mit 63 Milliarden Euro entfallen etwa 60 Prozent dieser Kosten auf die neuen On-Demand-Angebote. Die Kosten für den Schienenverkehr steigen im Vergleich zu den anderen Szenarien nochmals leicht an, da zur Abdeckung des zusätzlichen Volumens durch den Umstieg auf den ÖV längere und größere Züge eingesetzt werden. Im Linienverkehr auf der Straße können durch die bedarfsorientierte Netzplanung hingegen Kosteneinsparungen in Höhe von etwa 4 Milliarden Euro realisiert werden.

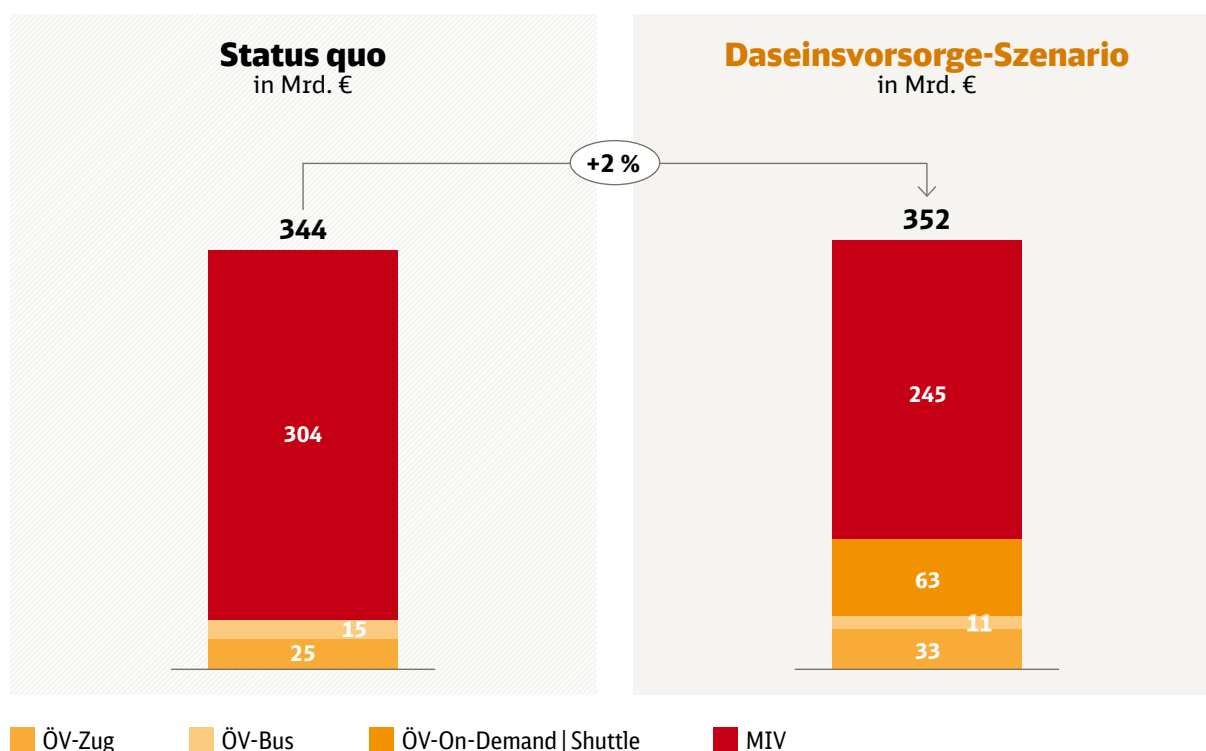


Abbildung 41: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro

Angebotskosten, Einnahmen und Finanzierungsbedarfe

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** steigen die Kosten für den ÖPNV infolge des Ausbaus von öffentlichen On-Demand-Angeboten deutlich an. Der erhebliche Ausbau des ÖPNV-Angebots wird nur durch die Produktivitätssteigerung des autonomen Fahrens und die stärkere Finanzierung durch Nutzende möglich.

Durch die neue Tarifstruktur mit kilometerbasierten Entgelten für öffentliche On-Demand-Angebote sowie höhere Preise für das Abo-Ticket steigen die Einnahmen und tragen dazu bei, die zusätzlichen Ausgaben zu kompensieren. Der Finanzierungsbedarf im Vergleich zum Status quo kann somit um 5 Milliarden Euro gesenkt werden. Auch die öffentliche Finanzierungsquote kann dadurch auf etwa 19 Prozent gesenkt werden. Folglich würde sich der ÖPNV erstmals zu einem deutlich größeren Anteil selbst tragen und das trotz eines massiven Ausbaus des Angebots.

Potenziell wäre auch eine vollständige Nutzendenfinanzierung denkbar. Für dieses Szenario wurde jedoch die Annahme getroffen, dass die Finanzierungsbedarfe etwa auf heutigem Niveau bleiben. Der Grund hierfür ist, dass sich der ÖPNV insbesondere im ländlichen Raum nicht selbst trägt. Diese Kosten sollten einerseits nicht auf die ÖPNV-Nutzenden in Metropolen und Städten umgelegt werden, andererseits sollten die nutzenbasierten Kosten auf dem Land nicht so stark ansteigen, dass erneut ein Stadt-Land-Gefälle entsteht und die ÖPNV-Nutzung auf dem Land zurückgeht.

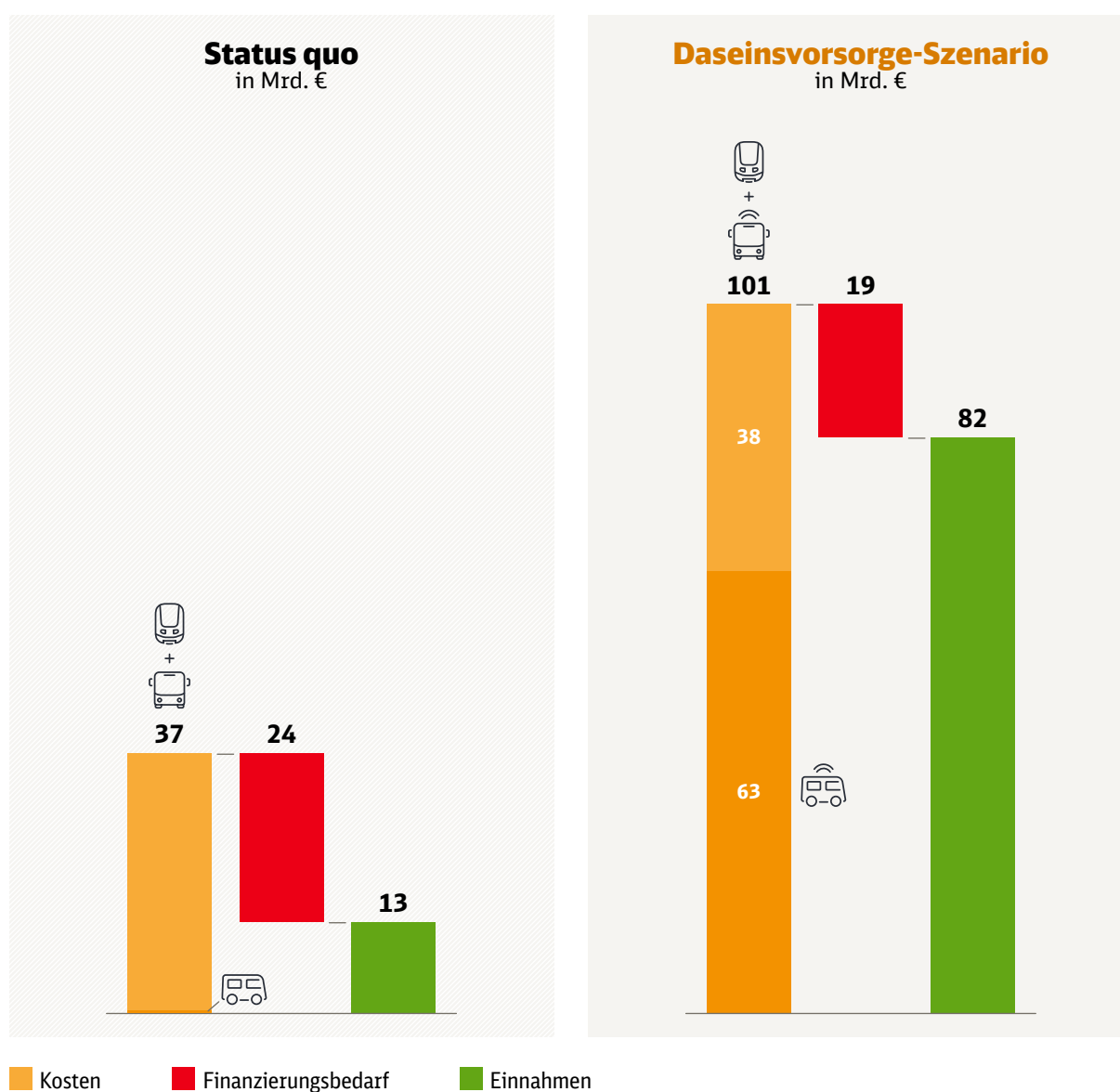


Abbildung 42: Angebotskosten und -einnahmen sowie Finanzierungsbedarf im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro



Martin Schmitz

Geschäftsführer Technik im Verband
Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.

»Der ÖV leistet bereits heute einen volkswirtschaftlichen Mehrwert mit einem Faktor von bis zu 3. Autonome Angebote können diesen weiter steigern – bei spürbar besseren Leistungen für die Fahrgäste. Damit diese Entwicklung tragfähig bleibt, braucht es eine ausgewogene Finanzierungsbasis – getragen sowohl durch ein langfristiges Engagement der öffentlichen Hand als auch durch eine sozialverträgliche Beteiligung der Fahrgäste.«

Es wurde vielfach beschrieben, dass die Menschen erstmals eine echte Alternative zum eigenen Pkw haben, ihre Pkw-Nutzung reduzieren und Fahrzeuge teilweise sogar abschaffen. Mit Blick auf die Entwicklung der Abo-Tickets im ÖPNV wird deutlich, dass sich die Anzahl der regelmäßigen ÖPNV-Nutzenden trotz des höheren Preises im **Daseinsvorsorge-Szenario** im Vergleich zum Status quo auf 28 Millionen mehr als verdoppelt. Das bedeutet, dass mehr als ein Drittel der deutschen Bevölkerung den ÖPNV regelmäßig nutzt. Dies weist auf eine substantielle Zahlungsbereitschaft hin, sofern der ÖPNV im Vergleich zum MIV als ähnlich attraktiv wahrgenommen wird – selbst unter der Annahme einer überwiegend rationalen Entscheidungslogik im Verkehrsmittelwahlmodell.

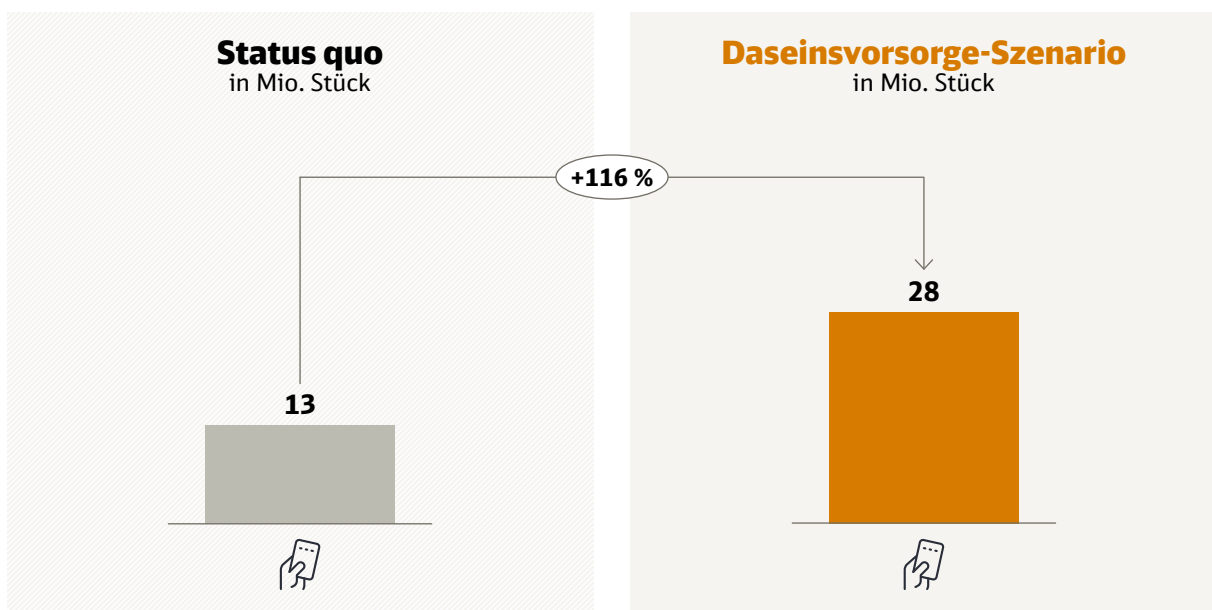


Abbildung 43: Anzahl Abo-Tickets im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Exkurs

Individuelle Mobilitätsausgaben

Die Untersuchung der durchschnittlichen Ausgaben pro Person im **Daseinsvorsorge-Szenario** unterscheidet zwischen vier verschiedenen Hauptgruppen basierend auf ihrem Mobilitätsverhalten:

- **MIV-Nutzende:** Diese Gruppe nutzt den MIV regelmäßig und greift nur selten auf öffentliche Verkehrsmittel zurück. Sie macht 29 Prozent der Gesamtbevölkerung aus.
- **ÖV-Nutzende:** Mit einem Anteil von 34 Prozent nutzt mehr als ein Drittel der Gesamtbevölkerung primär den ÖV. Der MIV wird von dieser Gruppe nur gelegentlich oder gar nicht verwendet.
- **Misch-Nutzende:** Nur ein Prozent der Bevölkerung nutzt regelmäßig sowohl den MIV als auch den ÖV. Das liegt vor allem an der veränderten Preiswahrnehmung der Pkw-Kosten und der höheren Nutzendenfinanzierung im ÖPNV.
- **Nicht-motorisierte und nicht-mobile Nutzende:** Diese Gruppe hat einen Anteil von 36 Prozent an der Gesamtbevölkerung und setzt sich zusammen aus:
 - Personen, die regelmäßig mit dem Rad bzw. zu Fuß unterwegs sind
 - Personen, die am simulierten Stichtag keinen Weg zurückgelegt haben
 - Personen, die nur selten MIV und ÖV nutzen

Die Betrachtung der monatlichen Nutzungsausgaben zeigt deutliche Unterschiede zwischen diesen Gruppen. MIV-Nutzende geben durchschnittlich 448 Euro pro Monat für ihre Mobilität aus, während ÖV-Nutzende mit 275 Euro monatlich deutlich geringere durchschnittliche Ausgaben haben. Damit können MIV-Nutzende im Durchschnitt etwa 173 Euro beim Umstieg auf den ÖV sparen. Misch-Nutzende haben mit 633 Euro monatlich die höchsten Kosten, bedingt durch die kombinierte Nutzung beider Verkehrsmittel. Dies erklärt den geringen Anteil dieser Nutzenden-Gruppe.

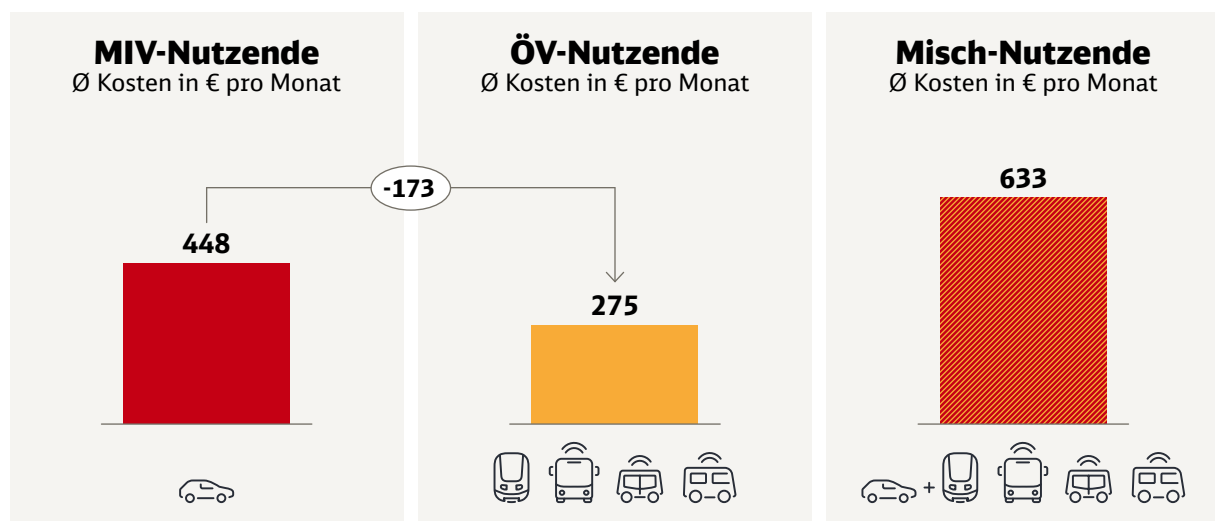


Abbildung 44: Durchschnittliche individuelle Mobilitätskosten pro Monat je nach Nutzungsart, Kosten in Euro pro Monat

Interessant ist auch, wie sich die Ausgaben der unterschiedlichen Nutzenden-Gruppen je nach Raumtyp unterscheiden: In Metropolregionen zeigt sich die größte Differenz bei den Ausgaben zwischen den Gruppen. MIV-Nutzenden entstehen hier durchschnittlich monatliche Kosten von 464 Euro, während die ÖV-Nutzenden lediglich 188 Euro aufwenden müssen, was eine durchschnittliche Ersparnis von 276 Euro pro Monat ergibt. Diese Ersparnis ist auf das gute ÖV-Linien-Angebot in Metropolen zurückzuführen, denn ÖV-Nutzende in diesem Raumtyp zahlen im Durchschnitt nur einen geringen Zuschlag von 88 Euro für die Nutzung von On-Demand-Verkehren neben dem deutschlandweiten Abo-Ticket.

Im städtischen Raum belaufen sich die Kosten für ÖV-Nutzende auf 246 Euro monatlich, durchschnittlich 200 Euro weniger als die Ausgaben von MIV-Nutzenden mit 446 Euro.

Auf dem Land steigen die durchschnittlichen Kosten für ÖV-Nutzende auf 337 Euro pro Monat, bleiben jedoch niedriger als die 446 Euro der MIV-Nutzenden. Die erhöhten Kosten im ländlichen Raum sind auf die Notwendigkeit der verstärkten Nutzung flexibler Mobilitätsangebote zurückzuführen, die dort das Linienangebot ergänzen.

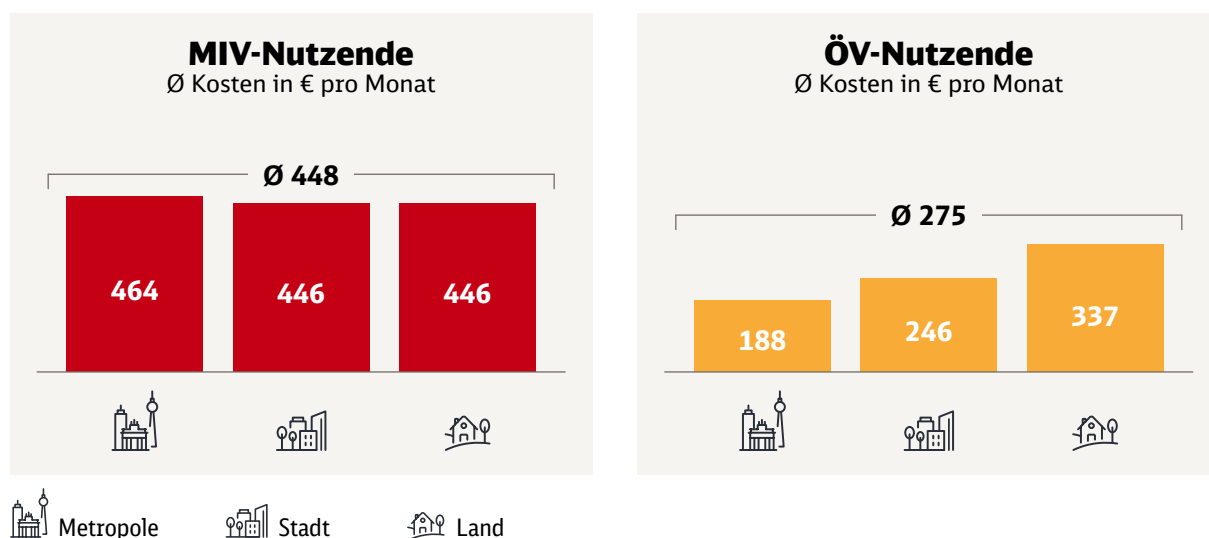


Abbildung 45: Differenzierte Darstellung der durchschnittlichen individuellen Mobilitätskosten nach Raumtyp für MIV- und ÖV-Nutzende, Kosten in Euro pro Monat

Insgesamt wird deutlich, dass die durchschnittlichen Ausgaben für den ÖV im **Daseinsvorsorge-Szenario** in allen Raumtypen deutlich geringer sind als für den vergleichbaren MIV und somit Einsparungen beim Umstieg ermöglichen. Die tatsächliche Höhe dieser Einsparung hängt jedoch insbesondere von der Verfügbarkeit attraktiver Linienangebote ab. Je mehr Linienangebote vorhanden sind und genutzt werden können, desto weniger sind ÖV-Nutzende auf On-Demand-Angebote angewiesen, die mit Zusatzkosten verbunden sind.

Dadurch geben ÖV-Nutzende durchschnittlich in den Metropolen jeden Monat 150 Euro weniger aus als ÖV-Nutzende im ländlichen Raum. Diese Ungleichheit zwischen den Raumtypen wird bereits teilweise ausgeglichen – mehr hierzu im *Exkurs: Querfinanzierung des ländlichen Raums*. Sie könnte jedoch beispielweise durch eine angepasste Tarifstruktur noch stärker reduziert werden. Dies würde allerdings bedeuten, dass Menschen in den Metropolen die On-Demand-Verkehre auf dem Land mitfinanzieren, obwohl sie diese vielleicht nicht nutzen.

Die aktuell gewählte Tarifstruktur bildet daher einen bewusst austarierten Mittelweg zwischen einer überwiegend nutzungsabhängigen Verteilung der Kosten auf die Nutzenden und einer teilweisen Querfinanzierung des Angebots im ländlichen Raum.

Gleichzeitig wird deutlich, warum auch in Zukunft eine teilweise Finanzierung des ÖPNV durch öffentliche Mittel notwendig ist. Würde eine reine Nutzendenfinanzierung unterstellt, müssten die Preise im Durchschnitt um etwa 25 Prozent steigen. Eine solche Erhöhung würde die Einsparpotenziale beim Nutzenden – und damit die Anreize zur ÖPNV-Nutzung – insgesamt verringern.

Hinzu kommt, dass eine solche Preissteigerung vermutlich nicht in allen Raumtypen gleichmäßig wirken würde, sondern den ländlichen Raum überproportional träfe und das bestehende Problem damit noch weiter verschärfen würde.



Kirstin Hegner

Senior Advisor UnternehmerTUM

»Autonome Shuttles im ÖV verbessern das Angebot überall – am drastischsten im ländlichen Raum. In Metropolen ermöglichen sie durch die geringere Fahrzeugdichte eine Umverteilung des knappen städtischen Raums in Richtung aktiver Mobilität und mehr Grün. Sie sind günstiger für den Einzelnen als der private Pkw – auch auf dem Land – und ihre Finanzierung ist günstiger als die des klassischen ÖV. Diese Win-Win-Win-Situation verdient viel mehr Raum in der öffentlichen Diskussion.«

Exkurs

Querfinanzierung des ländlichen Raums

Das flächendeckende öffentliche On-Demand-Angebot ist im **Daseinsvorsorge-Szenario** trotz höherer Finanzierung durch die Nutzenden nicht kostendeckend. Die Einnahmen aus Zuschlägen für die Nutzung von On-Demand-Angeboten betragen insgesamt 51,4 Milliarden Euro. Da das On-Demand-Angebot Teil des integrierten ÖV-Systems ist, kann ihm ein proportionaler Anteil der Einnahmen aus Abo-Tickets zugewiesen werden – entsprechend seinem Anteil an den gesamten Pkm im ÖV. Dadurch ergeben sich zusätzliche Einnahmen von 7,5 Milliarden Euro, die On-Demand-Angeboten zugerechnet werden können. Folglich ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 3,8 Milliarden Euro, bei Gesamtkosten von 62,7 Milliarden Euro.

Während On-Demand-Angebote in Metropolen einen Überschuss von 1,3 Milliarden Euro erwirtschaften, liegt dieser in Städten bei rund 0,9 Milliarden Euro. Damit kann ein Teil des Defizits in ländlichen Regionen in Höhe von 6,1 Milliarden Euro ausgeglichen werden. Dies ergibt eine Querfinanzierung zugunsten ländlicher Regionen. Aufgrund der strukturellen Unterschiede ist dieser Ausgleich ein beabsichtigter Effekt – er trägt zur Angleichung der Lebensverhältnisse bei und ermöglicht dadurch eine qualitativ hochwertige ÖV-Versorgung zu akzeptablen Preisen auch in dünner besiedelten Räumen.

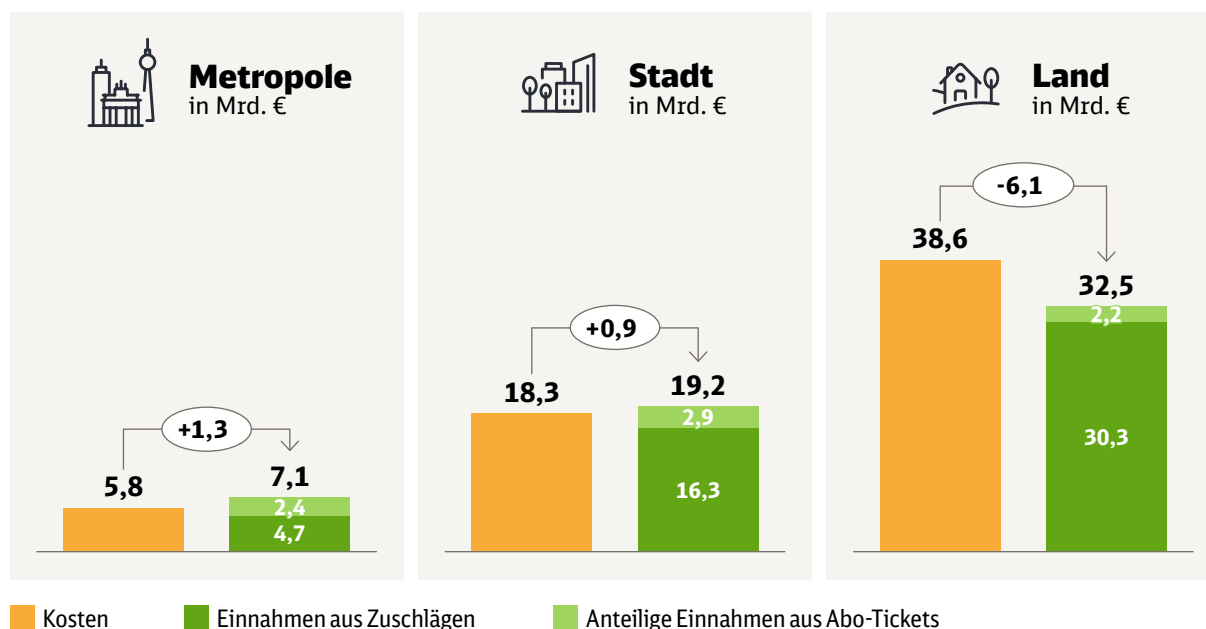


Abbildung 46: Kostendeckung autonomer On-Demand-Angebote in Metropolen, urbanen und ländlichen Räumen im Daseinsvorsorge-Szenario

Da von einem integrierten, übergreifenden ÖV-System ausgegangen wird, lässt sich dieser Effekt der Querfinanzierung auf das gesamte ÖV-Angebot übertragen.

Nutzende in Metropolen bezahlen im Durchschnitt weniger für ihren Mobilitätsbedarf als Nutzende auf dem Land – bedingt durch kürzere Wege und die höhere Effizienz eines verdichteten Systems. Diese Effizienz entsteht durch die Bündelung von Mobilitätsströmen: Straßenbahnen oder Busse können bei hoher Auslastung deutlich kostengünstiger betrieben werden als On-Demand-Angebote. Solche Auslastungsgrade sind überwiegend in Metropolen und städtischen Räumen erreichbar. In ländlichen Regionen hingegen kommen verstärkt ÖV-Shuttles zum Einsatz, da sie dort die Flächenerschließung sichern. Die damit verbundenen höheren Betriebskosten sollen jedoch nicht allein von den dort lebenden Menschen getragen werden. Vielmehr ist es das Ziel, allen Menschen – unabhängig vom Wohnort – einen Zugang zu attraktiven öffentlichen Mobilitätsangeboten zu ermöglichen.

III. Verkehrliche Effekte

Fahrzeugbestand

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** nimmt der Pkw-Bestand von etwa 49 Millionen Fahrzeugen im Status quo auf knapp 37 Millionen Fahrzeuge ab. Damit wird fast jeder vierte Pkw abgeschafft. Dies verdeutlicht den erheblichen Einfluss eines attraktiven und verfügbaren ÖV auf den Pkw-Besitz. Um dieses attraktive Angebot insbesondere in der Fläche zu ermöglichen, ist ein umfassendes On-Demand-Angebot erforderlich. Zur Erbringung dieses Angebots werden fast 850.000 autonome ÖV-Shuttles eingesetzt. Zudem werden, trotz Optimierungen im Linienverkehr, fast 10 Prozent mehr Busse benötigt als im Status quo. Dies ist insbesondere auf die zusätzlich erforderlichen Busse zurückzuführen, die in diesem Szenario die Expressbuslinien parallel zur Schiene bedienen.

Auf der Schiene werden mit etwa 26.000 Fahrzeugen rund 10 Prozent mehr Züge eingesetzt als im Status quo. Eine weitere Ausweitung der Zuganzahl ist nicht möglich, da mit dieser Anzahl die Netzkapazität in den Metropolen und Städten – wo die Nachfrage eigentlich höher wäre – erreicht ist. Eine zusätzliche Kapazitätssteigerung ist in diesen Bereichen daher nur noch über den Einsatz längerer und größerer Züge, beispielsweise in Form von Doppelstockfahrzeugen realisierbar.

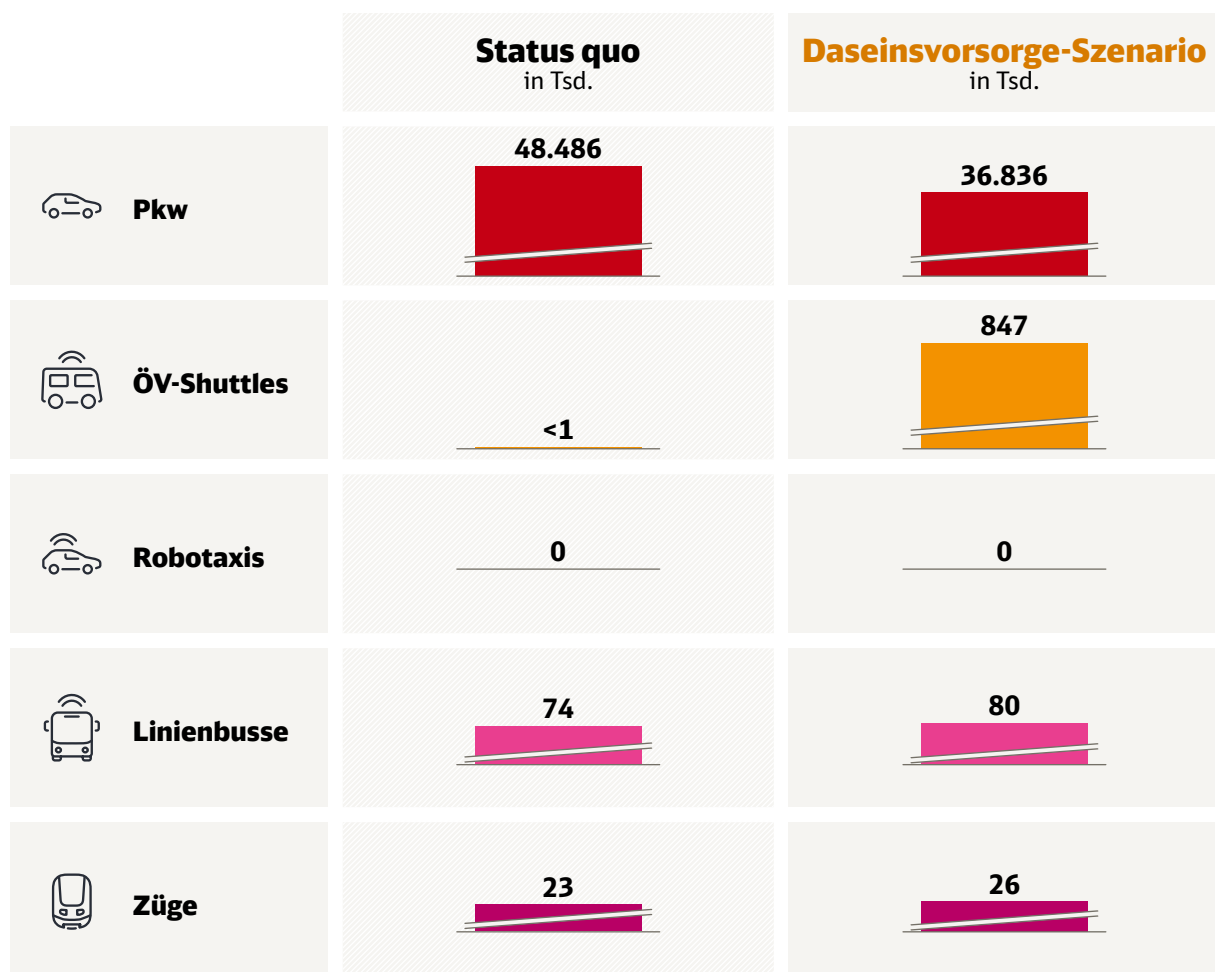


Abbildung 47: Entwicklung Fahrzeugbestand im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen

Exkurs

Entwicklung des raumtyp-spezifischen Pkw-Bestands

Aufgrund der weitreichenden Bestandsveränderungen bei den Pkw im **Daseinsvorsorge-Szenario** erfolgt an dieser Stelle eine differenzierte Betrachtung nach Raumtypen. Dabei zeigt sich, dass die größten absoluten Rückgänge beim Pkw-Bestand im ländlichen Raum zu verzeichnen sind: Dort werden rund 5 Millionen Fahrzeuge abgeschafft. Dies liegt vor allem am bislang hohen Pkw-Anteil und dem ausbaufähigen heutigen ÖPNV-Angebot in diesem Raumtyp. In den Metropolen beträgt der Rückgang lediglich 1 Million Fahrzeuge.

Relativ betrachtet fällt der Rückgang im ländlichen Raum mit 20 Prozent jedoch geringer aus als im städtischen Raum mit 26 Prozent oder in den Metropolen mit 38 Prozent.

Daraus lassen sich zwei zentrale Schlüsse ziehen. Erstens gewinnt der ÖV auch im ländlichen Raum deutlich an Attraktivität und wird zunehmend genutzt. Zweitens zeigt sich, dass der Pkw – insbesondere im ländlichen Raum – auch künftig eine zentrale Rolle spielen wird. Diese Ergebnisse sind konsistent mit den Erkenntnissen aus der differenzierten Analyse der Verkehrsleistung in den Raumtypen Metropole und Land.

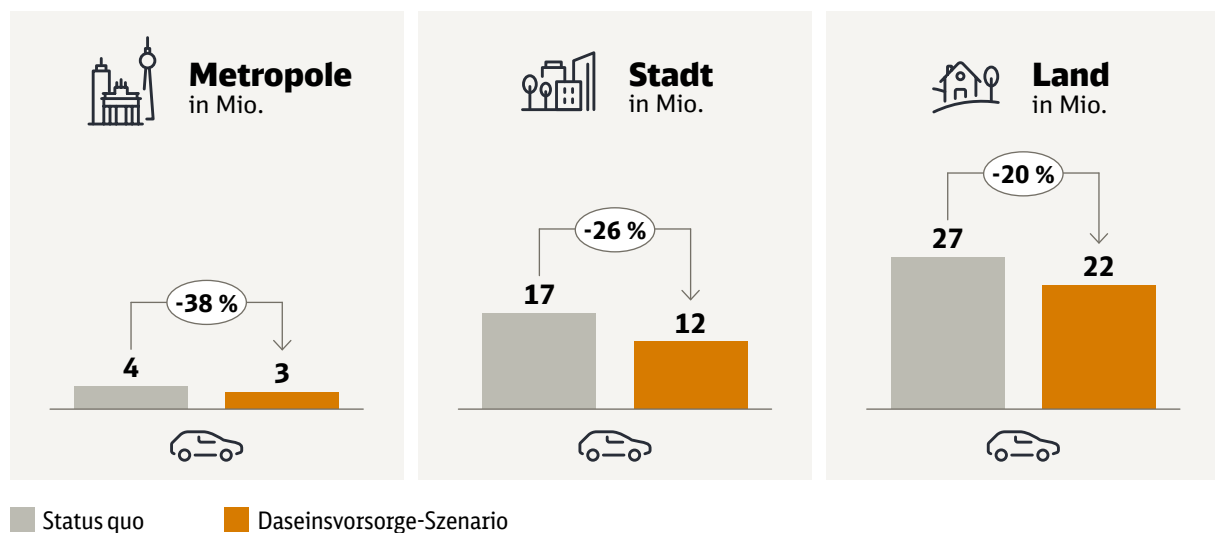


Abbildung 48: Pkw-Bestand nach Raumtypen, in Status quo und Daseinsvorsorge-Szenario, Pkw in Millionen und Entwicklung in Prozent; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Exkurs

Raumtyp-spezifische Verteilung der ÖV-Shuttles

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** sind deutschlandweit fast 850.000 ÖV-Shuttles im Einsatz. Diese Fahrzeuge werden – entgegen dem heutigen Einsatzgebiet von On-Demand- und Mietwagenangeboten – nicht primär in den Metropolen eingesetzt, sondern zu mehr als 50 Prozent im ländlichen Raum. Nur etwa jedes achte ÖV-Shuttle ist in den Metropolen unterwegs, während rund ein Drittel der Fahrzeuge in den Städten eingesetzt wird.

Diese Verteilung folgt der integrierten Planungsphilosophie des **Daseinsvorsorge-Szenarios**: In den gut versorgten Metropolregionen werden On-Demand-Verkehre nur gezielt zur Optimierung des öffentlichen Angebots eingesetzt. Der Schwerpunkt ihres Einsatzes liegt hingegen im ländlichen Raum – dort, wo sich Linienangebote aufgrund des geringen Nachfragevolumens verkehrlich nicht sinnvoll darstellen lassen. Dort tragen diese flexiblen Angebotsformen maßgeblich dazu bei, das ÖV-Angebot deutlich auszubauen und aufzuwerten. Die Fahrzeuge werden also dort eingesetzt, wo der Bedarf am höchsten ist und eine Erschließung durch Linienverkehre nicht bedarfsgerecht möglich ist. Das ist ein zentrales Merkmal des gemeinwohlorientierten Charakters dieses Szenarios.

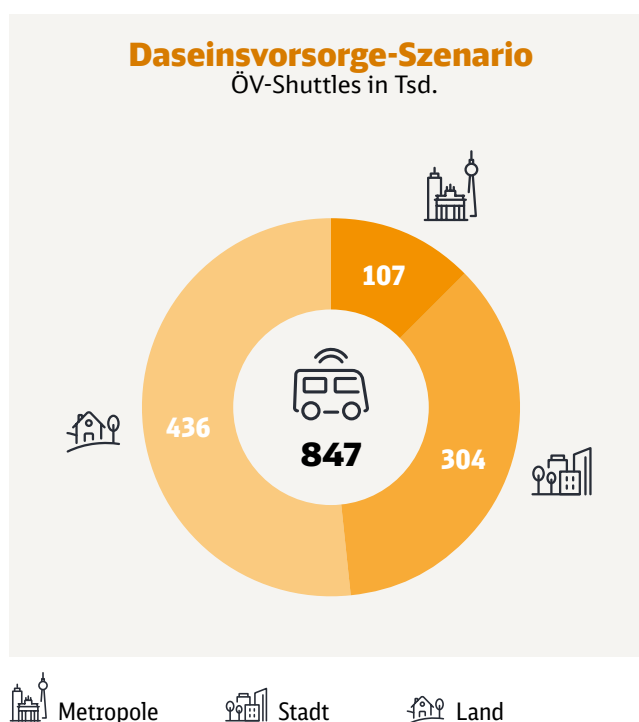


Abbildung 49: Verteilung der ÖV-Shuttles nach Raumtyp

Straßenverkehrsbelastung

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** werden die Auswirkungen einer übergreifenden, integrierten und bedarfsgerechten Angebotsplanung deutlich. Trotz insgesamt zunehmender Verkehrsleistung sinkt die Straßenverkehrsbelastung. In den Metropolen reduziert sie sich – um 11 Prozent im Vergleich zum Status quo. In Städten zeigen sich vergleichbare Effekte. Sogar im ländlichen Raum nimmt die Straßenverkehrsbelastung immerhin noch um 8 Prozent ab.

Durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, die Integration öffentlicher On-Demand-Angebote und den Pkw-Rückgang wird die Belastung durch den Straßenverkehr spürbar reduziert.

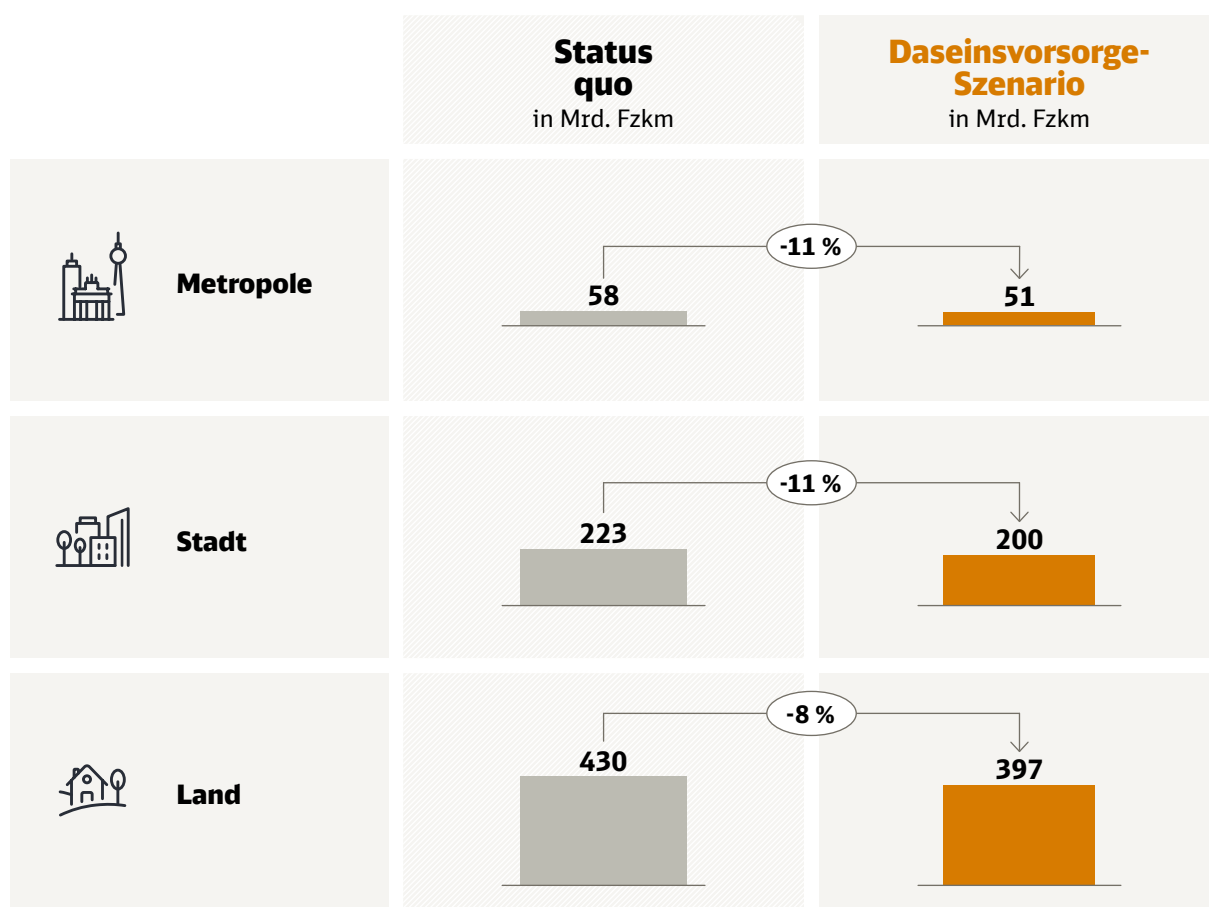


Abbildung 50: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

Bewertung und Einordnung

Das **Daseinsvorsorge-Szenario** zeigt eine mögliche Zukunft, die die Technologie des autonomen Fahrens nutzt, um den maximalen Nutzen für die Gesellschaft und die Menschen zu erzielen.

Die gesellschaftlichen Ziele der Daseinsvorsorge, der Lebensqualität in städtischen und ländlichen Räumen, sowie der Standortattraktivität für Fachkräfte werden durch die deutschlandweite Mobilitätsgarantie und das darauf aufbauende Mobilitätsangebot erfüllt: Die durchschnittliche Lauf- und Wartezeit vom Mobilitätswunsch bis zum Einstieg beträgt in Metropolen 5 Minuten, in Städten 7 Minuten und in ländlichen Räumen 13 Minuten – ein Quantensprung im Vergleich zu heute. Auch die Fahrzeit liegt insgesamt auf dem Niveau des Pkw. In Metropolen wäre man in diesem Szenario sogar 11 Prozent schneller als mit dem Pkw, in Städten nur 7 Prozent langsamer und sogar auf dem Land nur 21 Prozent langsamer. Das heißt, selbst auf dem Land benötigt ein ÖV-Nutzender bei einer Pkw-Fahrzeit von 30 Minuten im Durchschnitt nur 36 Minuten mit dem ÖV.

In der Folge entsteht ein Mobilitätsangebot, das so attraktiv ist, dass die Menschen eine echte Wahlfreiheit zwischen Pkw und öffentlichem Mobilitätsangebot haben. Niemand ist mehr auf den Führerschein und Fahrzeugbesitz angewiesen, um mobil zu sein.

Die Ergebnisse bei der Entwicklung des Modal Split zeigen, dass die Menschen dieses attraktive Angebot nutzen würden. Der ÖPNV-Anteil würde sich mehr als verdoppeln – sowohl beim Anteil der Wege als auch bei der Verkehrsleistung. Das On-Demand-Angebot mit 850.000 autonomen Fahrzeugen in Deutschland würde die Flächenerschließung übernehmen und als Zu- und Abbringer für Linienbusse und Züge fungieren. Dadurch entsteht ein integriertes, sehr attraktives und effizientes öffentliches Gesamtsystem für Mobilität.

Der Bestand an Pkw würde sich um 25 Prozent reduzieren. Gleichzeitig würde ein neuer Markt für autonome On-Demand-Fahrzeuge entstehen. Die reduzierte Fahrzeuganzahl auf deutschen Straßen würde die Straßenverkehrsbelastung in Metropolen und Städten um 11 Prozent reduzieren. Das führt zu lebenswerteren Städten und auch für Autofahrende würde wieder mehr Freude am Fahren ermöglicht.

Die Gesellschaft in Summe würde nur 2 Prozent mehr für Mobilität ausgeben, während die Zuschussung der öffentlichen Hand für das öffentliche Mobilitätssystem sogar um 20 Prozent sinken würde. Heutige Autofahrende würden beim Umstieg auf den ÖV durchschnittlich 170 Euro im Monat sparen.

Das **Daseinsvorsorge-Szenario** erfüllt damit die gesellschaftlichen Ziele und könnte die Grundzüge eines europäischen Mobilitätssystems mit autonomem Fahren darstellen.

Vergleich der Szenarien

Nach der Vorstellung der einzelnen Szenarien werden im Folgenden die wesentlichen Unterschiede der verkehrlichen Ergebnisse zwischen den Szenarien herausgearbeitet.

Entwicklung der Angebotsqualität

Das **Basis-Szenario** verdeutlicht, dass sich die Angebotsqualität des ÖV durch einen Ausbau des Linienbusses und der Schiene verbessern lässt. Dennoch bleibt das Angebot deutlich hinter den Möglichkeiten der anderen Szenarien zurück, das gilt insbesondere für den ländlichen Raum.

Im **Wettbewerb-Szenario** zeigt sich, dass die Einführung von Robotaxis die Attraktivität des öffentlich zugänglichen Verkehrs in Metropolen und Städten deutlich steigert. In ländlichen Räumen entstehen nur in Ausnahmefällen Robotaxi-Angebote, nämlich genau dort, wo aufgrund der Bevölkerungsdichte ausreichend Nachfrage vorhanden ist. Damit wächst die bestehende Qualitätslücke zwischen urbanen und ländlichen Regionen weiter an.

Erst das **Daseinsvorsorge-Szenario**, das ein flächendeckendes und integriertes ÖPNV-Angebot vorsieht, schafft ein umfassend attraktives Mobilitätsangebot. Im Vergleich zum **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** zeigt sich, dass nur dieses Szenario signifikante Qualitätssteigerungen im ländlichen Raum ermöglicht. Dort fallen die prozentualen Verbesserungen sogar stärker aus als in Metropolen und Städten, sodass von einem Aufholprozess des ländlichen Raums gesprochen werden kann.

		Zeit von Wunsch bis Einstieg	Fahrzeit im Vgl. zum MIV	Distanz zur Haltestelle	Anzahl der Umstiege
 Metropole	Status quo	7 Min.	+28 %	327 Meter	0,4
	Basis-Szenario	7 Min.	+13 %	313 Meter	0,4
	Wettbewerb-Szenario	5 Min.	-5 %	292 Meter	0,4
	Daseinsvorsorge-Szenario	5 Min.	-11 %	191 Meter	0,3
 Stadt	Status quo	14 Min.	+66 %	327 Meter	0,7
	Basis-Szenario	14 Min.	+48 %	318 Meter	0,7
	Wettbewerb-Szenario	11 Min.	+11 %	306 Meter	0,6
	Daseinsvorsorge-Szenario	7 Min.	+7 %	187 Meter	0,5
 Land	Status quo	26 Min.	+112 %	344 Meter	0,9
	Basis-Szenario	25 Min.	+78 %	336 Meter	0,9
	Wettbewerb-Szenario	24 Min.	+60 %	332 Meter	0,8
	Daseinsvorsorge-Szenario	13 Min.	+21 %	181 Meter	0,7

Abbildung 51: Übersicht der durchschnittlichen Angebotsqualität je Raumtyp in den Szenarien

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** wurde eine Mobilitätsgarantie entwickelt, um ein attraktives Mobilitätsangebot für alle Menschen in Deutschland sicherzustellen. Die Mobilitätsgarantie kann auch als Maßstab für die Bewertung aller Szenarien genutzt werden. Der Maßstab bewertet den Erfüllungsgrad der Mobilitätsgarantie auf Basis der einzelnen Wege, d. h. die Wege, die die Kriterien der Mobilitätsgarantie erfüllen, werden ins Verhältnis zur Gesamtheit aller Wege gesetzt. Dies erfolgte sowohl deutschlandweit als auch differenziert nach den Raumtypen Metropole, Stadt und Land.



Karl-Peter Naumann

Ehrenvorsitzender des Fahrgastverbandes Pro Bahn e.V.

»Autonome Kleinbusse erweitern für Fahrgäste den Radius bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, insbesondere auf dem Land, wo Ziele mit dem ÖV bisher kaum erreichbar waren, und dieses zu jeder Zeit. Damit können Zweit- und Drittwagen hier überflüssig werden.«

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** liegt die Erfüllung der Mobilitätsgarantie bei 100 Prozent, da die Erfüllung auf allen Wegen das Ziel bei der Entwicklung des Mobilitätsangebots in diesem Szenario war.

Der Status quo hingegen zeigt den aktuellen Verbesserungsbedarf deutlich auf: Durchschnittlich erfüllt heute nur etwa jeder siebte Weg die Kriterien der Mobilitätsgarantie. Dabei gibt es starke regionale Unterschiede. Während in Metropolen circa 30 Prozent der Wege den Maßstab erreichen, sind es in ländlichen Räumen gerade mal 7 Prozent.

Durch den Ausbau der Linienverkehre auf der Schiene und Straße im **Basis-Szenario** steigt der durchschnittliche Erfüllungsgrad auf 18 Prozent – sodass nahezu jeder fünfte Weg die Kriterien erfüllt. In ländlichen Räumen bleibt die Angebotsqualität mit 10 Prozent Erfüllungsgrad niedrig.

Das **Wettbewerb-Szenario** mit zusätzlichen Robotaxis kommt auf einen Erfüllungsgrad von nahezu jedem zweiten Weg. Hier profitieren vor allem Metropolen und Städte mit 84 Prozent bzw. 64 Prozent Erfüllungsgrad. Auch hier bleibt mit 18 Prozent der Erfüllungsgrad im ländlichen Raum auf niedrigem Niveau. Die Steigerung liegt am geografischen Zuschnitt der ländlichen Räume, die zum Teil – insbesondere in den Speckgürteln der Metropolen – Teilgebiete enthalten, die eine hohe Bevölkerungsdichte haben und daher auch mit Robotaxis versorgt werden.



Spannend ist der Erfüllungsgrad von 84 Prozent in den Metropolen. Obwohl das Angebot mit Robotaxis massiv ausgebaut wird, werden keine 100 Prozent Erfüllungsgrad erreicht. Das liegt darin begründet, dass unter anderem Wege aus den Metropolen ins Umland von Robotaxis nicht abgedeckt werden, wenn es im Umland aufgrund zu geringer Bevölkerungsdichte kein Robotaxi-Angebot gibt. Nur im **Daseinsvorsorge-Szenario** wird dieses strukturelle Ungleichgewicht aufgelöst.

	2024		2045			
	Einwohner in Mio.	Status quo in %	Einwohner in Mio.	Basis- Szenario in %	Wettbewerb- Szenario in %	Daseins- vorsorge- Szenario in %
 Metropole	15,0	30,8	16,0	37,1	84,1	100
 Stadt	31,3	15,5	31,4	19,7	63,8	100
 Land	37,3	6,9	37,3	10,3	17,9	100
	83,6	13,8	84,7	18,3	46,2	100

Abbildung 52: Tabellarische Darstellung zur Entwicklung der Einwohnerzahlen und des Erfüllungsgrads der Mobilitätsgarantie nach Raumtypen, in den Szenarien und im Status quo, in Millionen und in Prozent

Exkurs

Effekte des ÖPNV-Angebotsausbaus auf die Nutzung von Busverkehren

Die Wirksamkeit eines Ausbaus des Mobilitätsangebots hängt stark von der Höhe des Angebotsniveaus ab. Dies zeigt die Entwicklung vom Status quo zum **Basis-Szenario**. Zur Bewertung des Angebotsniveaus wurde der Erfüllungsgrad der Mobilitätsgarantie und für die Nutzungssteigerung wurden die Zuwächse der Verkehrsleistung im Linienbusverkehr herangezogen.

In ländlichen Regionen ist das Angebotsniveau mit lediglich 7 Prozent Erfüllungsgrad der Mobilitätsgarantie sehr niedrig. Wird das Angebot um fast 50 Prozent verbessert, führt dies jedoch nur zu einer Nutzungssteigerung von 7 Prozent. In Städten liegt das Angebotsniveau im Status quo bei 16 Prozent. Dort bewirkt eine Verbesserung um 27 Prozent eine Nutzungserhöhung um 19 Prozent. In Metropolen liegt das Angebotsniveau im Status quo bereits bei 31 Prozent und eine Angebotssteigerung um 20 Prozent führt zu einer Zunahme der Nutzung um 19 Prozent.

Je höher folglich das Ausgangsniveau der Angebotsqualität, desto stärker wirkt auch eine Angebotsverbesserung. Um das öffentliche Mobilitätssystem für breite Gesellschaftsschichten attraktiv zu machen, muss insbesondere in ländlichen Regionen die Angebotsqualität zunächst deutlich erhöht werden.

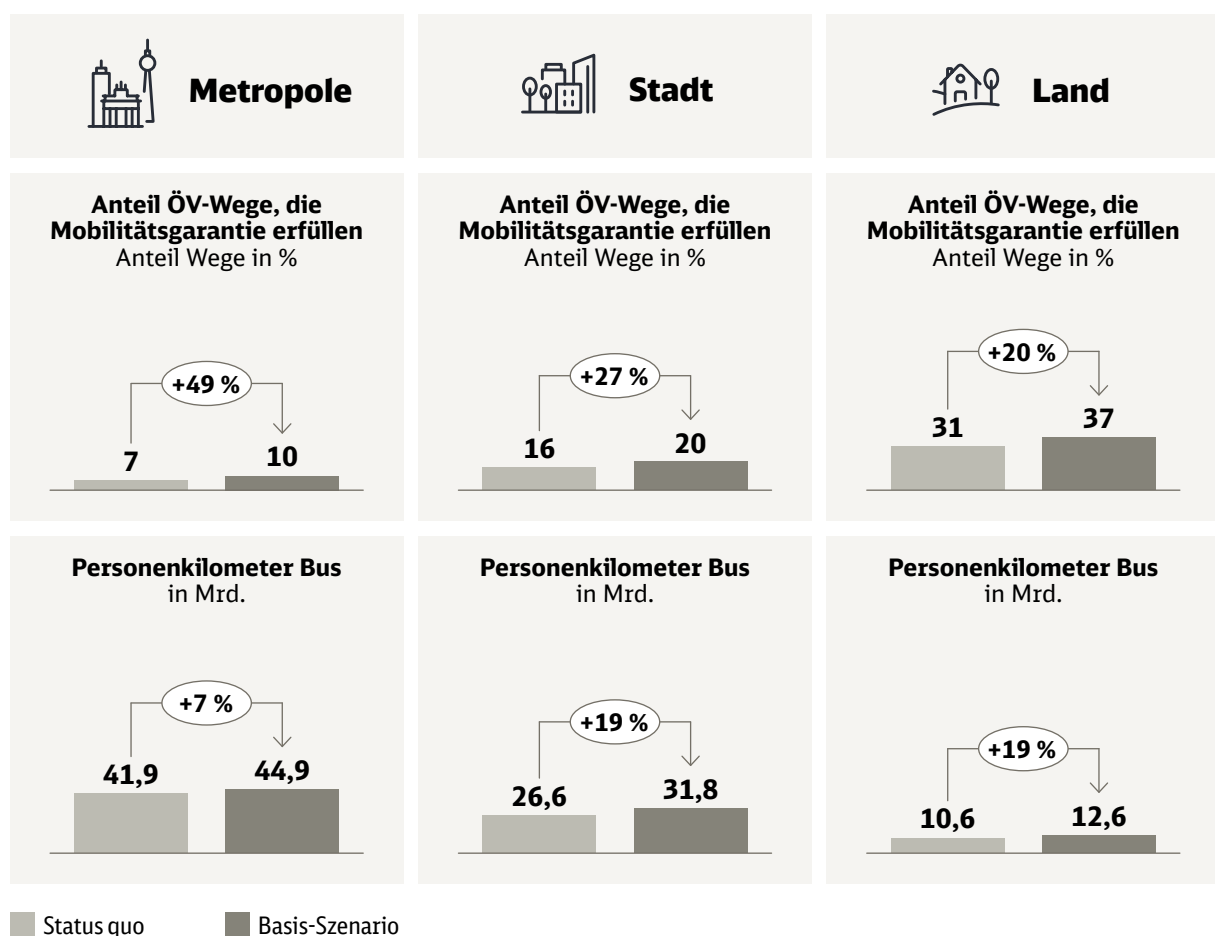


Abbildung 53: ÖPNV-Angebotsverbesserung und Nutzung von Busverkehren im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo

Entwicklung des Verkehrs

I. Auswirkungen auf den Modal Split

Die Analyse der Szenarien zeigt die unterschiedlichen Wirkungen der Mobilitätsangebote auf die Verkehrsmittelwahl. Im Folgenden wird für die drei Raumtypen dargestellt, wie sich diese Effekte zwischen den Szenarien unterscheiden.

Metropole

In den Metropolen wird besonders deutlich, dass die Einführung privatwirtschaftlicher Robotaxis zu einer spürbaren Reduzierung aller anderen Transportträger führt. Vergleicht man das **Basis-Szenario** ohne Robotaxis mit dem **Wettbewerb-Szenario**, sinkt der Anteil des MIV lediglich um weniger als 10 Prozent. Deutlich stärker betroffen ist jedoch der Umweltverbund: Der Radverkehr nimmt um mehr als 20 Prozent ab, Fußwege sogar um 40 Prozent. Auch der Anteil des ÖPNV geht überproportional zurück – um mehr als 20 Prozent. Damit zeigt sich, dass Robotaxis in der im **Wettbewerb-Szenario** angenommenen, nicht in den ÖPNV integrierten Form, vor allem die Verkehrsträger des Umweltverbundes kannibalisieren.

Gemäß der Studie *Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic* führt eine Verlagerung vom MIV auf Robotaxis zu rund 30-50 Prozent zusätzlichem Verkehr.²¹ Das **Wettbewerb-Szenario** zeigt: Bei Wegen, die zuvor mit dem Bus zurückgelegt wurden, fällt dieser Mehrverkehr sogar noch höher aus. Werden Wege verlagert, die bislang gar nicht auf der Straße stattfanden – etwa Zugfahrten, Radfahrten oder Fußwege –, entsteht durch Robotaxis zusätzlicher Verkehr. Dies führt in Summe zu einer deutlich gestiegenen Straßenverkehrsbelastung in Metropolen und Städten.

Ein deutlich anderes Bild zeigt sich im **Daseinsvorsorge-Szenario** für die Metropolen. Trotz des zusätzlichen Angebots an ÖV-Shuttles können fast alle Verkehrsträger des Umweltverbunds ihren Anteil an der Verkehrsleistung ausbauen. Stattdessen erfolgt eine deutliche Verlagerung zulasten des MIV, dessen Anteil im Vergleich zum **Basis-Szenario** um rund 30 Prozent zurückgeht.

²¹ Vgl. OECD/ITF (2015).





Metropole

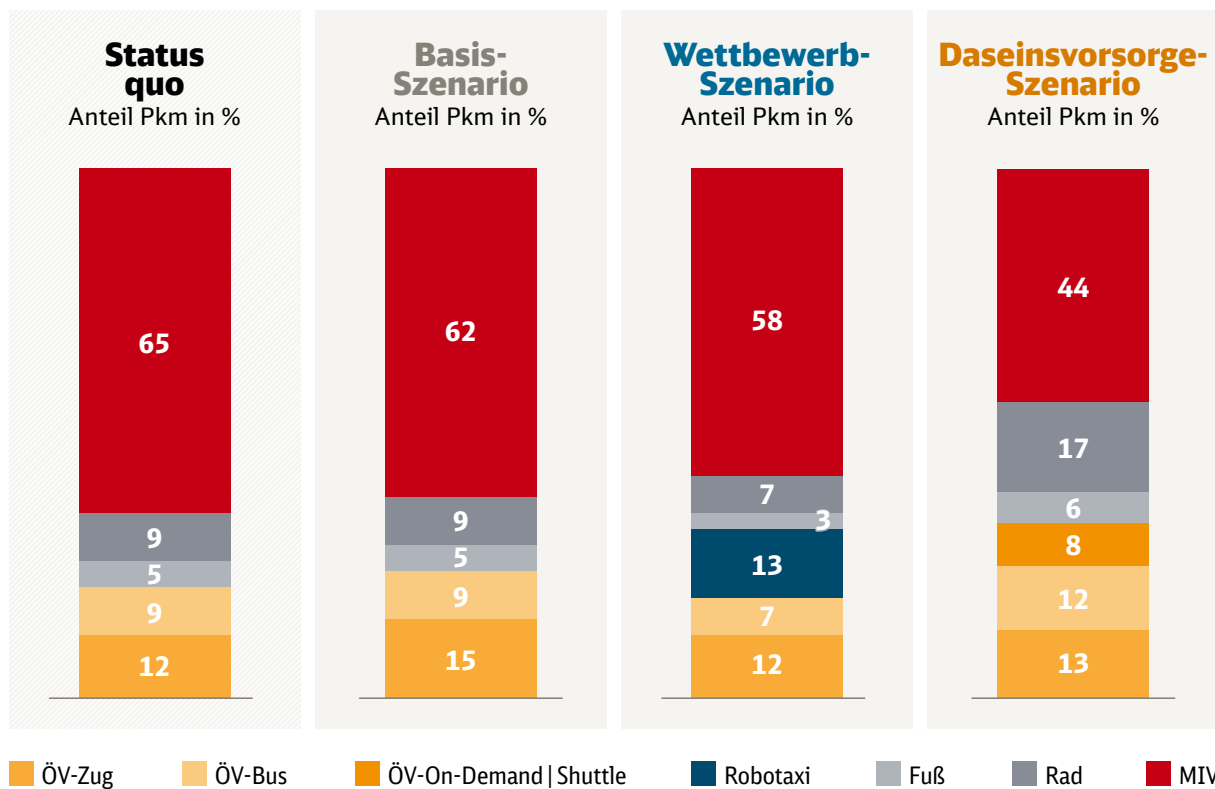


Abbildung 54: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung in den Metropolen, Anteile in Prozent



Stadt

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in den Städten, wobei die Effekte durch Robotaxis deutlich geringer ausfallen. Ursache ist, dass Robotaxis in diesem Raumtyp aufgrund der geringeren Bevölkerungsdichte nicht überall wirtschaftlich betrieben werden können. Dennoch ist auch hier erkennbar, dass insbesondere der MIV sowie der Bus- und Fußverkehr die größten Anteilsverluste verzeichnen.

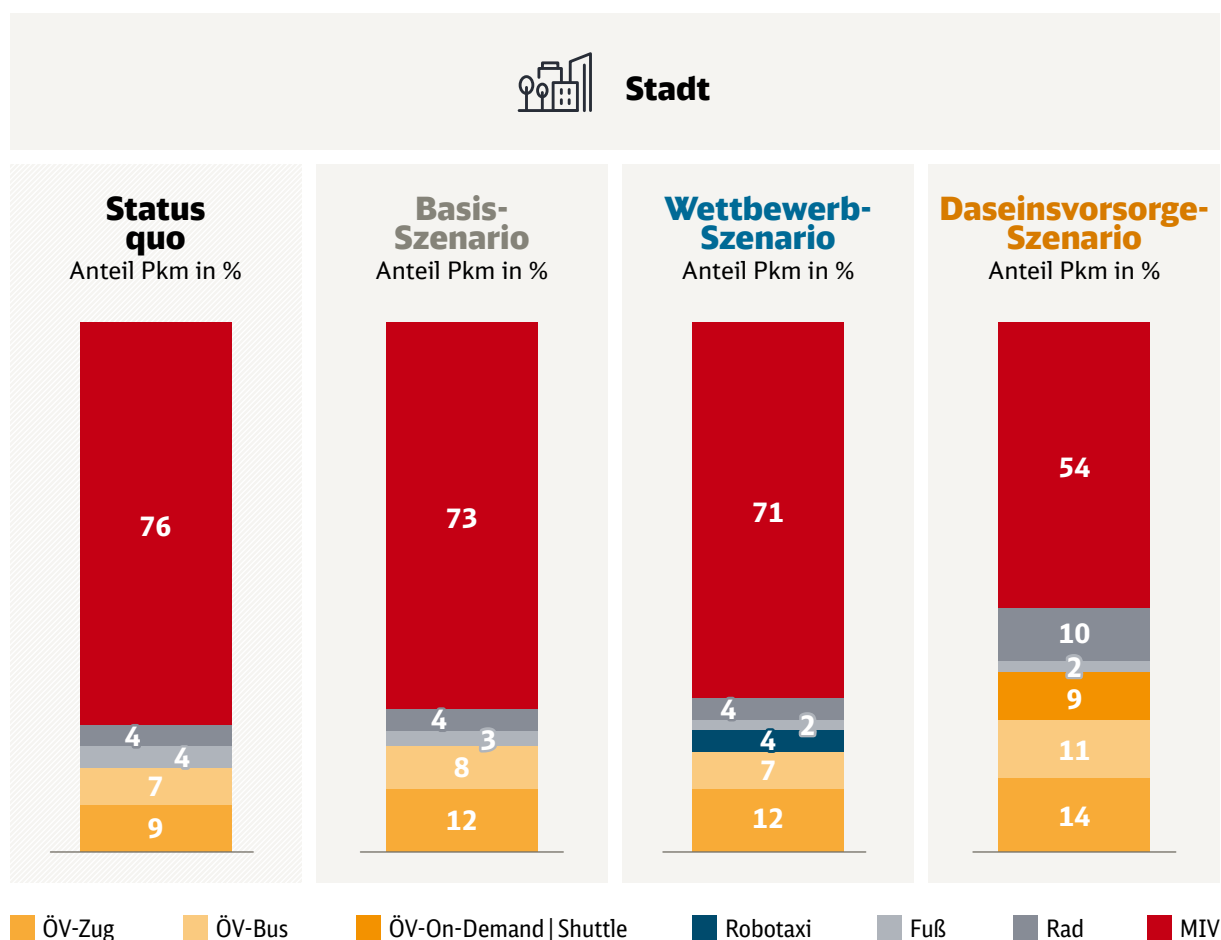


Abbildung 55: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung in den Städten, Anteile in Prozent

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** zeigt sich ein deutlich anderes Bild: Die Einführung von ÖV-Shuttles führt hier zu einem integrierten Gesamtsystem, in dem die flexiblen Shuttles als Zu- und Abbringer zu den Linienverkehren dienen. Dadurch steigen die Nutzungszahlen sowohl im Linienbus- als auch im Schienenverkehr.

Land

Im ländlichen Raum wird zudem deutlich, dass Robotaxis dort praktisch keine Rolle spielen. Entsprechend unterscheiden sich das **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** im Modal Split nur marginal.

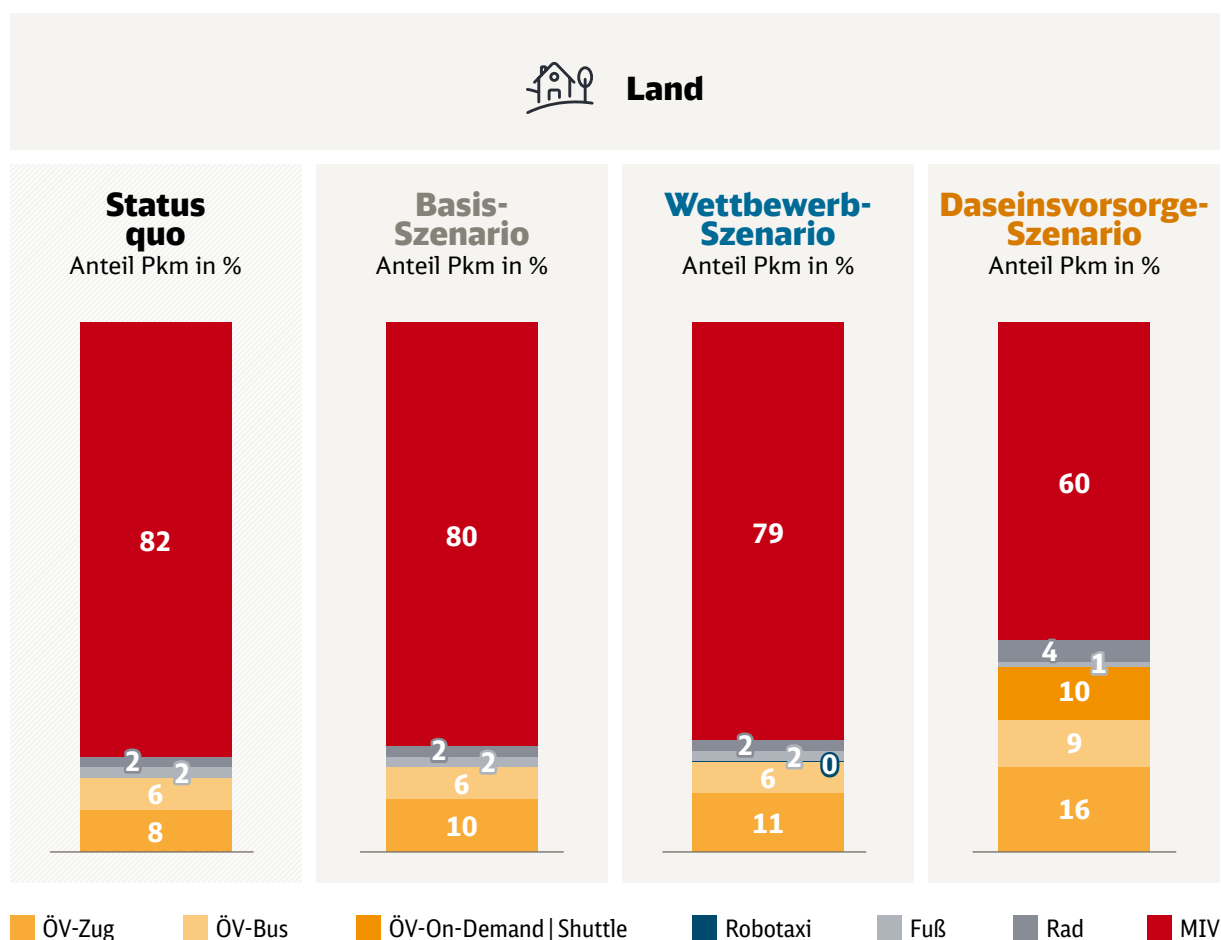


Abbildung 56: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung im ländlichen Raum, Anteile in Prozent

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** hingegen steigern die On-Demand-Angebote ebenfalls die Attraktivität des ÖPNV im ländlichen Raum und führen dazu, dass die Verkehrsleistung allein im Bus-Linienverkehr um rund 50 Prozent zunimmt. Insgesamt nimmt der Linienverkehr sogar um fast 80 Prozent zu. Im Vergleich sind es im **Basis-Szenario** nur 14 Prozent Zunahme.

Dies verdeutlicht: Werden On-Demand-Angebote in den ÖPNV integriert und gezielt dort eingesetzt, wo heute Angebotslücken bestehen, erhöhen sie die Gesamtattraktivität des ÖPNV spürbar und stärken die Nutzung öffentlicher Verkehrsangebote. Wird dagegen, wie beim Robotaxi, kein integriertes Gesamtangebot aus Zug-, Linienbus- und On-Demand-Angebot eingeführt, entsteht durch die Verlagerung auf die Straße eine erhebliche zusätzliche Straßenverkehrsbelastung.

II. Betrachtung des Fahrtentyps

Bei der Betrachtung des Fahrtentyps wird der unterschiedliche Einsatz der flexiblen On-Demand-Fahrzeuge im **Wettbewerb-** und **Daseinsvorsorge-Szenario** deutlich.

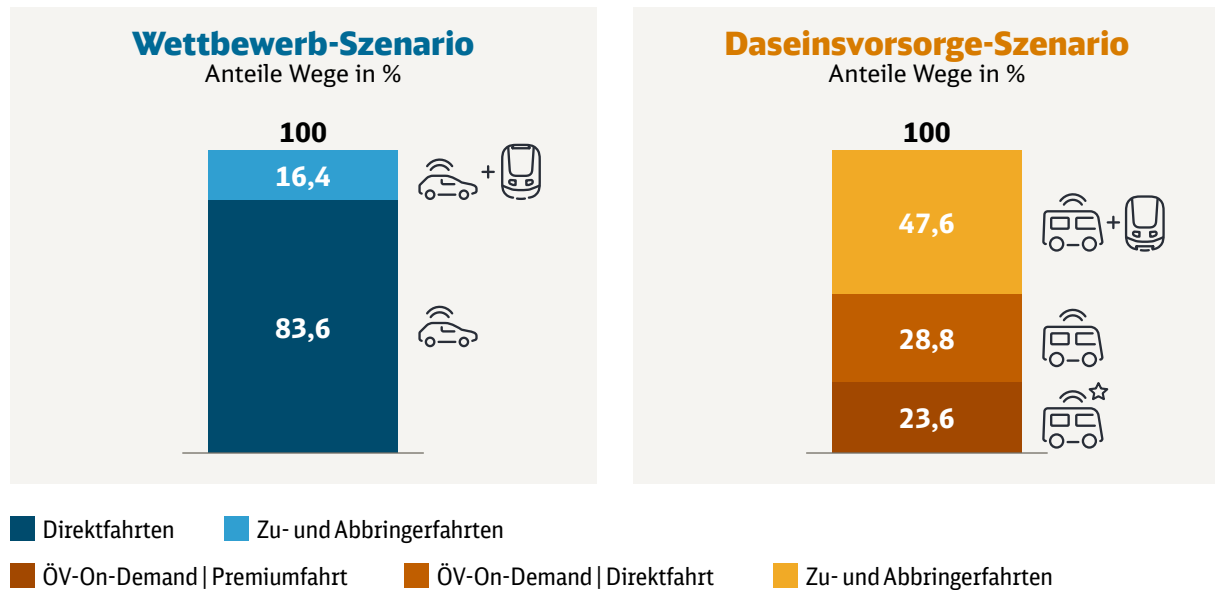


Abbildung 57: Verteilung des Fahrtentyps flexibler Mobilitätsangebote im Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anteile in Prozent

Im **Wettbewerb-Szenario** werden Robotaxis zu 84 Prozent für Direktfahrten gebucht. Nur 16 Prozent sind Zu- oder Abbringerfahrten zum ÖPNV. Im **Daseinsvorsorge-Szenario** hingegen sind fast 50 Prozent der Fahrten Zu- und Abbringerverkehre zum ÖPNV.

Diese Differenz zeigt, dass ÖV-Shuttles den Linienverkehr stärken, während Robotaxis aufgrund der vielen Direktfahrten eher zu einer Kannibalisierung des ÖPNV führen. Ausschlaggebend dafür ist die verkehrliche, vertriebliche und tarifliche Integration im **Daseinsvorsorge-Szenario**.

Besonders die durchgängige Auskunft und Buchbarkeit stärkt kombinierte Fahrten. ÖV-Shuttles werden damit zu einem zentralen Bestandteil einer vernetzten Alltagsmobilität, die multimodale Wege erleichtert und wesentlich zur Effizienz sowie Nutzerfreundlichkeit des gesamten Systems beiträgt.



Philipp Kühn

Leiter Marktstrategie und Kommunikation
DB Regio AG

»Auch wenn autonome On-Demand-Verkehre das ÖPNV-Angebot deutlich erweitern können, bleibt die nahtlose Verknüpfung aller Verkehrsmittel – physisch und digital – entscheidend, um den öffentlichen Verkehr attraktiv zu machen und mehr Menschen dafür zu gewinnen.«



III. Entwicklung der Straßenverkehrsbelastung

Die Straßenverkehrsbelastung ist bereits heute in vielen Ballungsräumen und insbesondere zu den Hauptverkehrszeiten kritisch: Straßen sind überlastet, Staus gehören zum Alltag. Ein Vergleich der Szenarien zeigt, dass das Qualitätsniveau des ÖPNV-Angebots eine Auswirkung auf die Nutzung des Pkw hat und dadurch die Straßenverkehrsbelastung beeinflusst.

Im **Basis-Szenario** wird das ÖPNV-Angebot nur moderat ausgebaut; entsprechend steigt die Straßenverkehrsbelastung. Kommt zusätzlich ein breiter Einsatz von Robotaxis hinzu, wie im **Wettbewerb-Szenario** unterstellt, verschärft sich dieses Problem in den Metropolen nochmals deutlich um circa 20 Prozent aufgrund der Kannibalisierung von Fußwegen, ÖV- und Fahrradfahrten sowie zusätzlichen Leerfahrten bei Robotaxis und wettbewerblichen Überkapazitäten. Demgegenüber zeigt das **Daseinsvorsorge-Szenario**, dass durch ein am lokalen Bedarf ausgerichtetes, deutlich ausgebautes und integriertes ÖPNV-Angebot aus On-Demand- und Linienverkehren die Straßenverkehrsbelastung circa 20 Prozent geringer sein kann als im **Basis-Szenario**.

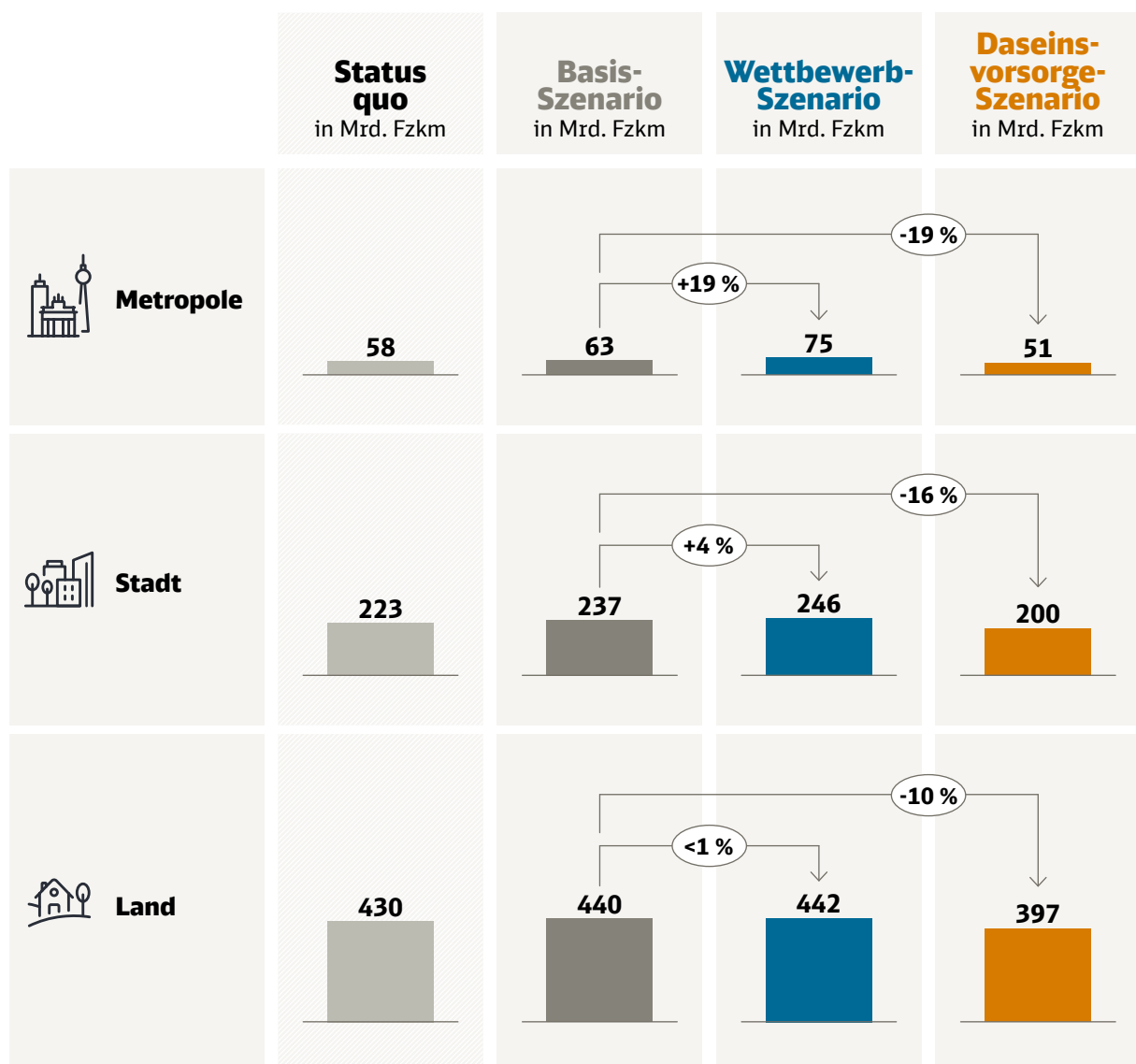


Abbildung 58: Straßenverkehrsbelastung, in den Szenarien und im Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern

Entwicklung des ÖPNV

Der ÖPNV entwickelt sich je nach Szenario unterschiedlich, eine zentrale Erkenntnis lässt sich jedoch über alle Szenarien hinweg ableiten: Ohne Bündelung der Mobilitätsströme auf den Hauptverkehrsachsen – insbesondere in den Metropolen – wird ein zukünftiges Mobilitätssystem nicht funktionieren. Zug- und Busverbindungen bleiben der zentrale Baustein und das Rückgrat öffentlicher Mobilität.

Je stärker die Linienverbindungen aus Zug und Bus sind, desto effizienter ist das Gesamtsystem aus gesellschaftlicher Sicht. Einerseits führt dies zu einer spürbaren Reduktion der Straßenverkehrsbelastung, was sowohl Pkw- als auch ÖV-Nutzenden zugutekommt. Andererseits steigert eine starke Linieninfrastruktur die Effizienz des ÖPNV insgesamt, wie der Vergleich zwischen **Wettbewerb-** und **Daseinsvorsorge-Szenario** zeigt.

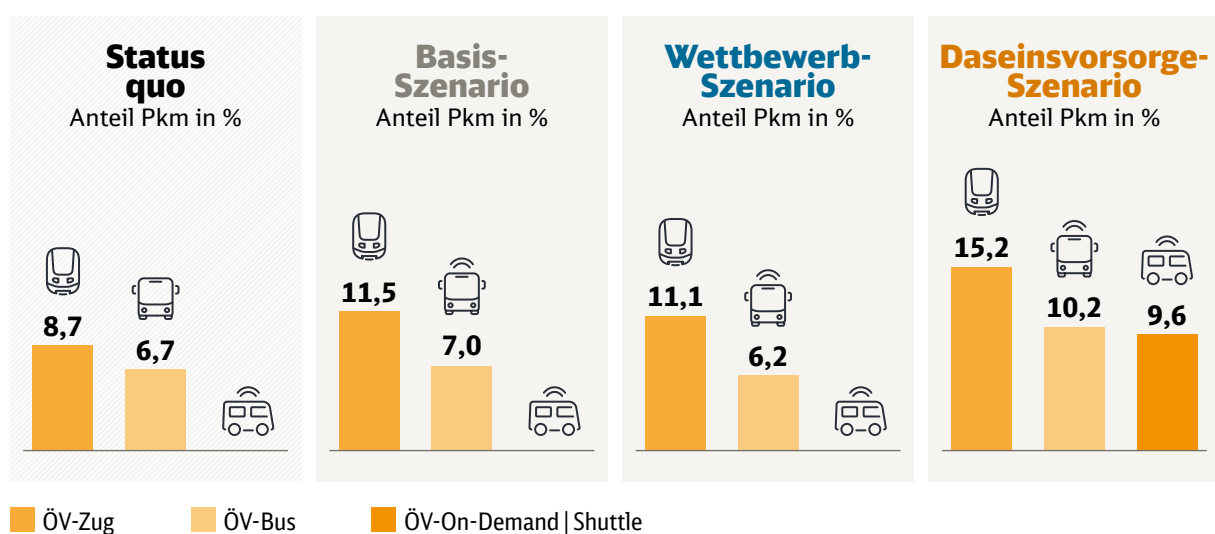


Abbildung 59: Grafische Darstellung der Anteile ÖV-Zug, -Bus und -On-Demand an der Verkehrsleistung des ÖV, für die einzelnen Szenarien und im Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

Aktuell besteht vielerorts die Sorge, dass klassische Linienangebote durch attraktive On-Demand-Angebote verdrängt werden könnten. Die Analyse zeigt jedoch, dass diese Befürchtung unbegründet ist, sofern On-Demand-Angebote als integrierter Bestandteil des Gesamtsystems, wie im **Daseinsvorsorge-Szenario**, eingeführt werden. Dann stärken sie als Zu- und Abbringer auch die Linienverkehre. Dies wird besonders deutlich beim Blick auf die ÖPNV-Anteile im Modal Split:

- Im **Basis-Szenario** führt der Ausbau der Schiene aufgrund ihrer Attraktivität zu einem Wachstum des Anteils am Modal Split von circa 30 Prozent gegenüber dem Status quo. Der Anteil des Busverkehrs steigt um circa 5 Prozent.
- Im **Wettbewerb-Szenario** liegen die Anteile auf geringerem Niveau als im **Basis-Szenario**, da Robotaxis nur zu einem geringen Anteil als Zu- und Abbringer dienen und darüber hinaus die Linienverkehre k cannibalisieren.
- Im **Daseinsvorsorge-Szenario** wachsen alle Säulen des ÖPNV signifikant: Auf der Schiene um fast 75 Prozent, im Linienbusverkehr um mehr als 50 Prozent.

Kostenentwicklung des Mobilitätssystems

I. Gesamtkosten des Mobilitätssystems

Auch die gesamtgesellschaftlichen Aufwendungen für Mobilität unterscheiden sich erheblich zwischen den Szenarien. Im **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** bleiben die Kosten für den ÖV identisch. Die Ausgaben für den MIV liegen im **Wettbewerb-Szenario** aufgrund des insgesamt besseren Mobilitätsangebots 6 Milliarden Euro unter denen des **Basis-Szenarios**, weil vor allem weniger Pkw benötigt werden.

Dieser Einsparung steht jedoch ein erheblicher Mehraufwand gegenüber: Für die Nutzung des Robotaxi-Angebots fallen jährlich zusätzliche Kosten von 33 Milliarden Euro an. Damit wird die MIV-Einsparung deutlich überkompensiert und die Gesamtaufwendungen steigen im **Wettbewerb-Szenario** um 27 Milliarden Euro gegenüber dem **Basis-Szenario**.

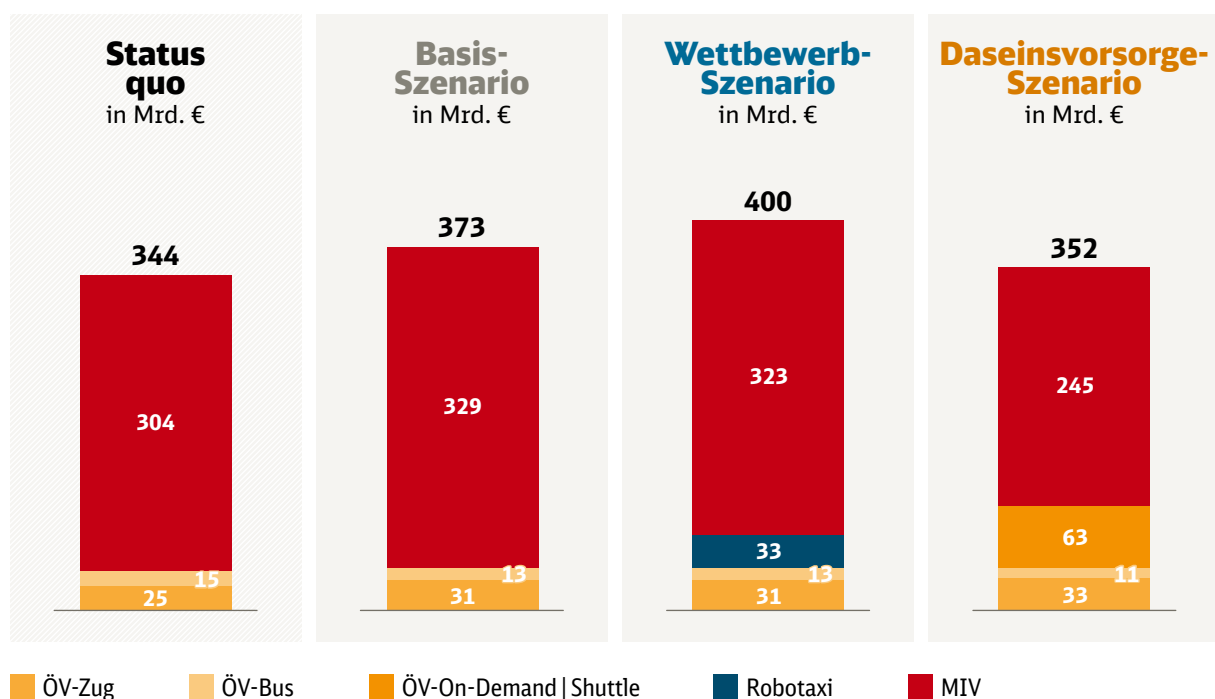


Abbildung 60: Vergleich der gesellschaftlichen Ausgaben zwischen den Szenarien, in Milliarden Euro

Ein deutlich anderes Bild zeigt sich im **Daseinsvorsorge-Szenario**. Zwar erhöhen sich die ÖPNV-Kosten durch den Ausbau und die Einführung integrierter On-Demand-Verkehre spürbar, doch können diese Mehrausgaben durch Einsparungen im MIV mehr als kompensiert werden. Insgesamt ist das **Daseinsvorsorge-Szenario** damit das aufwandsgeringste Szenario: Mit 21 Milliarden Euro geringeren Gesamtkosten als im **Basis-Szenario** sind die Aufwände knapp 6 Prozent geringer. Im Vergleich zum **Wettbewerb-Szenario** werden 48 Milliarden Euro bzw. 12 Prozent weniger für Mobilität ausgegeben.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass ein integriertes, gemeinwohlorientiertes Mobilitätssystem nicht nur verkehrlich vorteilhaft ist, sondern auch effizienter.

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** entsteht ein 74 Milliarden Euro großer Markt für KI- und digital-gestützte Produkte und Dienstleistungen. Im **Wettbewerb-Szenario** wäre dieser Markt mit etwa 46 Milliarden Euro und im **Basis-Szenario** mit 13 Milliarden Euro deutlich kleiner.

Er setzt sich jeweils aus den automatisierten Anteilen der Gesamtkosten für Mobilität zusammen und umfasst autonome Linienbus-, On-Demand- und Robotaxi-Angebote.

Enthalten sind dabei die Fahrzeugherstellung, verschiedene Softwareprodukte – etwa für Selbst-fahrssysteme, On-Demand-Dienste oder die digitale Fahrgastbegleitung – sowie digitalgestützt ablaufende operative Prozesse und Infrastrukturkosten, beispielsweise für Datenspeicherung und -transfer. Dadurch entstehen neue, attraktive Arbeitsplätze mit hohen Qualifikationsanforderungen und guter Bezahlung, was die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft stärkt.

II. Entwicklung des Finanzierungsbedarfs im ÖPNV

Auch der Finanzierungsbedarf des ÖPNV durch die öffentliche Hand unterscheidet sich deutlich zwischen den Szenarien. Mit Abstand am höchsten ist der Finanzierungsbedarf im **Wettbewerb-Szenario**, in dem aufgrund der Kannibalisierung des ÖPNV Einnahmen zurückgehen, die Kosten aber konstant bleiben. Folglich steigt der Finanzierungsbedarf des ÖPNV auf 27 Milliarden Euro.

Das **Basis-** und das **Daseinsvorsorge-Szenario** liegen beim Finanzierungsbedarf lediglich rund 10 Prozent auseinander. Bemerkenswert ist, dass das **Daseinsvorsorge-Szenario** trotz eines massiv ausgebauten und qualitativ verbesserten Angebots mit 19 Milliarden Euro den geringsten Finanzierungsbedarf aufweist.

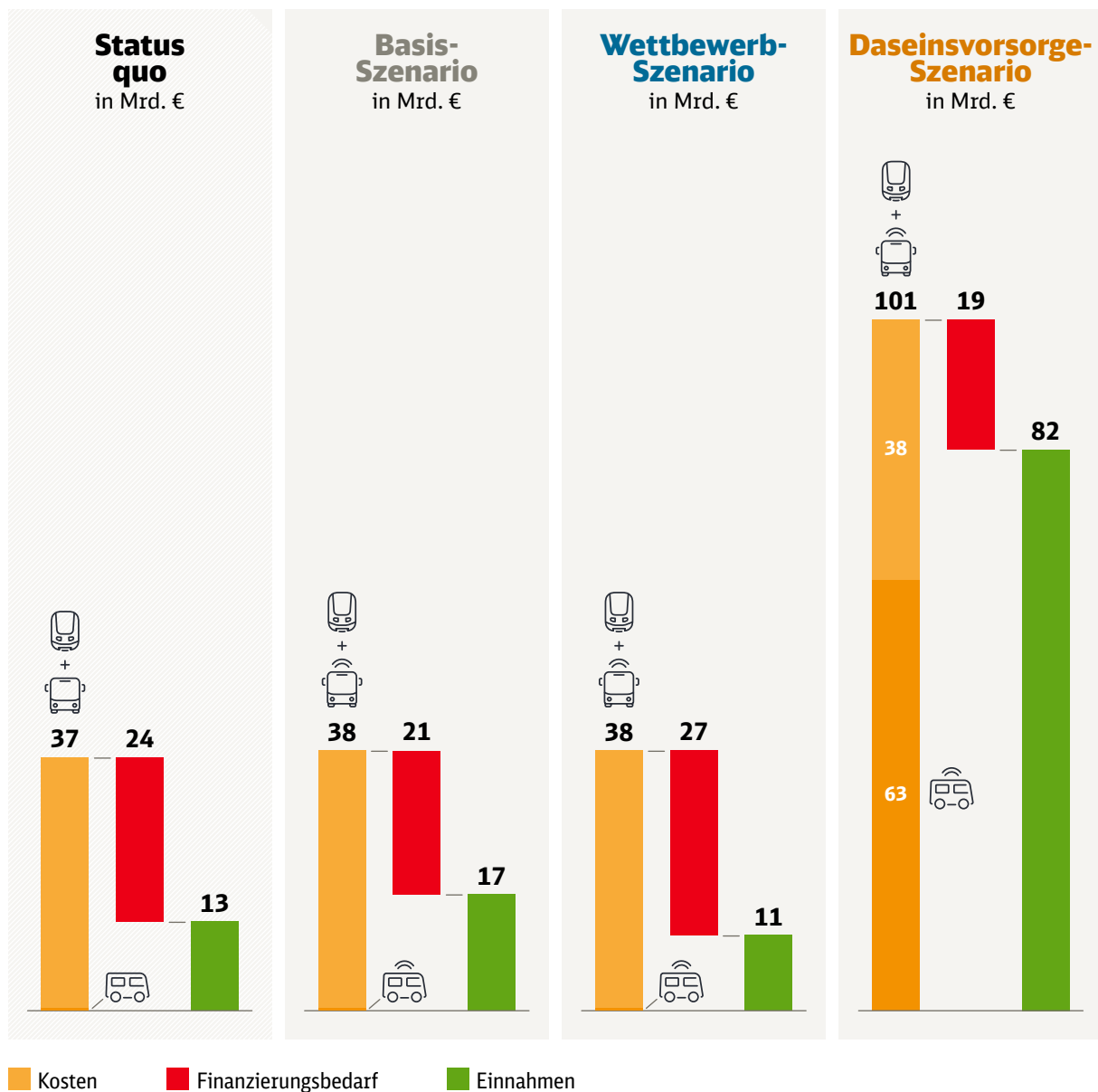


Abbildung 61: Vergleich der Finanzierungsbedarfe des ÖPNV je Szenario, in Milliarden Euro

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass es für die öffentliche Hand risikobehaftet wäre, die Einführung autonomer Flotten ungesteuert zuzulassen, da dies zu steigenden öffentlichen Kosten führen könnte. Die Kannibalisierung des Linienverkehrs durch Robotaxis könnte somit ein erhebliches Finanzierungsrisiko für den ÖPNV bedeuten.

Demgegenüber eröffnet ein integriertes Gesamtsystem aus Linien- und On-Demand-Angeboten Chancen: Durch ein attraktiveres, gut ausgebautes Mobilitätsangebot können zusätzliche Einnahmen generiert werden. So lässt sich die Finanzierung des ÖPNV künftig stärker auf eine stabile, wirtschaftlichere Basis stellen.

Effekte auf Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft

Ökonomische Effekte

I. Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen

Der Wirtschaftsbereich, der im **Daseinsvorsorge-Szenario** neben dem ÖPNV am stärksten von Veränderungen betroffen ist, ist die Automobilindustrie. In diesem Szenario führen umfangreiche Verschiebungen im Modal Split durch das attraktive Mobilitätsangebot dazu, dass insgesamt rund 850.000 zusätzliche autonome ÖV-Shuttles benötigt werden. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 5 Jahren entspricht dies jährlichen Neuzulassungen von zusätzlich etwa 170.000 autonomen ÖV-Shuttles. Dies eröffnet die Chance, einen neuen, volumenstarken Markt zu erschließen. Gleichzeitig geht die Veränderung im Mobilitätsverhalten mit einem deutlichen Rückgang der jährlichen Neuzulassungen klassischer Pkw auf rund 2,3 Millionen einher. Verglichen mit dem Niveau des **Basis-Szenarios** von etwa 3 Millionen entspricht dies einem Rückgang von 23 Prozent.

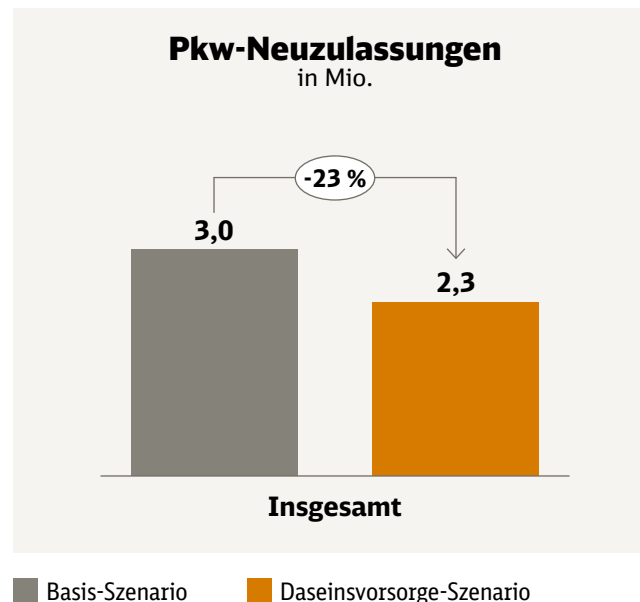


Abbildung 62: Entwicklung der Neuzulassungen in Deutschland, Basis- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anzahl Fahrzeuge in Tausend und Entwicklung in Prozent

Dieser starke Rückgang trifft jedoch nicht alle Fahrzeugsegmente gleichermaßen. Die insgesamt rückläufigen Neuzulassungen dürften sich besonders stark auf kleinere und preisgünstigere Fahrzeugklassen konzentrieren. Dies wird auch durch die Ergebnisse der durchgeführten repräsentativen Bevölkerungsbefragung gestützt. Je kleiner das Fahrzeug, desto eher wären die Befragten im **Daseinsvorsorge-Szenario** bereit, es abzuschaffen. Gerade diese Fahrzeuge werden häufig als Zweitwagen genutzt und könnten im Zuge veränderter Mobilitätsmuster – etwa durch den Ausbau von On-Demand-Angeboten – zunehmend wegfallen.

Demgegenüber behalten Pkw der Premiumsegmente auch im **Daseinsvorsorge-Szenario** weitgehend ihre Relevanz – insbesondere im Dienstwagenbereich, der als stabil gilt und in dem Fahrzeuge aus höherklassigen Segmenten dominieren. Darüber hinaus spielt in diesen Segmenten das Bedürfnis nach komfortablem und individuellem Fahren eine größere Rolle. Gerade im privaten Bereich, wo hohe Ansprüche an Ausstattung und Fahrqualität bestehen, dürfte dies zu einer vergleichsweise stabilen Nachfrage führen.

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass die Reduktion der Neuzulassungen im **Daseinsvorsorge-Szenario** die Premiumsegmente weniger stark trifft als das Klein- und Kompaktwagen-segment – mit entsprechenden Auswirkungen auf Marktanteile und Geschäftsmodelle deutscher Automobilhersteller. Folgende Veränderungen wurden dabei auf Basis der getroffenen Annahmen je Fahrzeugsegment ermittelt:

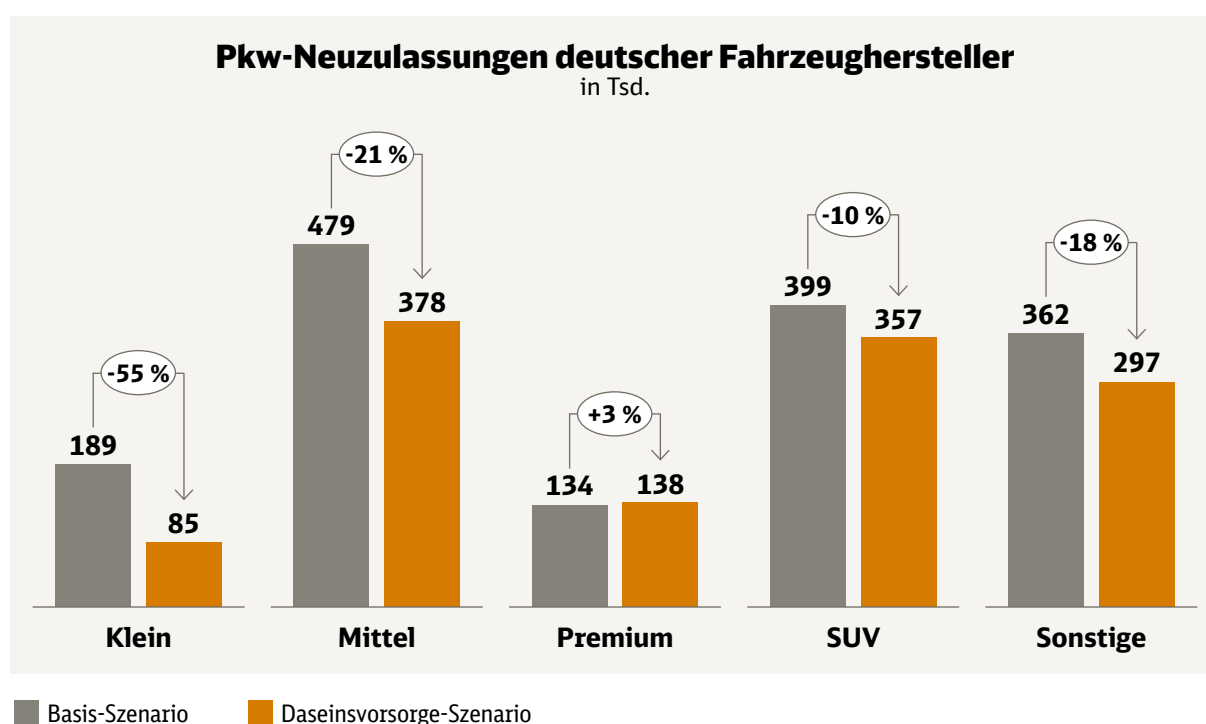


Abbildung 63: Entwicklung der Neuzulassungen deutscher Fahrzeughersteller nach Fahrzeugsegmenten in Deutschland, Basis- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anzahl Fahrzeuge in Tausend und Entwicklungen in Prozent

Bei einer nachlassenden Nachfrage nach kleineren Pkw würde sich der Anteil höherpreisiger Modelle an den Neuzulassungen entsprechend erhöhen. Da deutsche Hersteller in diesen Segmenten besonders stark vertreten sind, wären sie von einem Rückgang der Neuzulassungen mit 20 Prozent unterproportional betroffen. Dies würde dazu führen, dass der Marktanteil deutscher Produzenten am Pkw-Markt in Deutschland von aktuell 52 Prozent auf 54 Prozent leicht ansteigt.

Gleichwohl müssten sie auf den Rückgang der Inlandsverkäufe reagieren. Eine strategische Maßnahme könnte sein, möglichst viele der ÖV-Shuttles im Inland zu produzieren. Wenn es gelänge, alle jährlich 170.000 Neuzulassungen in diesem Segment durch deutsche Produzenten abzudecken, läge der Rückgang der Neuzulassungen von Fahrzeugen deutscher Hersteller in Deutschland insgesamt bei nur rund 9 Prozent im Vergleich zum **Basis-Szenario**.

Berücksichtigt man die starke Exportorientierung deutscher Hersteller, würde der Rückgang bei den Neuzulassungen weltweit sogar nur bei etwa 2,3 Prozent liegen. Folglich wären die Auswirkungen auf Absatz und Beschäftigung in Deutschland vergleichsweise gering – insbesondere, wenn die deutsche Automobilindustrie den Bedarf an Level-4-ÖV-Shuttles abdecken kann. In diesem Fall würde ihr Marktanteil in Deutschland zusätzlich um 7 Prozentpunkte auf insgesamt 61 Prozent steigen. Angesichts der umfassenden, gleichzeitig stattfindenden Herausforderungen durch die Elektrifizierung erscheint der hier aufgezeigte Effekt auf die Automobilindustrie vergleichsweise gering.

In den beiden weiteren Szenarien bleiben die Pkw-Neuzulassungen auf heutigem Niveau, bei etwa 3 Millionen Pkw pro Jahr.



Dr. Bernhard Rohleder
Hauptgeschäftsführer Bitkom e.V.

»Deutschland und Europa stehen vor großen innovationspolitischen Umbrüchen – es ist wichtig, dass sich die Bundesregierung dieser Herausforderung mit ihrer Hightech-Agenda annimmt. Um disruptive Innovationen in Deutschland wieder erfolgreich zu machen, brauchen wir drei Dinge: Fokussierte und agile Förderung ausgewählter Zukunftstechnologien, effektiven Transfer von Forschungsergebnissen in den Markt und konsequenten Bürokratieabbau.«

II. Beschäftigungsentwicklung und Auswirkungen auf den Fachkräftebedarf im ÖPNV

Durch den Einsatz einer autonomen Fahrzeugflotte im ÖPNV-System des **Daseinsvorsorge-Szenarios** könnten etwa 119.000 neue Arbeitsplätze im öffentlichen Nahverkehr entstehen – fast doppelt so viele wie im **Wettbewerb-Szenario**. Hierbei ist zu bedenken: Im **Wettbewerb-Szenario** wird von einem Robotaxi-Markt ausgegangen, der sich auf lukrative Metropolregionen konzentriert. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Markt durch international tätige ausländische Unternehmen dominiert würde. Entsprechende Entwicklungen, die diese Annahme stützen, zeigen sich bereits heute im deutschen Ride-Hailing-Markt. Ein Teil der Arbeitsplätze, die durch den Betrieb entstehen, würde demzufolge vermutlich auch außerhalb Deutschlands angesiedelt sein und sich innerhalb Deutschlands auf bestimmte Gebiete beschränken.

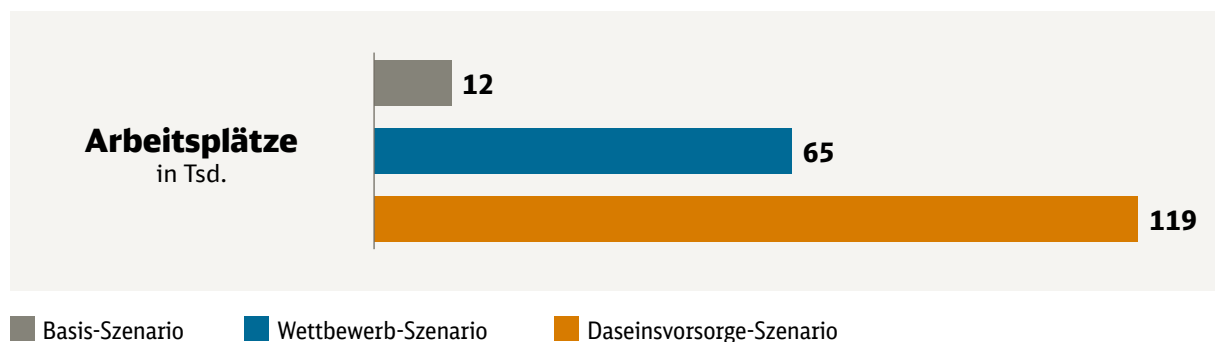


Abbildung 64: Arbeitsplatzeffekte im ÖPNV, in den Szenarien, Anzahl Arbeitsplätze in Tausend

Die 119.000 neu entstehenden Arbeitsplätze entsprechen in etwa der derzeitigen Zahl von über 106.000 Busfahrerinnen und Busfahrern im deutschen ÖPNV. Aufgrund des zunehmenden Mangels an Fahrpersonal wird erwartet, dass ein Großteil der benötigten Stellen im Jahr 2045 nicht mehr besetzt werden kann. Die Einführung autonomer Fahrtechnologien führt zu einer grundlegenden Veränderung der Anforderungen an Arbeitnehmende im ÖPNV. Tätigkeiten verlagern sich hin zu anspruchsvolleren Aufgaben wie der technischen Aufsicht in Leitstellen. Die neu entstehenden Arbeitsplätze im ÖPNV sind tendenziell höher qualifiziert, gut bezahlt und zukunftsfähig, mit einem technischen und informationstechnischen Schwerpunkt. Dies wirkt sich positiv auf Einkommenssteueraufkommen und Konsum aus.

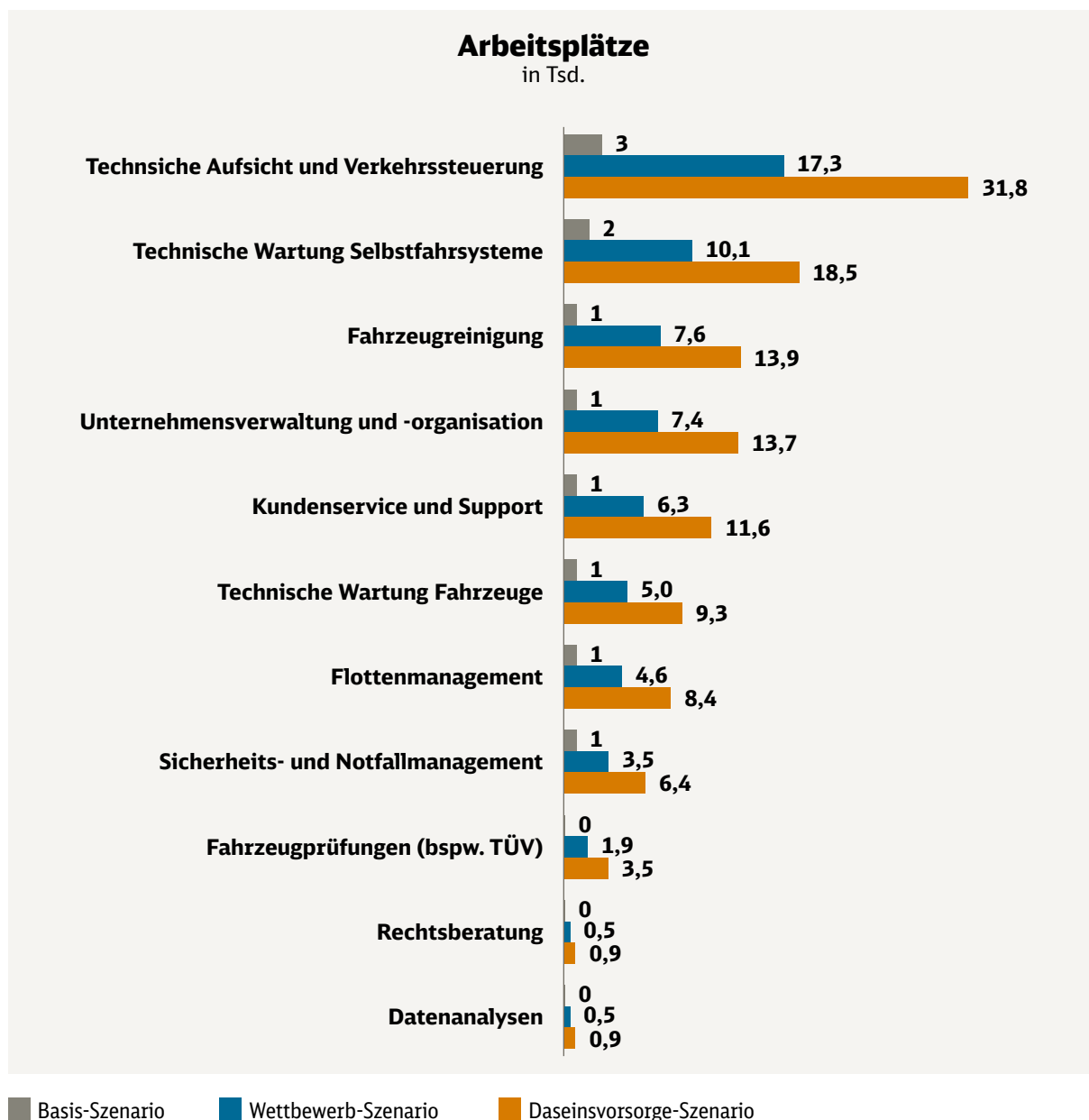


Abbildung 65: Arbeitsplatzeffekte im ÖPNV nach Jobprofilen, in den Szenarien, Anzahl Arbeitsplätze in Tausend

In Summe sind die Auswirkungen auf die Gesamtzahl der Arbeitsplätze im **Daseinsvorsorge-Szenario** relativ gering. Durch die Automatisierung entfällt die Nachfrage nach den bestehenden 106.000 Busfahrerinnen und Busfahrern sowie den zugehörigen Dispositions- und Overhead-Arbeitsplätzen. Dadurch wird der Fahrpersonalmangel perspektivisch nicht länger zum begrenzenden Faktor für den Angebotsausbau im ÖV. Gleichzeitig entstehen 119.000 neue Arbeitsplätze, was einem Nullsummenspiel gleichkommt. Angesichts des zunehmenden Fachkräftemangels ist dies positiv zu bewerten, da die politisch angestrebte Angebotsausweitung mit derselben Personalmenge erreicht werden kann. Hierbei ist zu berücksichtigen: Bis 2045 wird es aufgrund des demografischen Wandels etwa 3 Millionen weniger verfügbare Arbeitskräfte geben. Bereits heute gibt es

erhebliche Fachkräfteengpässe bei den Busfahrerinnen und Busfahrern. Der Mangel an Fahrpersonal wird sich aufgrund der derzeitigen Altersstruktur zukünftig verstärken, da 71 Prozent des Personals bis 2045 das Renteneintrittsalter erreichen werden. Der Aufbau einer autonomen Flotte ist daher zunehmend notwendig, da bereits heute viele Verkehre aufgrund des wachsenden Personalmangels unter erheblichen Betriebs Herausforderungen stehen. Die Automatisierung ermöglicht darüber hinaus ein erweitertes ÖPNV-Angebot, das andernfalls nicht realisierbar wäre, und bewahrt den öffentlichen Nahverkehr vor einer starken Ausdünnung und Verschlechterung des Angebots.

III. Konsumausgaben der privaten Haushalte

Im **Wettbewerb-Szenario** liegen die Gesamtausgaben für Mobilität 20 Milliarden Euro über dem **Basis-Szenario**. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das zusätzliche Angebot an Robotaxis nur zu unwesentlichen Verschiebungen im Modal Split und damit im Pkw-Bestand führt. Die dadurch entstehenden zusätzlichen Mobilitätskosten von 33 Milliarden Euro können nicht durch die geringen Einsparungen im MIV und ÖV ausgeglichen werden. Folglich würden die erhöhten Mehrausgaben für Mobilität in diesem Szenario zulasten anderer Konsumbereiche gehen.

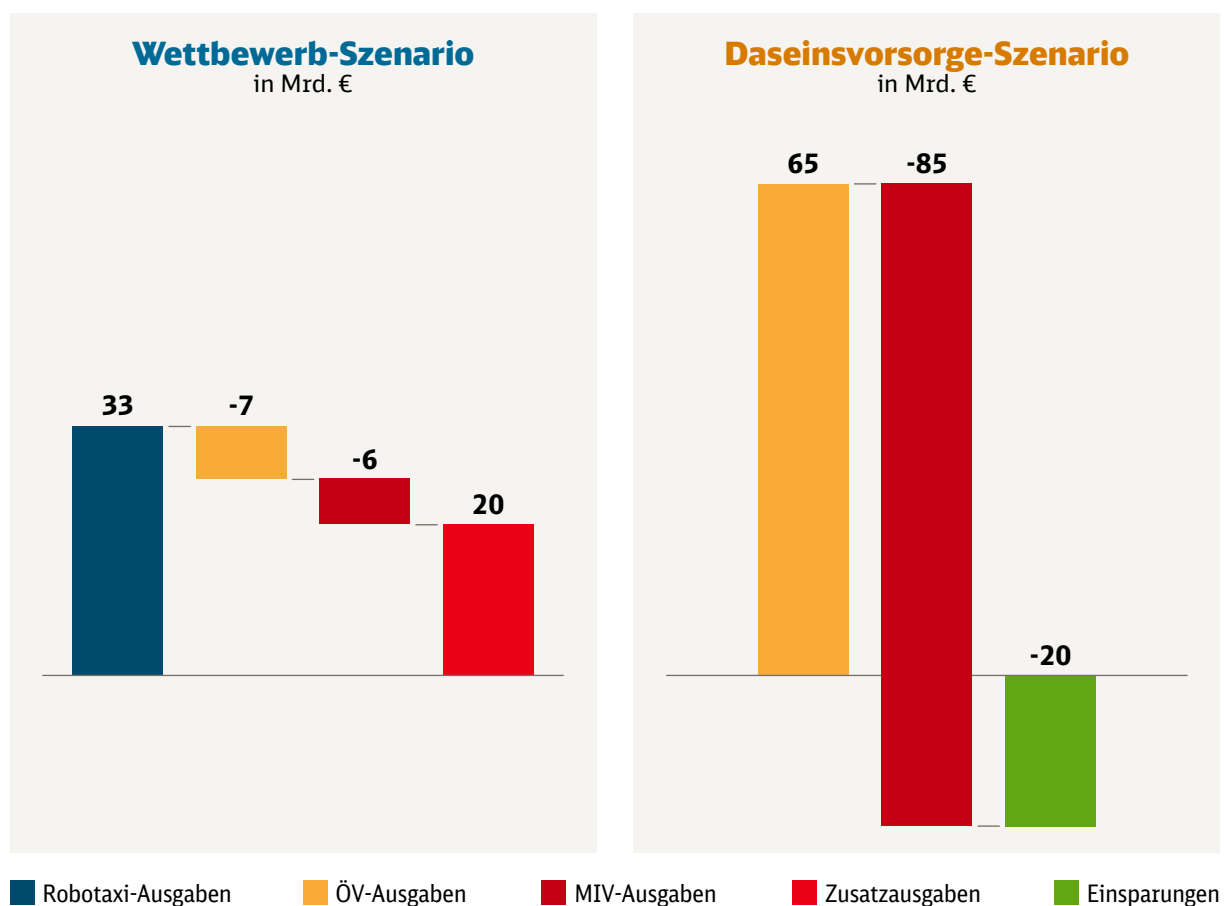


Abbildung 66: Ausgaben privater Haushalte, Wettbewerb- gegenüber Daseinsvorsorge-Szenario, in Milliarden Euro

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** hingegen geben die Haushalte im Vergleich zum **Basis-Szenario** 85 Milliarden Euro weniger für den MIV und 65 Milliarden Euro mehr für den ÖV aus. In Summe hätten die Haushalte damit 20 Milliarden Euro zusätzlichen finanziellen Spielraum, von dem der Großteil, nämlich 15 Milliarden Euro, für andere Konsumausgaben genutzt werden würde. Der Rest würde in zusätzliche Ersparnisse fließen.

Laut den mit dem DINOS-Modell durchgeführten Berechnungen würden allein aufgrund der Ausgabenverschiebungen im **Daseinsvorsorge-Szenario** etwa 9.100 zusätzliche Arbeitsplätze entstehen. Der Grund hierfür ist, dass ein gesteigerter Konsum in anderen Sektoren, wie dem Einzelhandel oder der Gastronomie, zusätzliche Nachfrage generiert, was wiederum zur Schaffung weiterer Arbeitsplätze in diesen Bereichen führt.

Ökologische Effekte

I. Rohstoffbedarf der Fahrzeugflotten

Die Herstellung von Fahrzeugen geht mit einem hohen Bedarf wertvoller Ressourcen einher. Besonders moderne und elektrisch betriebene Fahrzeuge enthalten zahlreiche Rohstoffe – darunter auch solche, die als kritische Rohstoffe gelten, unter anderem Nickel und Kobalt. Kritische Rohstoffe sind laut EU-Kommission solche Rohstoffe, die gleichzeitig eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für zentrale Industriesektoren der EU besitzen und ein hohes Versorgungsrisiko aufweisen.

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** ist die Fahrzeugflotte auf den Straßen mit etwa 38 Millionen Fahrzeugen deutlich kleiner als im **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** mit jeweils circa 50 Millionen Fahrzeugen. Dadurch würden die in der Fahrzeugflotte gebundenen Rohstoffe um etwa 25 Prozent geringer ausfallen.

Vergleicht man die jährlichen Neuzulassungen über die Szenarien, zeigt sich, dass die Anzahl im **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** mit jeweils etwa 3 Millionen Fahrzeugen über der im **Daseinsvorsorge-Szenario** mit circa 2,5 Millionen Fahrzeugen liegt. Hierbei sind die genannten 170.000 neu zugelassenen ÖV-Shuttles jährlich enthalten.

Aus diesem Unterschied resultieren jährliche Rohstoffeinsparungen von etwa 390.000 Tonnen im Vergleich zum **Basis-Szenario** und 440.000 Tonnen im Vergleich zum **Wettbewerb-Szenario**, hauptsächlich bei Metallen wie Eisen/Stahl, Aluminium und Kupfer, aber auch bei Kunststoffen und Gummi.

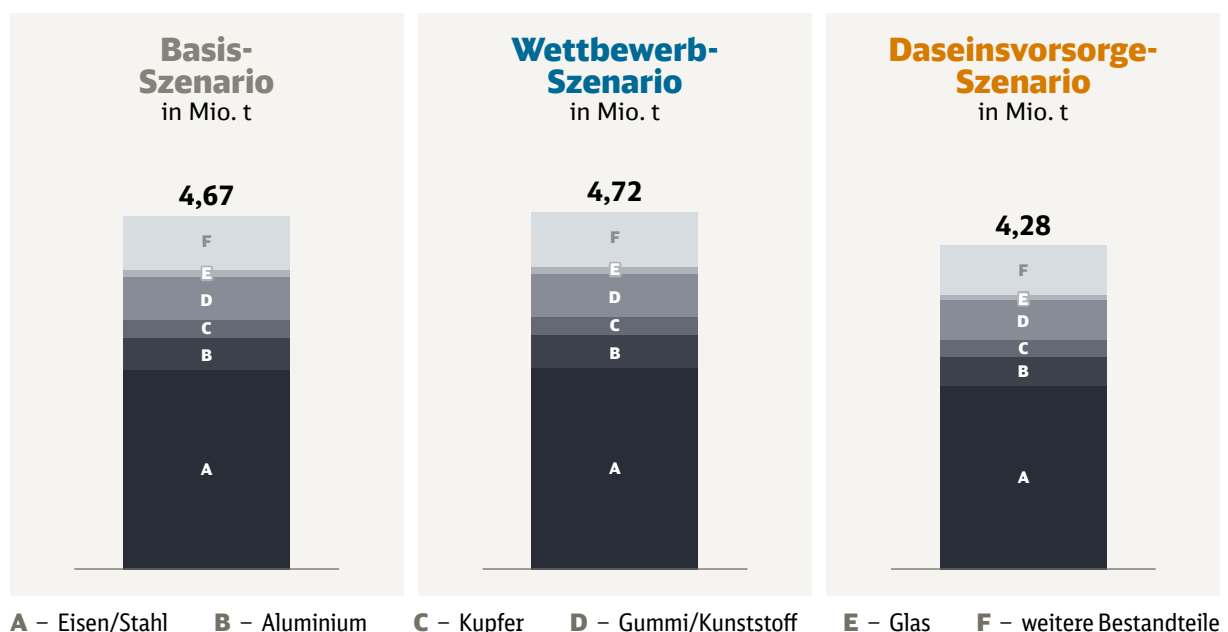


Abbildung 67: Ressourcenbedarf der jährlich zugelassenen Neufahrzeuge (Pkw und ÖSPV), in den Szenarien, in Millionen Tonnen

Von besonderem Interesse sind aus geostrategischer Sicht die kritischen Rohstoffe. Der Bedarf für diese Materialien würde im **Daseinsvorsorge-Szenario** durch die geringeren jährlichen Neuzulassungen um 9 Prozent gegenüber dem **Basis-** und 10 Prozent gegenüber dem **Wettbewerb-Szenario** sinken. Unter Berücksichtigung des deutlich gestiegenen Bedarfs durch die Elektrifizierung des MIV könnten künftig jeweils 10.000 Tonnen Grafit und Nickel jährlich eingespart werden, ebenso wie etwa 1.600 Tonnen Lithium und 1.200 Tonnen Kobalt, das entspricht etwa einem Drittel des derzeitigen jährlichen Rohstoffimports Deutschlands. Die Importabhängigkeit Deutschlands bei diesen geostrategisch bedeutsamen Ressourcen könnte durch den geringeren Rohstoffbedarf im **Daseinsvorsorge-Szenario** verringert werden. Ein weiterer entscheidender Hebel zur Reduzierung der Rohstoffabhängigkeit wäre der Einsatz autonomer Shuttles im **Daseinsvorsorge-Szenario**. Diese sind besser für die Kreislaufführung geeignet, da sie in gewerblichen Flotten organisiert zentralisiert außer Dienst gestellt werden. Die Rohstoffe bleiben somit im nationalen Kreislauf. Zudem dürften die Fahrzeuge, die für den speziellen Einsatz im ÖV produziert werden, ähnlich aufgebaut sein, was ihre Einbindung in geschlossene Stoffkreisläufe erleichtert und dadurch die Wiederverwendung der in ihnen verbauten kritischen Rohstoffe erleichtert. Pkw hingegen sind stark diversifiziert und werden derzeit nach Nutzungsende dezentral verschrottet oder ins Ausland exportiert, was sie einem geschlossenen Stoffkreislauf entzieht.

Die kosteneffizientere Rückgewinnung der Rohstoffe durch ein verbessertes Recyclingsystem bietet viele Potenziale für die Zusammenarbeit von deutschen Automobilherstellern mit gewerblichen Flottenbetreibern und Recyclingunternehmen, um Stoffkreisläufe zu schließen. Das jährliche Mengenpotenzial der rund 170.000 neu zugelassenen Shuttles würde bei etwa 410.000 Tonnen an Materialien liegen. Die kritischen Rohstoffe, die dabei jährlich aus den Batterien zurückgewonnen werden könnten, umfassen circa 10.000 Tonnen Grafit, 9.500 Tonnen Nickel sowie rund 1.600 Tonnen Lithium und 1.200 Tonnen Kobalt. Darüber hinaus könnte die intensive Nutzung der Shuttles und die damit verbundene kürzere Lebensdauer von circa 5 Jahren die Möglichkeit eröffnen, die Batterien nach Wiederaufbereitung wiederzuverwenden und so einen noch größeren Werterhalt gegenüber dem Recycling zu ermöglichen.

Diese Perspektiven zur Ressourcenschonung in der Fahrzeugindustrie greift auch die Hightech-Agenda des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt aus dem Jahr 2025 auf, die den Aufbau kreislauffähiger Fahrzeugkomponenten als zentrales Innovationsziel benennt, um die Versorgungssicherheit zu stärken und Abhängigkeiten von kritischen Importen zu verringern.

II. Beitrag zum Klimaschutz

Neben den Treibhausgasemissionen aus der Fahrzeugnutzung spielt auch der bei der Fahrzeugproduktion entstehende CO₂-Fußabdruck²² eine bedeutende ökologische Rolle. Im **Daseinsvorsorge-Szenario** würde dieser durch die geringere Anzahl neu zugelassener Fahrzeuge jährlich rund 11 Prozent niedriger ausfallen als in den anderen Szenarien. Basierend auf den angenommenen zukünftigen Produktionsprozessen ergibt sich hierdurch eine Reduzierung von knapp 4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr.

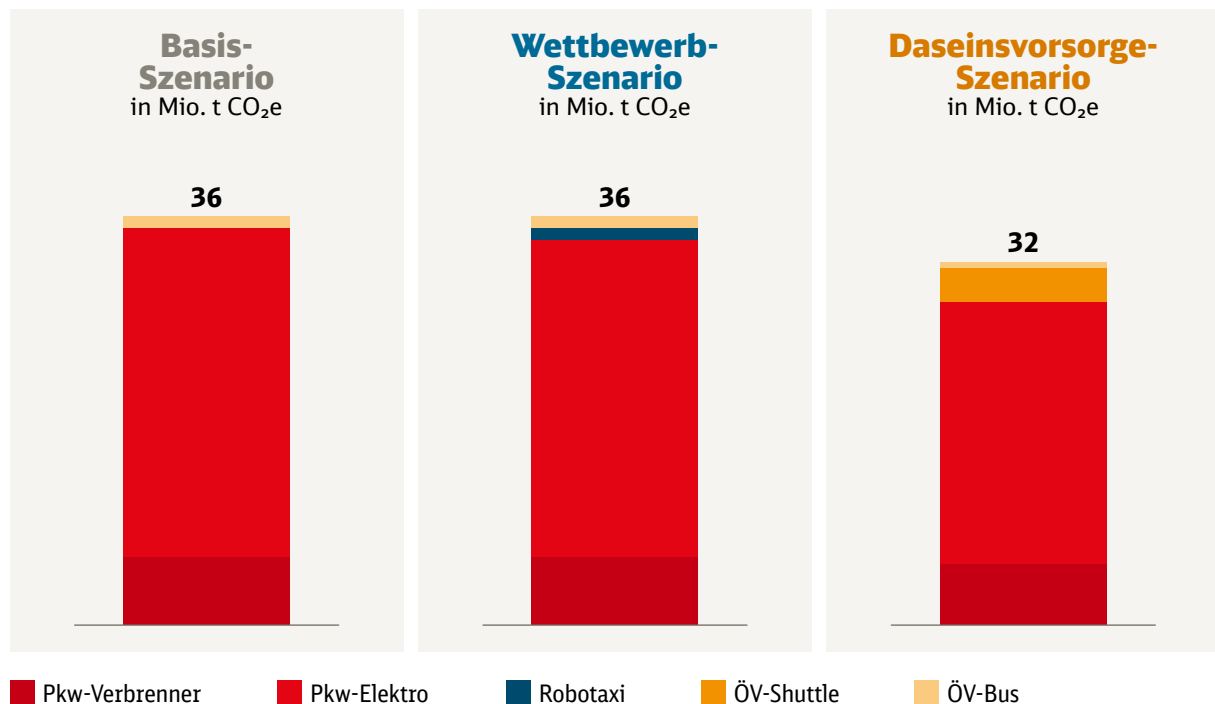


Abbildung 68: Produktionsemissionen der jährlich zugelassenen Neufahrzeuge (Pkw und ÖSPV), in den Szenarien, in Millionen Tonnen CO₂e

Mit den Kostensätzen des Umweltbundesamts (UBA) lassen sich diese vermiedenen Emissionen in gesellschaftliche Kosten umrechnen. Das UBA empfiehlt in einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2024 für 2050 einen Kostensatz von mindestens 435 Euro pro vermiedener Tonne CO₂. Wendet man diesen an, so ergeben die vermiedenen jährlichen Klimakosten etwa 1,7 Milliarden Euro, die im Rahmen einer gesamtgesellschaftlichen Betrachtung einbezogen werden sollten. Zusätzlich kommen die CO₂-Einsparungen aus der Fahrleistung hinzu, die im **Daseinsvorsorge-Szenario** gegenüber den anderen Szenarien etwa 2,9 Millionen Tonnen CO₂ einsparen würden. Multipliziert mit dem UBA-Kostensatz resultieren daraus weitere Einsparungen von 1,3 Milliarden Euro an volkswirtschaftlichen Klimakosten. Insgesamt könnten somit 3 Milliarden Euro eingespart werden.

²² Der CO₂-Fußabdruck beschreibt die gesamte Menge an Treibhausgasemissionen, die direkt und indirekt durch eine Person, ein Produkt, ein Unternehmen oder eine Aktivität verursacht werden.

Gesellschaftliche Effekte

I. Stärkung der Teilhabe

Die repräsentative Bevölkerungsbefragung zeigt, dass das Verkehrssystem im **Daseinsvorsorge-Szenario** aus Sicht der Bevölkerung einen verbesserten Zugang zu zentralen Lebensbereichen und eine insgesamt höhere Mobilität ermöglicht.

Mehr als die Hälfte der Befragten (55,1 Prozent) stimmen der Aussage zu, dass das Mobilitätssystem im **Daseinsvorsorge-Szenario** ihre soziale Teilhabe durch mehr Mobilität erhöhen könnte.

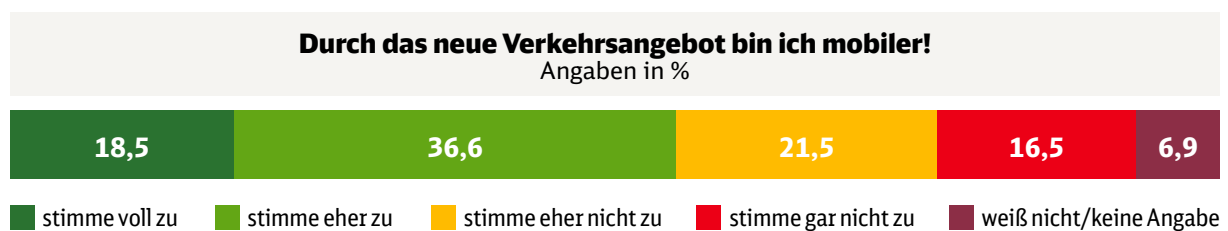


Abbildung 69: Antworten zur sozialen Teilhabe im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent

Jüngere Altersgruppen äußern diese Zustimmung deutlich häufiger als ältere.

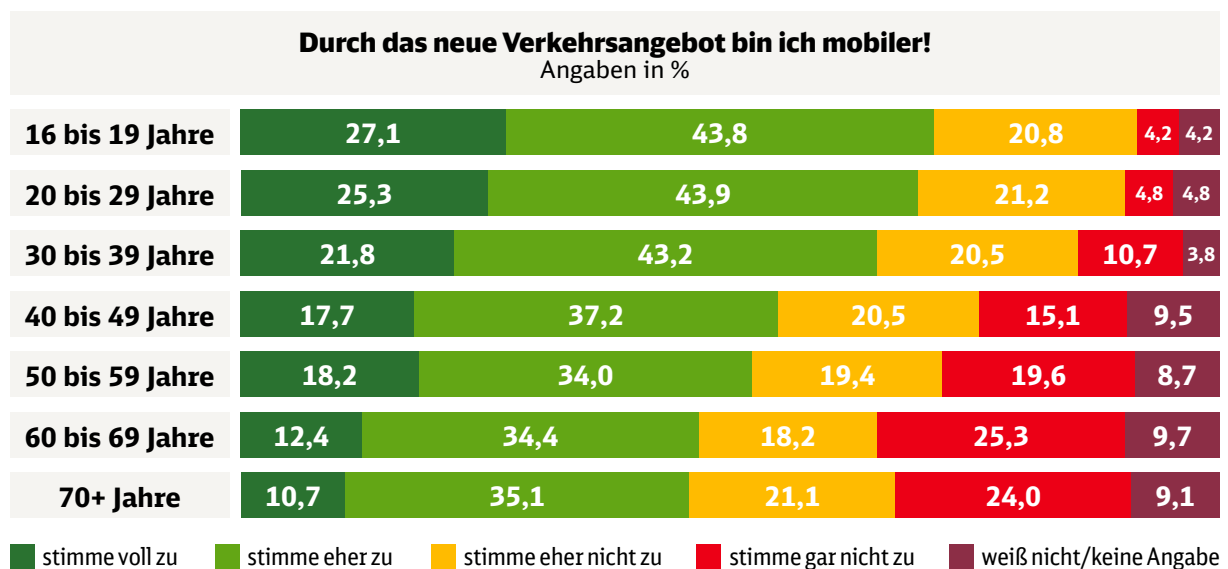


Abbildung 70: Antworten zur sozialen Teilhabe im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, nach Altersgruppen, in Prozent

Besonders positiv wird der erwartete Effekt auf die Erreichbarkeit von Ärzten, Einkaufsgelegenheiten und Kultureinrichtungen eingeschätzt: 58,5 Prozent der Befragten sehen hier eine bessere Erreichbarkeit. Auch im Hinblick auf die Pflege sozialer Kontakte zeigt sich ein positiver Effekt: 42,9 Prozent stimmen zu, dass das verbesserte Mobilitätsangebot ihre Möglichkeiten zur Begegnung mit anderen Menschen fördern würde. Beide Aspekte tragen zur Stärkung der sozialen Teilhabe bei, da sie den Zugang zum gesellschaftlichen Leben erleichtern.

Entsprechend geben 65,7 Prozent der Befragten an, dass sie das Angebot im **Daseinsvorsorge-Szenario** nutzen würden, um häufiger unterwegs zu sein als bisher.

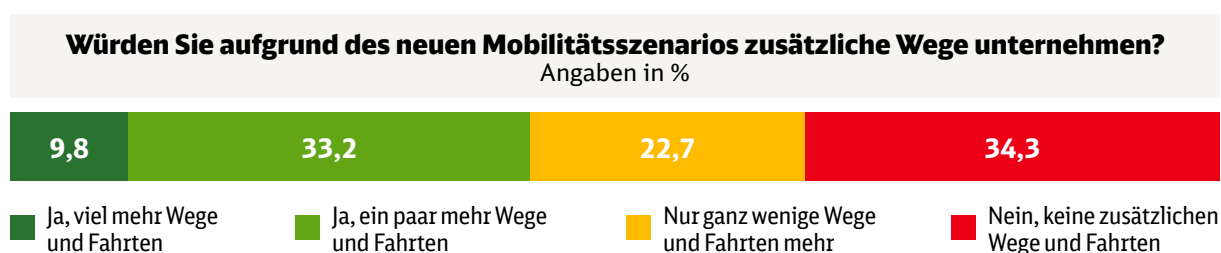


Abbildung 71: Antworten zu Mehrwegen im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent

II. Aufwertung der ländlichen Räume

Die Ergebnisse der repräsentativen Bevölkerungsbefragung zeigen, dass das **Daseinsvorsorge-Szenario** zu einer veränderten Bevölkerungsdynamik gegenüber der Referenzentwicklung laut BBSR-Bevölkerungsprognose führen könnte.

In den Metropolen erwägen 41 Prozent der Befragten, im urbanen Raum 33 Prozent, in diesem Szenario einen Umzug in eine ländlichere Region.

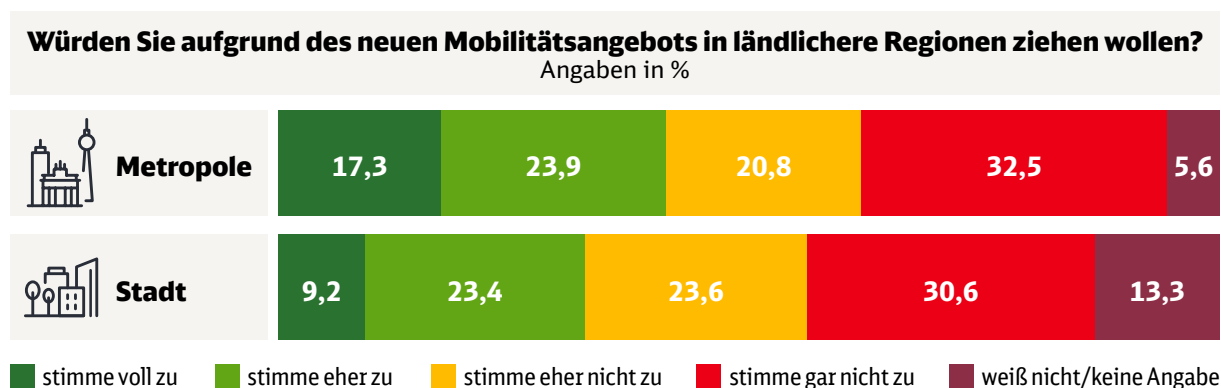


Abbildung 72: Antworten zur Umzugsbereitschaft in ländlichere Regionen im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent

Diese durch das verbesserte Verkehrsangebot induzierte Umzugsbereitschaft wird im Modell in Umzugswahrscheinlichkeiten überführt. Dabei fließen Erfahrungswerte aus vergleichbaren Stated-Preference-Befragungen ein. Zugleich wird berücksichtigt, dass nicht jeder Umzugswunsch tatsächlich zu einem realen Wohnortwechsel führt. Die Modellierung folgt dem Ansatz, dass höhere Zustimmungswerte in der Befragung mit einer höheren realen Umzugswahrscheinlichkeit gewichtet werden. Wird dieses Vorgehen für alle Raumtypen und Wanderungsrichtungen angewendet und in Salden gegenübergestellt, ergibt sich ein deutliches Bild. Der ländliche Raum könnte gegenüber der BBSR-Prognose einen Bevölkerungszuwachs von rund 2,9 Millionen Menschen verzeichnen.

Im Vergleich hat der ländliche Raum zwischen 2005 und 2025 rund 1 Million Einwohner:innen verloren, ein Rückgang um etwa 2,5 Prozent. Im selben Zeitraum verzeichneten städtische Räume einen Zuwachs von 0,85 Millionen, Metropolen sogar 1,2 Millionen Personen. Laut BBSR-Prognose, ohne Berücksichtigung der Effekte dieser Studie, würde der ländliche Raum zwischen 2025 und 2045 nochmals etwa eine Million Menschen verlieren.

Im **Daseinsvorsorge-Szenario** hingegen könnte sich der ländliche Raum vom „Verlierer“ zum „Gewinner“ der Bevölkerungsentwicklung wandeln. Die Befragung zeigt zudem, dass die Umzugsbereitschaft besonders bei jungen, gut ausgebildeten Menschen hoch ist – eine Entwicklung, die den ländlichen Regionen ein bedeutendes Humanpotenzial erschließen könnte. So könnten beispielsweise junge Fachkräfte, Hochschulabsolvent:innen oder Gründer:innen, die bislang vor allem in den Städten lebten, vermehrt in ländliche Gebiete ziehen. Dort bringen sie mit ihrem Wissen, ihrer Innovationskraft und ihrem Engagement neue Impulse für Wirtschaft und Gemeinschaft.

Das erschlossene Humanpotenzial würde die Attraktivität und Zukunftschancen ländlicher Regionen nachhaltig verbessern. Der Prognos Zukunftsatlas® bewertet die Zukunftschancen und -risiken aller 400 Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland anhand von 29 ausgewählten makro- und sozioökonomischen Indikatoren. Mit seiner Hilfe lässt sich die ökonomische Leistungsfähigkeit und Attraktivität der deutschen Regionen anhand eines Gesamtindikatorwerts einschätzen.

Auf Basis der Umzugsquoten können 4 der 29 Einzelindikatoren modelliert werden: Bevölkerungsdynamik, Beschäftigungsentwicklung, Anteil junger Erwachsener und Veränderung der Akademikerquote. Die prognostizierten Veränderungen hätten spürbare Auswirkungen auf die Indexwerte der ländlichen Räume und würden deren Abstand zu städtischen Räumen sowie Metropolen verringern.

Konkret könnte sich der Abstand bei der Bewertung der Zukunftschancen zwischen ländlichen Räumen und Metropolregionen um etwa 10 Prozent verringern – ein substanzieller Beitrag zur Angleichung der Lebensverhältnisse. Dies markiert eine Trendumkehr, denn die bisherigen Zukunftsatlanten zeigten überwiegend eine Stagnation oder sogar eine Vergrößerung der Unterschiede zwischen Metropolen und ländlichen Räumen.

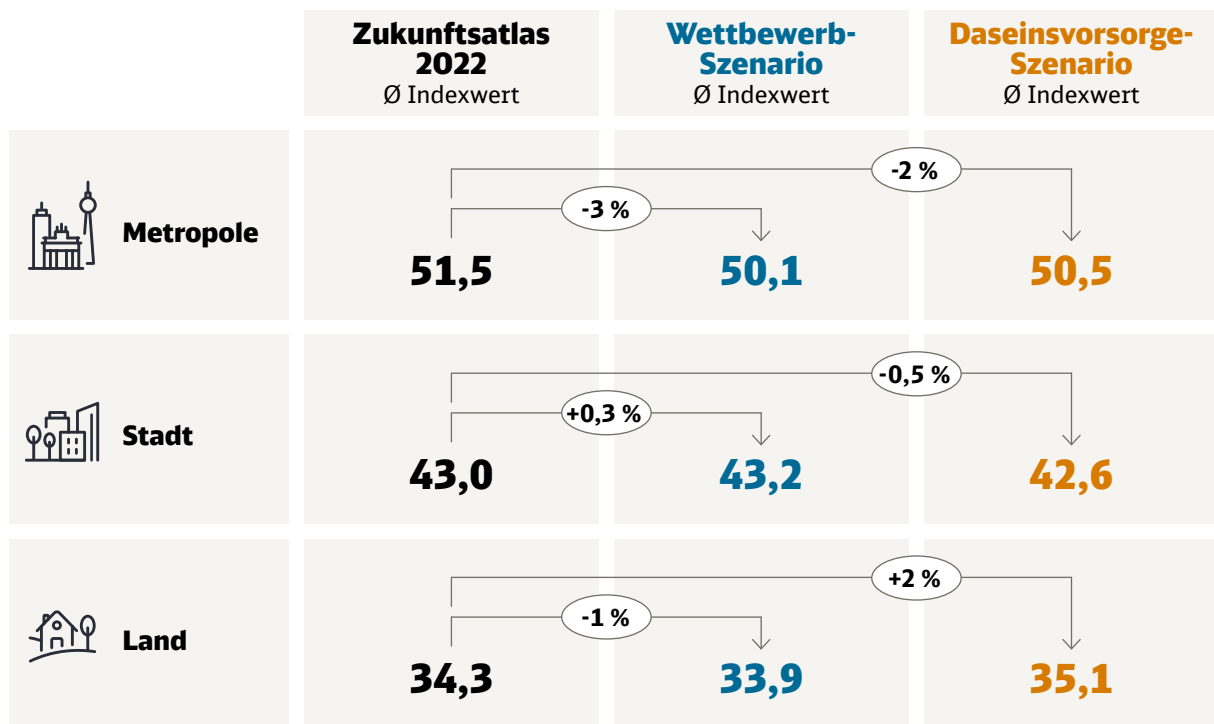


Abbildung 73: Indexwerte des Zukunftsatlas®, Zukunftsatlas 2022 und in Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, Veränderungen in Prozent

Dies entspricht einer steigenden Attraktivität der ländlichen Räume im Vergleich zu städtischen Räumen und Metropolen. Diese verbesserte Attraktivität könnte wiederum weitere positive Impulse auf die Bevölkerungsentwicklung haben. Dadurch würde die Bevölkerungsentwicklung in den ländlichen Regionen längerfristig stabilisiert, während sich der Druck auf die verstärkenden Räume etwas verringern könnte. Im **Wettbewerb-Szenario** würden hingegen eher die städtischen Räume profitieren.



Landrat Udo Recktenwald
Vorsitzender im Wirtschafts- und Verkehrsausschuss des Deutschen Landkreistages e.V.

»Mobilität ist ein Schlüssel für soziale Teilhabe und wirtschaftliche Entwicklung – gerade in ländlichen Räumen mit weiten Wegen und verstreuten Ortsteilen. Autonome Shuttles bieten hier eine echte Perspektive für die Erschließung der Fläche: Sie fahren flexibel rund um die Uhr und sichern unabhängig vom Wohnort die Erreichbarkeit von Arbeit, Schule, Arzt und Nahversorgung auch dort, wo Fahrpersonal sonst vielfach fehlen würde. So stärken wir die Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse und machen ländliche Räume als Wohn- und Wirtschaftsstandort zukunftsfest.«

III. Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit

Autonomen Fahrzeugen wird perspektivisch eine höhere Verkehrssicherheit zugeschrieben, da über 90 Prozent der derzeitigen Unfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind. Vollständig unfallfrei werden diese Fahrzeuge voraussichtlich jedoch auch nicht operieren, da wahrscheinlich widrige Umwelteinflüsse, Mängel in der Verkehrsinfrastruktur, Fehler menschlicher Verkehrsteilnehmer im Mischverkehr sowie technisches Versagen weiterhin als Unfallursachen bestehen bleiben.

Entsprechend wäre im **Daseinsvorsorge-Szenario** im Vergleich zum **Basis-Szenario** ein Rückgang von etwa 8.000 Unfällen mit Personenschaden zu erwarten. Dies würde zu weniger Personenschäden führen. Im Vergleich zum **Basis-** und **Wettbewerb-Szenario** könnte die Zahl der verletzten Personen um 28.000 beziehungsweise um 20.000 gesenkt werden. Die Zahl der Unfalltoten würde sich um 200 gegenüber dem **Basis-Szenario** und um 100 gegenüber dem **Wettbewerb-Szenario** verringern.

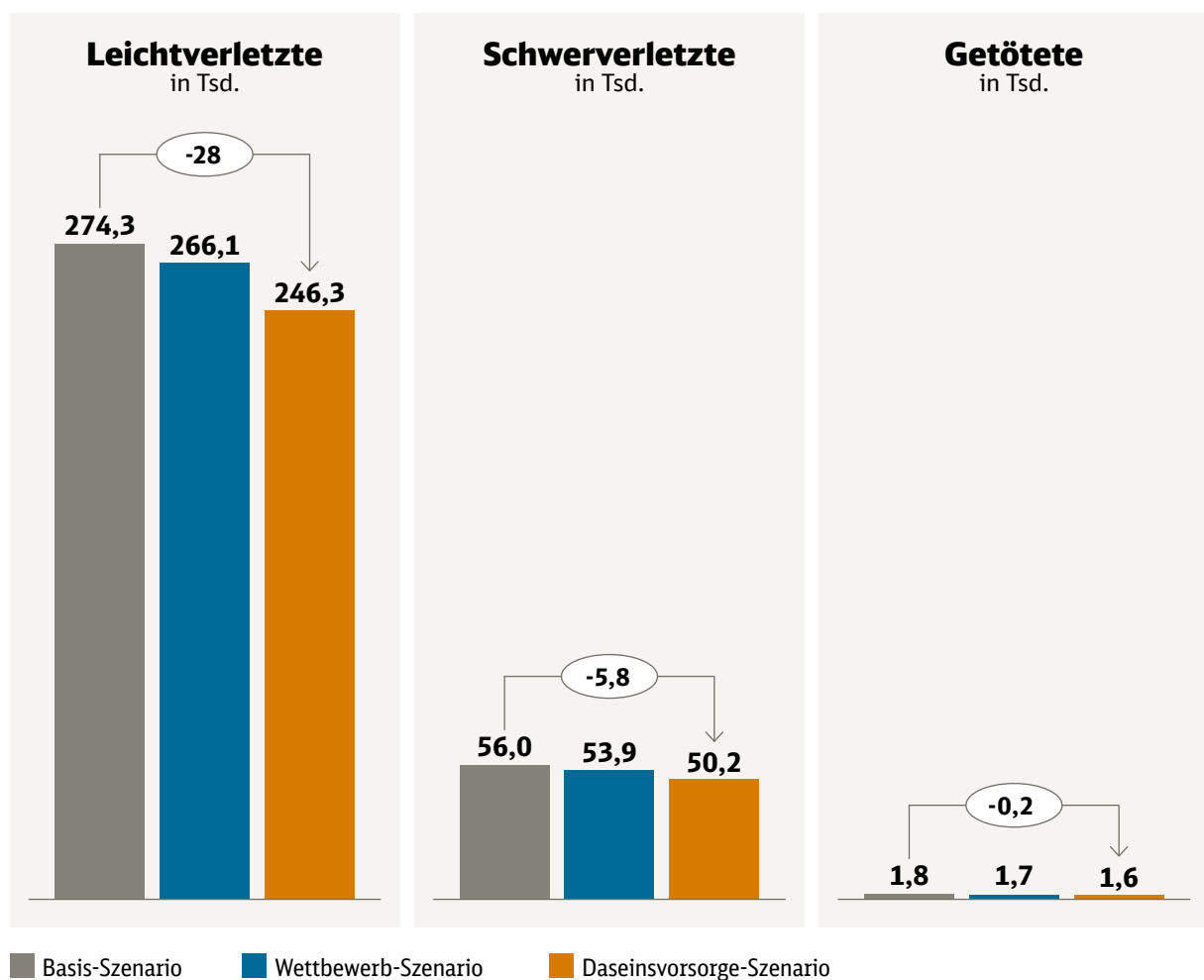


Abbildung 74: Personenschäden im Verkehr nach Schwere, Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Anzahl Unfälle

Mit dem **Daseinsvorsorge-Szenario** würde ein Beitrag zur Vision Zero geleistet, die darauf abzielt, Verkehrsunfälle mit schweren Verletzungen und Todesfällen vollständig zu eliminieren. Auch die Anzahl der Unfälle mit Sachschäden würde im **Daseinsvorsorge-Szenario** erheblich sinken, um rund 350.000 im Vergleich zu den anderen Szenarien.

Insgesamt könnten dadurch gesellschaftliche Unfallkosten von etwa 5 Milliarden Euro²³ vermieden werden. Diese Einsparungen sollten bei einer gesamthaften Nutzen-Kosten-Betrachtung einbezogen werden, da sie eine signifikante positive Wirkung auf die Wirtschaft und die gesellschaftliche Wohlfahrt haben. Durch die Reduzierung von Unfallkosten würden Ressourcen frei, die für andere gesellschaftliche Zwecke eingesetzt werden könnten, was den gesamtwirtschaftlichen Nutzen des **Daseinsvorsorge-Szenarios** weiter unterstreicht.

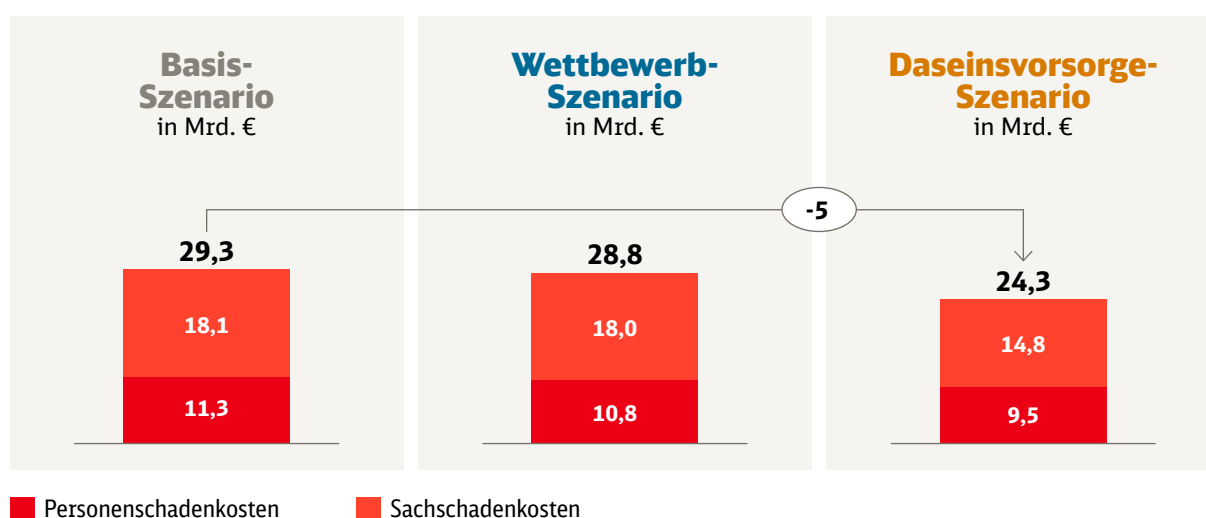


Abbildung 75: Unfallkosten im Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Milliarden Euro

²³ Die Kalkulation der gesellschaftlichen Unfallkosten erfolgte mit Hilfe der Kostensätze der Bundesanstalt für Straßenwesen, die verschiedenen Unfallarten und Graden von Personenschäden durchschnittliche Kosten zuordnet.

IV. Entwicklung des Flächenbedarfs

Der reduzierte Pkw-Bestand und die signifikant verringerte Standzeit der autonomen Shuttles im **Daseinsvorsorge-Szenario** führen zu einem geringeren Flächenbedarf für ruhenden Verkehr. In städtischen Räumen und Metropolen würden dadurch rund 28 Millionen Quadratmeter weniger Fläche benötigt als im **Basis-Szenario** und etwa 24 Millionen Quadratmeter weniger als im **Wettbewerb-Szenario**.

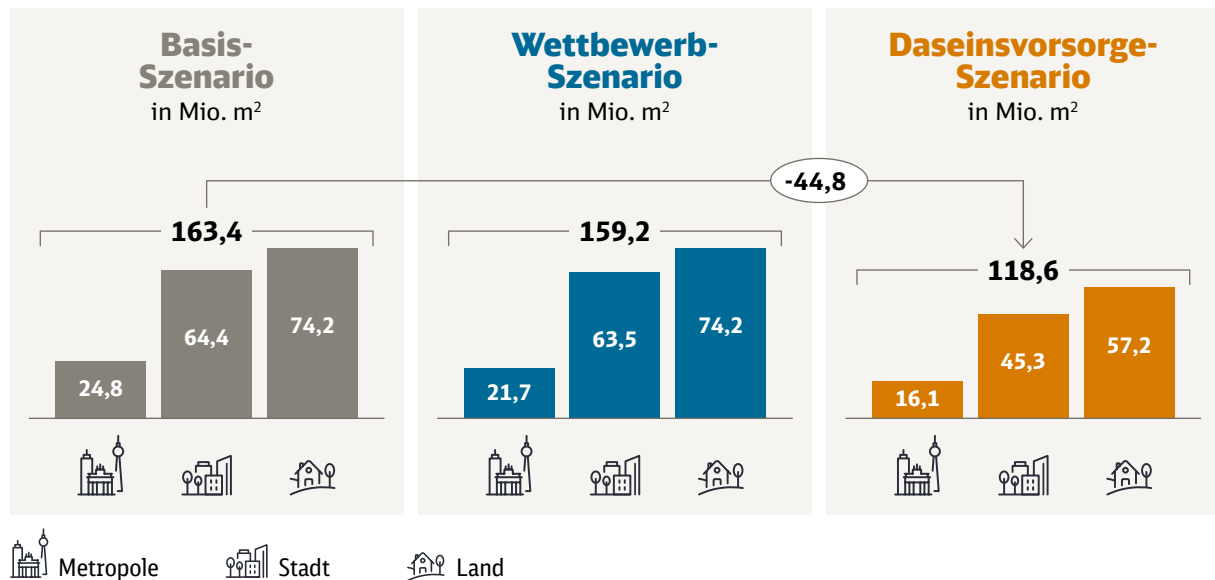


Abbildung 76: Öffentlicher Parkflächenbedarf im Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Millionen Quadratmeter

Deutschlandweit könnten im **Daseinsvorsorge-Szenario** rund 45 bzw. 40 Millionen Quadratmeter bisheriger Parkplatzfläche einer alternativen Nutzung zugeführt werden. Diese Fläche entspricht etwa der 10-fachen Fläche des ehemaligen Flughafens Tempelhof in Berlin.

Der Effekt wäre in den Metropolen am stärksten ausgeprägt, wo der Bedarf an öffentlicher Fläche für ruhenden Verkehr um 35 Prozent im Vergleich zum **Basis-Szenario** sinken könnte. Dies würde eine Flächenfreisetzung von etwa 9 Millionen Quadratmetern in den Metropolen bedeuten.

Besonders deutlich wird dies am Beispiel Hamburg: Im **Daseinsvorsorge-Szenario** werden rund 140.000 öffentliche Parkplätze nicht mehr benötigt, was einen Flächengewinn von etwa 1,7 Millionen Quadratmeter gegenüber dem **Basis-Szenario** bedeutet. Dies entspricht dem 1,2-fachen der Fläche des Hamburger Stadtparks oder der 10-fachen Fläche des Heiligengeistfelds. Würden alle 140.000 nicht mehr benötigten Parkplätze am Straßenrand liegen, könnte die Bordsteinkante auf einer Länge von 750 Kilometern vom ruhenden Verkehr entlastet werden – das entspricht 20 Prozent des 4.000 Kilometer langen Hamburger Straßennetzes. Dieser Raum könnte für andere Nutzungen freigegeben werden, wie separate Spuren für Radverkehr und straßengebundenen ÖPNV, breitere Fußwege oder Grün- und Erholungsflächen.

Die Flächenfreisetzung bietet großes stadtplanerisches Potenzial, um die Lebensqualität in städtischen Gebieten zu verbessern und mehr Raum für umweltfreundliche und soziale Nutzung zu schaffen.

Fazit und Ausblick

Mobilität ist ein zentraler Grundpfeiler unserer Gesellschaft

Der Zugang zu Mobilität ist eine Grundvoraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe und deshalb Teil der staatlichen Daseinsvorsorge. Lebensqualität hängt unmittelbar davon ab, ob Menschen ihre Ziele bequem erreichen können. Gleichzeitig prägt Mobilität die Wettbewerbsfähigkeit von Städten, Kommunen und Unternehmen.

Dennoch wird das öffentliche Mobilitätsangebot heute eher ausgedünnt als ausgebaut – vor allem aufgrund begrenzter Finanzierung und fehlenden Fahrpersonals. Besonders im ländlichen Raum gefährdet das nicht nur die Alltagsmobilität, sondern den gesellschaftlichen Zusammenhalt und das Vertrauen in den Staat.

Seit der Corona-Pandemie ist klar: Wenn die Pflegekraft nicht mehr zur Klinik kommt, ist das kein individuelles Problem, sondern ein gesellschaftliches. Mobilität ist systemrelevant – und die Funktionsfähigkeit unserer Gesellschaft hängt in erheblichem Maße davon ab, dass alle Menschen Zugang zu attraktiven, zuverlässigen und flächendeckenden Mobilitätsangeboten haben.

Autonomes Fahren kann den ÖPNV revolutionieren

Das **Basis-Szenario** verdeutlicht das erhebliche Potenzial autonomen Fahrens für den ÖPNV: Durch autonome Linienbusverkehre lässt sich das Angebot um 23 Prozent steigern, während gleichzeitig 14 Prozent der Betriebskosten eingespart werden.

Noch größer wäre dieses Effizienzpotenzial bei kleinen, flexiblen On-Demand-Fahrzeugen, die insbesondere in ländlichen Räumen für die Flächenerschließung entscheidend sind. Hier gibt es ein Einsparpotenzial von bis zu 50 Prozent.

Gleichzeitig zeigt das **Basis-Szenario**, dass das Angebotsniveau zunächst angehoben werden muss, um das öffentliche Mobilitätssystem für breitere Gesellschaftsschichten attraktiv zu machen. Bei einem niedrigen Ausgangsniveau führt zusätzliches Angebot nur zu einer geringen Nutzungssteigerung – erst bei einem höheren Angebotsniveau wächst die Nachfrage infolge eines Angebotsausbaus spürbar.

Die Erkenntnis hieraus: Autonomes Fahren kann den ÖPNV deutlich effizienter machen und zentrale Herausforderungen lösen – von knappen Finanzmitteln bis zu Personal-mangel. Wird die Technologie jedoch nur zur Automatisierung des bestehenden Angebots eingesetzt, bleiben die Schwächen des Mobilitätssystems bestehen, und ihr volles Potenzial für Effizienz, Attraktivität und flächendeckende Versorgung wird nicht ausgeschöpft.

Das amerikanische und chinesische Robotaxi-Konzept ist kein Modell für Deutschland

Das **Wettbewerb-Szenario** zeigt: Würde autonomes Fahren im privatwirtschaftlichen Wettbewerb und ohne Integration in ein Gesamtsystem eingeführt, käme es zwar zu punktuellen Verbesserungen der Angebotsqualität – doch insgesamt würden die negativen Effekte überwiegen.

Dieses Szenario vorausgesetzt, steigt die Straßenverkehrsbelastung in Metropolen und Städten um bis zu 40 Prozent – die Straßeninfrastruktur würde massiv überlastet. Günstige Preise und hohe Bequemlichkeit würden Fußgänger, Radfahrende und Zugnutzende in den Straßenverkehr ziehen. Auch Busnutzende und Pkw-Fahrende könnten von den flexibleren Fahrzeugen ange-lockt werden – die Folge: massiver Mehrverkehr und ein absehbarer Verkehrskollaps.



Im ländlichen Raum gäbe es dagegen kaum Angebotsverbesserungen. Da privatwirtschaftliche Anbieter gewinnorientiert agieren, würden die Robotaxi-Angebote nur dort entstehen, wo eine höhere Einwohnerdichte ein profitables Geschäft erlaubt.

Angesichts steigender Finanzierungsbedarfe im ÖPNV könnte der Eindruck entstehen, privatwirtschaftliche Robotaxis würden das bestehende Angebot erweitern – ohne zusätzliche öffentliche Mittel zu benötigen. Genau hier liegt der Irrtum: Wird der Verkehr in Richtung nicht-integrierter Robotaxi-Angebote verschoben, brechen dem ÖPNV Fahrgäste und damit Einnahmen weg. Das Gesamtsystem würde geschwächt. In der Folge wären mehr staatliche Zuschüsse notwendig. Der jährliche öffentliche Finanzierungsbedarf für den ÖPNV läge dadurch bis zu 8 Milliarden Euro höher und die gesamtgesellschaftlichen Mobilitätsaufwände wären um bis zu 50 Milliarden Euro höher als in den anderen Szenarien.

Die beschriebenen Effekte wären bei zunächst kleinen Flottengrößen kaum sichtbar. Mit wachsender Kundennachfrage und sinkenden Preisen gäbe es größere Flotten, mit spürbaren negativen Folgen. Eine später dann notwendige Regulierung wäre politisch schwierig, da man sie gegen die Interessen eines dann etablierten Robotaxi-Marktes und seiner Nutzenden durchsetzen müsste.

Fazit: Deutschland und auch Europa brauchen ein eigenes Konzept für autonomes Fahren, das die Kapazitäten der Straßeninfrastruktur und die Beschaffenheit des deutschen Mobilitätssystems berücksichtigt.

Ein integriertes Mobilitätssystem maximiert den gesellschaftlichen Mehrwert

Das **Daseinsvorsorge-Szenario** zeigt: Wenn autonome Fahrzeuge für ein flächendeckendes und integriertes Mobilitätssystem eingesetzt werden, entsteht echte Wahlfreiheit – Menschen könnten sich in

Städten wie auf dem Land jederzeit zwischen einem attraktiven ÖPNV und dem Pkw entscheiden. Die durchschnittlichen Wartezeiten von Mobilitätswunsch bis Einstieg lägen bei nur 5 bis 13 Minuten; die Reisezeiten entsprächen nahezu dem Pkw, in Metropolen wären sie sogar kürzer. Der ÖPNV-Anteil hätte sich mehr als verdoppelt – das System würde zugleich attraktiver und effizienter.

Für die Gesellschaft ist der potenzielle Gewinn enorm: Die Straßenverkehrsbelastung sinkt in Städten und Metropolen um bis zu 11 Prozent. Heutige Autofahrende würden beim Umstieg in den ÖPNV durchschnittlich 170 Euro pro Monat sparen, und die öffentliche Hand könnte ihre Zuschüsse zum ÖPNV trotz massiv ausgebautem Angebot dank Technologie und stärkerer Nutzerfinanzierung um 20 Prozent reduzieren. Vor allem in ländlichen Regionen steigen Attraktivität und Lebensqualität. Die Abwanderung in Städte könnte erstmals sogar umgekehrt werden – etwa 3 Millionen Menschen würden wieder aufs Land ziehen.

Auch wirtschaftlich ist das Szenario vorteilhaft: Notwendig sind knapp 1 Million autonome Shuttles und Busse. Obwohl der Pkw-Bestand um 25 Prozent sinken würde, könnten die Neuwagenverkäufe der deutschen Industrie weitgehend stabil bleiben, sofern sie die Level-4-Fahrzeuge für dieses System liefert, da die Flottenfahrzeuge aufgrund ihrer höheren Fahrleistung eine deutlich geringere Nutzungsdauer haben. Insgesamt entstünde durch den autonomen ÖPNV ein 74 Milliarden € schwerer Markt für KI- und digital-gestützte Produkte und Dienstleistungen. Gleichzeitig nimmt die Resilienz zu: Der Importbedarf kritischer Rohstoffe würde um bis zu 10 Prozent sinken. Durch mögliche Kreislaufwirtschaft im Flottengeschäft würde sich der Bedarf an Rohstoffimporten zusätzlich reduzieren.

Zudem würde ein solches System auch privatwirtschaftliche Robotaxi-Anbieter nicht ausschließen. Auch sie könnten – verkehr-



lich, vertrieblich und tariflich integriert – Teil des Gesamtsystems sein.

Das **Daseinsvorsorge-Szenario** zeigt: Autonomes Fahren entfaltet seinen vollen Nutzen für Menschen, Wirtschaft und Gesellschaft nur als Teil eines integrierten Mobilitätssystems. Es liefert damit einen konkreten Ansatzpunkt für die Ausgestaltung eines zukunftsfähigen europäischen Mobilitätssystems im Sinne einer modernen, umfassenden Daseinsvorsorge.



Christian Hochfeld

Direktor Agora Verkehrswende der Agora Transport Transformation gGmbH

»Autonome On-Demand-Dienste können helfen, den klassischen ÖPNV zu erweitern und für viel mehr Menschen attraktiv zu machen. Als nächsten Schritt dorthin braucht es groß angelegte Modellregionen, die helfen, diese Technologie in Zusammenarbeit mit der Mobilitätswirtschaft bald zur Marktreife zu bringen.«

Deutschland braucht ein Zielbild für das Mobilitätssystem der Zukunft und konkrete Schritte heute

Die technologische Transformation durch autonomes Fahren erfordert ein klares Zielbild. Das **Daseinsvorsorge-Szenario** liefert

erste Grundzüge eines integrierten Mobilitätssystems, das gesellschaftlichen Nutzen maximiert. Jetzt müssen Politik, Industrie, ÖV-Branche und weitere Stakeholder gemeinsam diskutieren und ein konkretes Zielbild entwickeln, auf das sich alle Maßnahmen und Investitionen ausrichten.

Kurzfristig sind die im Koalitionsvertrag angekündigten Modellregionen für autonomes Fahren entscheidend: Sie schaffen Planungssicherheit für Hersteller, die bereits im Markt sind und fördern den Markteintritt deutscher und europäischer Hersteller von Level-4-Fahrzeugen für den fahrerlosen Regelbetrieb. Nur in wenigen Modellregionen mit ausreichend großen Flotten kann ein integriertes Mobilitätssystem entwickelt und erprobt werden. Entscheidend ist dabei die Anzahl der Fahrzeuge je Modellregion: Sie bestimmt die Angebotsqualität – und damit die Möglichkeit, Konzepte mit höherer Nutzenfinanzierung zu erproben.

Die Angebote müssen gemeinsam mit den Menschen vor Ort entwickelt werden – und sie brauchen langfristige Planbarkeit. Nur so lassen sich nachhaltige Veränderungen im Mobilitätsverhalten valide bewerten.

Nach Initiierung der Modellregionen können steigende Technologieverfügbarkeit und Kostendegression ermöglichen, dass parallel bundesweit erste Einzelprojekte im regulären Markt umgesetzt werden können. Anschließend ist ein systematischer Roll-out – gestützt auf die Erfahrungen, Daten und Erkenntnisse aus den Modellregionen – in ganz Deutschland möglich.

So können die Modellregionen zum zentralen Innovationsmotor werden: Sie können dabei unterstützen, funktionierende Systemlösungen aus Hardware und Software unter Realbedingungen zu testen, weiterzuentwickeln und schließlich auch international skalierbar zu machen.



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Beiratsmitglieder	8
Abbildung 2: Vergleich der Kostenstruktur von On-Demand-Verkehren	15
Abbildung 3: Illustrative Darstellung des mehrstufigen Vorgehens in der Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“	18
Abbildung 4: Geografische Darstellung der Beispielregion und des Simulationsgebiets	21
Abbildung 5: Geografische Darstellung der Raumtypen Metropole, Stadt, Land in Deutschland	22
Abbildung 6: Illustrative Darstellung des Verkehrsverhaltens synthetischer Personen in der Mobilitätssimulation von ioki	23
Abbildung 7: Grafische Darstellung der vier Kriterien zur Beschreibung der Angebotsqualität	30
Abbildung 8: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo	30
Abbildung 9: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Stadt im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo	31
Abbildung 10: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Land im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo	31
Abbildung 11: Modal Split Verkehrsaufkommen Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	34
Abbildung 12: Modal Split Verkehrsleistung Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	35
Abbildung 13: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	36
Abbildung 14: Angebotskosten und -einnahmen im ÖPNV sowie staatlicher Finanzierungsbedarf im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro	37
Abbildung 15: Anzahl Abo-Tickets im ÖPNV im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	38
Abbildung 16: Entwicklung Fahrzeugbestand im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen	39

Abbildung 17: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	40
Abbildung 18: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo	43
Abbildung 19: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Stadt im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo	43
Abbildung 20: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Land im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo	44
Abbildung 21: Geografische Darstellung der Bedienegebiete für Robotaxi-Verkehre in Deutschland, gemäß definierter Wirtschaftlichkeitsgrenze von 2.000 Einwohner:innen pro Quadratkilometer, im Wettbewerb-Szenario	45
Abbildung 22: Modal Split Verkehrsaufkommen Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	48
Abbildung 23: Grafische Darstellung zur Verteilung kombinierter Wege und Direktfahrten im Wettbewerb-Szenario, Anteile in Prozent	49
Abbildung 24: Modal Split Verkehrsleistung Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	50
Abbildung 25: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	51
Abbildung 26: Angebotskosten und -einnahmen sowie Finanzierungsbedarf im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro.....	52
Abbildung 27: Anzahl Abo-Tickets im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	53
Abbildung 28: Entwicklung Fahrzeugbestand im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen	54
Abbildung 29: Verteilung der Robotaxis nach Raumtyp	55
Abbildung 30: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	56
Abbildung 31: Kriterien der für das Daseinsvorsorge-Szenario definierten Mobilitätsgarantie	60

Abbildung 32: Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo	61
Abbildung 33: Angebotsqualität für den Raumtyp Stadt im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo	62
Abbildung 34: Angebotsqualität für den Raumtyp Land im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo	62
Abbildung 35: Illustrative Darstellung der Verkehrsoptimierung	65
Abbildung 36: Illustrative Darstellung der Angebots- und Preiskomponenten im Daseinsvorsorge-Szenario	67
Abbildung 37: Modal Split Verkehrsaufkommen Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	70
Abbildung 38: Modal Split Verkehrsleistung Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	72
Abbildung 39: Modal Split Verkehrsleistung im Raumtyp Metropole im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteil der Verkehrsträger in Prozent	73
Abbildung 40: Modal Split Verkehrsleistung im Raumtyp Land im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteil der Verkehrsträger in Prozent	74
Abbildung 41: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro	75
Abbildung 42: Angebotskosten und -einnahmen sowie Finanzierungsbedarf im Daseinsvorsorge- Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro	76
Abbildung 43: Anzahl Abo-Tickets im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	77
Abbildung 44: Durchschnittliche individuelle Mobilitätskosten pro Monat je nach Nutzungsart, Kosten in Euro pro Monat	78
Abbildung 45: Differenzierte Darstellung der durchschnittlichen individuellen Mobilitätskosten nach Raumtyp für MIV- und ÖV-Nutzende, Kosten in Euro pro Monat	79
Abbildung 46: Kostendeckung autonomer On-Demand-Angebote in Metropolen, urbanen und ländlichen Räumen im Daseinsvorsorge-Szenario	81
Abbildung 47: Entwicklung Fahrzeugbestand im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen	83

Abbildung 48: Pkw-Bestand nach Raumtypen, in Status quo und Daseinsvorsorge-Szenario, Pkw in Millionen und Entwicklung in Prozent; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	84
Abbildung 49: Verteilung der ÖV-Shuttles nach Raumtyp	85
Abbildung 50: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet	86
Abbildung 51: Übersicht der durchschnittlichen Angebotsqualität je Raumtyp in den Szenarien	88
Abbildung 52: Tabellarische Darstellung zur Entwicklung der Einwohnerzahlen und des Erfüllungsgrads der Mobilitätsgarantie nach Raumtypen, in den Szenarien und im Status quo, in Millionen und in Prozent	90
Abbildung 53: ÖPNV-Angebotsverbesserung und Nutzung von Busverkehren im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo	91
Abbildung 54: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung in den Metropolen, Anteile in Prozent	93
Abbildung 55: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung in den Städten, Anteile in Prozent	94
Abbildung 56: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung im ländlichen Raum, Anteile in Prozent	95
Abbildung 57: Verteilung des Fahrtentyps flexibler Mobilitätsangebote im Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anteile in Prozent.....	96
Abbildung 58: Straßenverkehrsbelastung, in den Szenarien und im Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern	97
Abbildung 59: Grafische Darstellung der Anteile ÖV-Zug, -Bus und -On-Demand an der Verkehrsleistung des ÖV, für die einzelnen Szenarien und im Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent	98
Abbildung 60: Vergleich der gesellschaftlichen Ausgaben zwischen den Szenarien, in Milliarden Euro	99
Abbildung 61: Vergleich der Finanzierungsbedarfe des ÖPNV je Szenario, in Milliarden Euro	101
Abbildung 62: Entwicklung der Neuzulassungen in Deutschland, Basis- und Daseinsvorsorge- Szenario, Anzahl Fahrzeuge in Tausend und Entwicklung in Prozent	102

Abbildung 63: Entwicklung der Neuzulassungen deutscher Fahrzeughersteller nach Fahrzeugsegmenten in Deutschland, Basis- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anzahl Fahrzeuge in Tausend und Entwicklungen in Prozent	103
Abbildung 64: Arbeitsplatzeffekte im ÖPNV, in den Szenarien, Anzahl Arbeitsplätze in Tausend	105
Abbildung 65: Arbeitsplatzeffekte im ÖPNV nach Jobprofilen, in den Szenarien, Anzahl Arbeitsplätze in Tausend	106
Abbildung 66: Ausgaben privater Haushalte, Wettbewerb- gegenüber Daseinsvorsorge-Szenario, in Milliarden Euro	107
Abbildung 67: Ressourcenbedarf der jährlich zugelassenen Neufahrzeuge (Pkw und ÖSPV), in den Szenarien, in Millionen Tonnen	109
Abbildung 68: Produktionsemissionen der jährlich zugelassenen Neufahrzeuge (Pkw und ÖSPV), in den Szenarien, in Millionen Tonnen CO ₂ e	111
Abbildung 69: Antworten zur sozialen Teilhabe im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent	112
Abbildung 70: Antworten zur sozialen Teilhabe im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, nach Altersgruppen, in Prozent	112
Abbildung 71: Antworten zu Mehrwegen im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent	113
Abbildung 72: Antworten zur Umzugsbereitschaft in ländlichere Regionen im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent	113
Abbildung 73: Indexwerte des Zukunftsatlas®, Zukunftsatlas 2022 und in Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, Veränderungen in Prozent	115
Abbildung 74: Personenschäden im Verkehr nach Schwere, Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Anzahl Unfälle	116
Abbildung 75: Unfallkosten im Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Milliarden Euro	117
Abbildung 76: Öffentlicher Parkflächenbedarf im Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Millionen Quadratmeter	118

Literatur und Quellenverzeichnis

Agora Verkehrswende (2022): Steuersignale zur Transformation der Pkw-Flotte (Gesamtbericht), Reformoptionen für eine faire und klimagerechte Kfz- und Dienstwagenbesteuerung; Link: <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/steuersignale-zur-transformation-der-pkw-flotte-gesamtbericht/> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Auswertungen Bericht 2022/2023: Alltagsmobilität und Fahrleistung; Link: https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/downloads/Bericht_MOP_22_23.pdf (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2024): Verkehr in Zahlen 2024/2025, 53. Jahrgang; Link: https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehr-in-zahlen24-25-pdf.pdf?__blob=publicationFile (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2024): Verkehrsprognose 2040, Band 1.1 Z: Verkehrsprognose 2040 Gesamtüberblick; Link: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/verkehrsprognose-2040-band-1-1-Z-gesamtueberblick.pdf?__blob=publicationFile (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2025): Verkehrsentwicklung in Deutschland, Verkehrsprognose „Basisprognose 2024“; Link: https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/presentation-verkehrsentwicklung-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) (2025): Hightech-Agenda – Technologien für die klimaneutrale Mobilität. Ziele und ausgewählte Flaggschiff-Maßnahmen, Ziel 4. Link: https://www.bmftr.bund.de/DE/Forschung/HightechAgenda/DossierHightechAgenda/DossierHightechAgenda/_documents/6_technologien_klimaneutrale_mobilit%C3%A4t.html?nn=1104712 (letztmalig abgerufen am: 31.07.2025).

Bundesregierung Deutschland (2024): Die Zukunft fährt autonom. Strategie der Bundesregierung für autonomes Fahren im Straßenverkehr; Link: https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/die-zukunft-faehrt-autonom.pdf?__blob=publicationFile (letztmalig abgerufen am: 31.07.2025).

Bündnis 90/Die Grünen und CDU Baden-Württemberg (2021): „Jetzt für Morgen – Der Erneuerungsvertrag für Baden-Württemberg (Koalitionsvertrag 2021–2026)“. Landesregierung Baden-Württemberg; Link: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/regierung/koalitionsvertrag-fuer-baden-wuerttemberg/> (letztmalig aufgerufen am: 31.07.2025).

Council of the European Union (2024): An EU critical raw materials act for the future of EU supply chains, Last review: 21 March 2025; Link: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/critical-raw-materials/> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Deutsches Mobilitätspanel (MOP) (2022/2023): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2022/2023: Alltagsmobilität und Fahrleistung. KIT für das Bundesministerium für Digitales und Verkehr; Link: https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/downloads/Bericht_MOP_22_23.pdf (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Deutschlandatlas (2025): Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen; Link: https://www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wie-wir-uns-bewegen/Pkw-Dichte.html#_gwt288ys1 (letztmalig abgerufen am: 12.11.2025).



Europäisches Parlament (03. November 2022, letzte Aktualisierung: 03. Juli 2023).

Verkaufsverbot für neue Benzin- und Dieselfahrzeuge ab 2035 – Was bedeutet das? Europäisches Parlament Themenportal. Link: <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20221019STO44572/verkaufsverbot-fur-neue-benzin-und-dieselfahrzeuge-ab-2035-was-bedeutet-das> (letztmalig abgerufen am: 31.07.2025).

Gnann, Speth, Plötz, Wietschel, Krail (2022): Working Paper Sustainability and Innovations:

Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge – Rückblick und Ausblick bis 2030.

Link: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/274c624a-683b-4da7-8793-7ed7d2649bea> (letztmalig abgerufen am: 31.07.2025).

ioki (2021): Deutschlandweite Analyse der ÖPNV-Abdeckung mit Fokus auf dem ländlichen Raum; Link: <https://ioki.com/deutschlandweite-analyse-der-oepnv-abdeckung/> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Kenneth E. Train (2009): Discrete Choice Methods with Simulation, Second Edition, Cambridge University Press, Second Edition, Cambridge University Press. Link: <https://www.cambridge.org/core/books/discrete-choice-methods-with-simulation/49CABD00F3DDDA088A8FBFAAAD7E9546> (letztmalig abgerufen am: 31.07.2025).

Mark A. Andor, Andreas Gerster, Kenneth T. Gillingham and Marco Horvath (2020): Running a car costs much more than people think – stalling the uptake of green travel, A Comment published in Nature 580, 453–455 (2020); Link: <https://digitaldealership.com/wp-content/uploads/2023/06/Vehicle-Running-Costs.pdf> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Martin Randelhoff (2023): Durchschnittliche Abweichung zwischen geschätzten und realen Gesamtkosten eines Autos pro Monat: 161 Euro; veröffentlicht auf Zukunft Mobilität; Link: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/173749/analyse/autokosten-monat-real-geschaetzt-diskrepanz> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

McKinsey (2022): The road to affordable autonomous mobility. Geschrieben von: Kersten Heineke, Ruth Huess, Philipp Kampshoff, Ani Kelkar und Martin Kellner; Link: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-road-to-affordable-autonomous-mobility#/> (letztmalig abgerufen am: 13.10.2025).

Mobilität in Deutschland – MiD (2017): Ergebnis; Link: https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Mobilität in Deutschland – MiD (2023): Ergebnis; Link: https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2023_Kurzbericht.pdf (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

OECD / International Transport Forum (2015): Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic; Link: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2015/03/urban-mobility-system-upgrade_g17a2802/5jlwvzdk29g5-en.pdf (letztmalig abgerufen am: 28.11.2025).

PwC (2025): Robo-Bus-Radar 2025. Transformation voraus – voll automatisierte Fahrzeuge stehen im deutschen ÖPNV vor dem Durchbruch. Autoren: Maximilian Rohs, Gabriel Flore, Eduard Ehmann. Link: <https://www.pwc.de/de/branchen-und-markte/oeffentlicher-sektor/pwc-robo-bus-radar-2025.pdf> (letztmalig abgerufen am: 13.10.2025).

Prognos (2025): Modelllandschaft; Link: <https://www.prognos.com/de/modelllandschaft> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).



Raumordnungsprognose 2045 (2024): BBSR-Analysen KOMPAKT 13/2024, Bevölkerungsprognose – aktualisiert anhand der Ergebnisse des Zensus 2022; Link: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2024/ak-13-2024-dl.pdf;jsessionid=B5BE50C9B704C51F05C58F5F05E61753.live21304?_blob=publicationFile&v=4 (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Umweltbundesamt (2024): Methodological Convention 3.2 for the Assessment of Environmental Costs Value Factors, Version 10/2024; Link: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/methodological_convention_3_2_value_factors_bf.pdf (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Umweltbundesamt (2025): Emissionen des Verkehrs; für das Bundesministerium für Digitales und Verkehr; Link: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#verkehr-belastet-luft-und-klima-minderungsziele-der-bundesregierung> (letztmalig abgerufen am: 30.07.2025).

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2019): Verkehrserschließung, Verkehrsangebot und Netzqualität im ÖPNV, VDV-Schrift 4, 01/2019.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2025): Leistungskostengutachten: Das Deutschlandangebot; Link: <https://www.vdv.de/vdv-leistungskostengutachten-das-deutschlandangebot.pdf> (letztmalig abgerufen am: 29.10.2025).

Verkehrsministerium Baden-Württemberg (2024) – Ergebnisdokumentation Mobilitätsgarantie. Link: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/Ergebnisdokumentation_Mobilitaetsgarantie_barrierefrei.pdf (letztmalig aufgerufen am: 24.07.2025).

