



---

19. Wahlperiode

## **Ausschuss für Wohnen, Bau und Verkehr**

42. Sitzung

Dienstag, 5. Mai 2026, 14:00 bis 16:42 Uhr

### **Anhörung**

### **„Autonomes Fahren“**

**Inhalt**

Sachverständige .....	3
Fragenkatalog .....	4
Anlagen .....	5
Anhörung gemäß § 173 der Geschäftsordnung für den Bayerischen Landtag „Autonomes Fahren“ .....	6

## Sachverständige

**Dr. Maik Böres**

Grundsatz Politik und Außenbeziehungen, Unternehmensprotokoll der BMW Group

**Thomas Drewes**

Leiter Autonomes Fahren der DB Regio Straße

**Gert Hildebrand**

Automobildesigner

**Oliver May-Beckmann**

Geschäftsführer des Zukunftsclusters MCube an der TU München

**Dr.-Ing. Julia Kinigadner**

Mitglied des Strategieteams des Zukunftsclusters MCube an der TU München

**Dr. Jörg Rheinländer**

Vorstandsmitglied bei der HUK-COBURG

**Dr. Reinhard Stolle**

Stellvertretender Institutsleiter am Fraunhofer IKS

**Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki**

Leiterin des Labors für Vehicle to X Technologien an der Hochschule Coburg, Fakultät Maschinenbau und Automobiltechnik

## Fragenkatalog

### Für den motorisierten Individualverkehr und für den ÖPNV:

- I. Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektive
- II. Risiko und Sicherheit
- III. Rechtlicher Rahmen, insbesondere Haftungsfragen
- IV. Ausbau der Infrastruktur, Einfluss auf Verkehrs- und Stadtplanung
- V. Ethik und Akzeptanz des autonomen Fahrens
- VI. Partnerschaften und Modellprojekte zwischen Unternehmen und öffentlichen Trägern, Erfahrungen aus Pilotprojekten oder Best Practice Beispielen
- VII. Nötige Forschungsinvestitionen auf Landesebene
- VIII. Internationale Harmonisierung (der Vorschriften)

## Anlagen

Anlage 1 Stellungnahme DB Regio Straße .....	48
Anlage 2 Stellungnahme Gert Hildebrand .....	199
Anlage 3 Stellungnahme Prof. Dr. Lucila Patino Studencki .....	201
Anlage 4 Stellungnahme Dr. Jörg Rheinländer .....	204
Anlage 5 Stellungnahme Dr. Reinhard Stolle .....	219
Anlage 6 Stellungnahme TU München .....	223

(Beginn: 14:00 Uhr)

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Meine sehr verehrten Damen und Herren! Ich begrüße Sie zur Sitzung des Ausschusses für Wohnen, Bau und Verkehr. Wir führen heute eine Anhörung zum Thema "Autonomes Fahren" durch. Wir haben einen Zeitrahmen zwischen 14:00 Uhr und 17:00 Uhr, den wir nicht ausreizen müssen. Wir können das aber gerne tun.

Ich stelle fest, wir haben frist- und ordnungsgemäß geladen. Die Aufnahmegenehmigung für Presse, Funk, Fernsehen und Fotografen wird gemäß § 140 der Geschäftsordnung erteilt, es sei denn, es wäre jemand nicht damit einverstanden. – Das sehe ich nicht.

Ich begrüße unsere Sachverständigen. Ich habe vorhin schon gesagt, es ist für mich ein tolles Bild, wenn ich die TU aus München neben meiner heimischen Hochschule aus Coburg sehe. Die Verbindung zwischen Stadt und Land ist sehr gelungen. Das freut mich außerordentlich. Herr Dr. Rheinländer, ich verhehle nicht, dass ich auf Ihre Ausführungen sehr gespannt bin. Als mir Ihre Mitarbeiter Herr Axt und Herr Liebhardt mitgeteilt haben, auch die Versicherungsbranche würde sich für autonomes Fahren interessieren, war ich sehr überrascht und konnte mir das gar nicht vorstellen. Seien Sie mir umso mehr begrüßt. Ich bin sehr gespannt.

Zum Ablauf: Unsere Sachverständigen haben in den ersten fünf Minuten Zeit, ihre grundsätzlichen Thesen vorzutragen. Dann kommen wir zu den insgesamt acht verschiedenen Themen, zu denen Sie noch einmal Ihre Aussagen vertiefen können. Die Kolleginnen und Kollegen des Landtags werden Ihnen möglicherweise auch Fragen dazu stellen.

Mir ist es immer ein großes Anliegen, dass Sie hinter jeder Aussage, die Sie treffen, immer gleich sagen: Was kann denn der Freistaat Bayern ganz konkret für Ihr Anliegen leisten? Was kann der Freistaat Bayern ganz konkret leisten, um das Thema "Autonomes Fahren" nach vorne zu bringen?

Ich habe vorhin formuliert, möglicherweise sind wir als Freistaat Bayern oder als Bundesrepublik Deutschland ein bisschen spät dran. Herr May-Beckmann von der TU München hat mir mitgeteilt, das wäre so nicht. Ich bin sehr gespannt, was Sie uns zu sagen haben.

Ich möchte Sie nochmals darauf hinweisen, dass es heute eine öffentliche Sitzung ist und es einen YouTube-Kanal gibt. Alle Wortbeiträge und Stellungnahmen werden in ein Wortprotokoll aufgenommen. Das wird veröffentlicht.

Ich begrüße Sie alle nochmals sehr herzlich. Wir steigen in unsere Tagesordnung ein, und ich darf Herrn Dr. Maik Böres, Grundsatz Politik und Außenbeziehungen, Unternehmensprotokoll der BMW Group, das Wort erteilen.

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Herzlichen Dank, Herr Vorsitzender Baumgärtner. Herzlich willkommen auch alle Zuhörenden! Grundsätzliches Statement: Automatisiertes Fahren ist eine schrittweise Entwicklung bei uns in der Automobilindustrie. Wir haben uns schon vor Jahren auf den Weg gemacht. Wir haben auch massiv in das Thema investiert, und wir haben als BMW Group die jetzt eingeführte DCAS-Regulierung, nach der man quasi mit einem Level-2-System, Level-2+-System, wie wir das nennen, hands-off fahren kann, vorangetrieben. Wir hatten eine Sondergenehmigung des Landes Deutschland. Wir haben auch dafür gesorgt, dass wir diese Systeme jetzt europaweit zulassen können. Wie gesagt, es ist ein schrittweiser Approach für uns.

Viele wissen das vielleicht nicht, deshalb wiederhole ich es nochmal, Level 2 generell ist assistiertes Fahren. Der Mensch ist der Fahrer und bleibt in der Verantwortung. Wenn wir dann in höhere Automatisierungslevel wie Level 3 gehen, dann gibt es einen Übergang von der Verantwortung von dem Fahrer auf das Fahrzeug. Das heißt, das Fahrzeug übernimmt die Fahraufgabe. Das Fahrzeug und somit der Hersteller ist haftbar für alles, was dann passiert, wenn die Fahraufgabe übergeben wurde.

Wenn das Fahrzeug einer Aufforderung zur Übernahme wieder in bestimmten Verkehrssituationen an den Fahrer/die Fahrerin übergibt, gibt es eine bestimmte Karenzzeit, und der Fahrer/die Fahrerin muss wieder übernehmen. Bei Level-4-Systeme sind autonome Systeme. Da braucht es keinen Fahrer mehr, da kann das Fahrzeug alleine fahren.

Warum haben wir uns auf den Weg gemacht, automatisierte Systeme zu entwickeln? Wir folgen dem Grundsatz, ein automatisiertes System muss mindestens genauso gut sein wie ein menschlicher Fahrer, oder eben besser. Nach diesem Prinzip verfahren wir auch in der BMW Group. Wir entwickeln und bringen Systeme nur in Verkehr, wenn wir wissen, sie sind mindestens genauso gut bzw. wenn wir wissen, dass sie sicherer sind. Deshalb haben wir mittlerweile schon 180 Millionen Kilometer mit Level-2-Systemen abgespult. Wir haben einen enormen Datenpool, auf dem wir aufbauen können.

Der X3 – das werden Sie in München den Medien entnommen haben, das erste Fahrzeug der neuen Klasse – wird auch das erste Fahrzeug sein, das nach DCAS 171 eine L-2 hands-off-Option hat. Wir haben Level-3-Systeme im Angebot, aktuell im Siebener. Wir sehen aber, dass die Marktnachfrage nach höher automatisierten Systemen in Deutschland, in Europa nicht so gegeben ist, wie beispielsweise in asiatischen Ländern oder USA. Das hängt teilweise auch mit den Rahmenbedingungen und der Regulierung zusammen.

Wir haben uns also auf den Weg gemacht, wir machen einen schrittweisen Approach. Sicherheit ist für uns das Wichtigste, und diesen Weg beschreiten wir. – Danke schön.

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Vielen Dank. – Die Herausforderungen öffentlicher Mobilität sind heute Fahrermangel, Finanzierung und zu geringes Angebotsniveau, vor allem in ländlichen Räumen. Autonomes Fahren ist die Lösung dafür. DB Regio hat bereits tiefgreifende Praxiserfahrungen mit Level-4-Erprobungsverkehren in Deutschland aufgebaut, zum Beispiel im Projekt Kira. Level 4 bedeutet die Möglichkeit, fahrerlos im Flottengeschäft zu fahren. Diese Erfahrungen haben wir in unserer aktuellen Studie "Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von morgen" eingebracht. Darin berechnen wir mit namhaften Experten die Auswirkungen der unterschiedlichen Einsatzszenarien der Technologie in unserem Mobilitätssystem, und zwar im Zielbild.

Die Ergebnisse sind: Der privatwirtschaftliche Einsatz von Robotaxis würde zu erheblichem Mehrverkehr von bis zu 40 % in unseren Metropolen führen. Das würde zum Beispiel in München durchgehenden Stau zu Rush Hour bedeuten. Gleichzeitig würden Ticketeinnahmen im öffentlichen Nahverkehr zurückgehen, und der zusätzliche staatliche Finanzierungsaufwand würde steigen.

Auf dem Land allerdings kämen keine privatwirtschaftlichen Robotaxi-Angebote, weil sie dort nicht ausreichend profitabel betrieben werden können. Das macht klar, wir brauchen in Deutschland ein eigenes Konzept für das autonome Fahren.

Demgegenüber entstünde der größte Mehrwert für die Menschen, die Gesellschaft und die Wirtschaft dann, wenn wir die Technologie als Teil eines integrierten Mobi-

litätssystems einsetzen, bei dem autonome Fahrzeuge als Zubringer zu Bus und Zug fungieren und überall dort, wo sonst kein attraktives Angebot zustande käme, auch die Direktfahrt anbieten. Dann würde ein Mobilitätssystem entstehen, das überall in Bayern zu jeder Tages- und Nachtzeit einen schnellen Zustieg, kurze Wege und kurze Fahrzeiten ermöglicht.

Das Modell der Studie zeigt, dass es vom Mobilitätswunsch zu Hause bis zum Zustieg auf der Straße in der Metropole durchschnittlich fünf Minuten und im ländlichen Raum sogar auch nur 13 Minuten dauern würde.

Die Menschen fahren heute mit dem Auto. Daher haben wir das als Referenzwert für die Reisezeit genommen. In diesem Szenario ist die Fahrt mit dem öffentlichen Nahverkehr durchschnittlich nur 10 % länger als die Direktfahrt mit dem Pkw. Das Nahverkehrsangebot ist hier also genauso attraktiv wie der Pkw.

Das Modell in unserer Studie zeigt auch, dass die Menschen bei einer solchen Angebotsqualität bereit wären, mehr dafür zu bezahlen, sodass der Staat den ÖPNV sogar 20 % weniger bezuschussen müsste als heute. Menschen, die vom privaten Auto auf den ÖV umstiegen, könnten sogar 170 Euro im Monat sparen. Gleichzeitig würde in der deutschen Industrie ein 74 Milliarden-Markt für KI-gestützte Produkte entstehen. Fahrzeuge, Software, Services – davon könnte auch die deutsche Automobilindustrie profitieren.

Aber die Studie zeigt auch, wir müssen zuerst das Mobilitätsangebot auf ein völlig neues Niveau heben. Erst dann sind die Menschen auch bereit, dafür mehr zu bezahlen. Im ländlichen Raum haben wir so die Chance, die Lebensqualität durch Mobilität deutlich zu steigern.

Was müssen wir dafür tun? Wir müssen jetzt anfangen, die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen. Mehr Lebensqualität erfordert Handeln jetzt.

Erstens. Die Robotaxi-Angebote müssen in die bestehenden öffentlichen Angebote in den Metropolen integriert werden, damit sie einen Mehrwert bieten und keinen Schaden anrichten.

Zweitens. Im ländlichen Raum kommt das attraktive Angebot nicht von allein. Dort müssen wir in wenigen Modellregionen das neue Angebot mit den Menschen gemeinsam entwickeln.

In einer Modellregion braucht es eine deutliche Angebotsverbesserung, um die Nutzerfinanzierung zu erproben. Nur durch die stärkere Nutzerfinanzierung ist die notwendige Angebotsausweitung langfristig finanzierbar. Dafür muss das Gebiet der Modellregion groß genug sein, damit für eine relevante Anzahl der Menschen ein attraktives Angebot für ihre täglichen Wege entsteht.

Dann muss die Fahrzeuganzahl hoch genug sein, damit es attraktiv für die Hersteller und effizient gegenüber den Initialisierungskosten ist. Außerdem muss der Innovationsgrad hoch genug sein, damit neue Verkehrskonzepte für Linien- und On-Demand-Verkehre sowie Buchungs- und Preismodelle erprobt werden können. Dafür brauchen die ländlichen Modellregionen jetzt eine belastbare Transformationsplanung aus dem bestehenden System in das neue Mobilitätssystem. Frei werdende ÖPNV-Mittel reduzieren dann den Bedarf für eine Anschubfinanzierung.

Es ist aber klar, wenn eine Modellregion in Bayern entstehen soll, dann braucht es erhebliche finanzielle Mittel, die notwendig für den Angebotsausbau sind, der nicht kommunal finanziert werden kann, und die Nutzerfinanzierung setzt erst später ein, weil die Menschen sich zunächst an die Angebote gewöhnen müssen.

Wir als DB Regio bringen gerne unsere Expertise ein und stehen als lokaler Umsetzungspartner für den autonomen Flottenbetrieb in Bayern bereit. – Danke schön.

**SV Gert Hildebrand:** Ich möchte meine Stellungnahme zum Thema "Autonomes Fahren" bewusst zugespitzt formulieren. Autonomes Fahren kommt, ob wir vorbereitet sind oder nicht. Die entscheidende Frage ist nicht mehr ob, sondern wie schnell und wie gut Bayern darauf vorbereitet ist. Der aktuelle Zustand ist aus meiner Sicht unzureichend.

Politisches und strukturelles Versäumnis. Die größten Herausforderungen sind nicht technischer Natur, sondern politisch, rechtlich und ethisch. Ich glaube, da haben wir die richtigen Leute hier am Tisch. Im Moment fehlt es an klaren Entscheidungen, verbindlichen Zeitplänen und konkreten Umsetzungsmaßnahmen. Keyword ist hier zum Beispiel das Verfrachten von Kapazitäten in Pilotprojekten, eine typisch deutsche Krankheit, ich habe lange genug in der Industrie gearbeitet.

Zur Infrastruktur in Bayern: Bayern ist aktuell nicht vorbereitet. Ohne geeignete Infrastruktur wird autonomes Fahren weder effizient noch sicher funktionieren. Hier besteht akuter Handlungsbedarf. Sie haben gefragt: Was können wir oder was kann ich Bayern empfehlen vorzunehmen? Ich empfehle deshalb ein sofortiges Moratorium zur Flächensicherung. Zentral gelegene Flächen dürfen nicht weiter unkoordiniert bebaut oder verkauft werden. Insbesondere sind ehemalige Bahnflächen zu sichern, weil wir als Staat Zugriff auf diese haben, sowie ehemalige Militärfelder. Das wird sich jetzt bei dem Kriegsgetöse unserer Regierungen erübrigen. Innerstädtische Areale wie Großmarkt-, Schlachthof- und Industrieflächen müssen gesichert werden, um später das autonome Fahren infrastrukturell zu sichern.

Aufbau eines flächendeckenden Netzes an Logistik- und Mobilitätshubs. Diese müssen strategisch geplant werden, zum Beispiel an Autobahnen große Logistikflächen für autonomen Fernverkehr (Lkw), Umschlagplätze zwischen autonomen und konventionellen Transportketten, Lade-, Tank- und Wartungsinfrastruktur.

In urbanen Räumen wie München: Hubs an Bahnhöfen und Verkehrsknotenpunkten, was gerade angesprochen wurde, innerstädtische Verteilzentren für die "letzte Meile", Flächen bei großen Unternehmens- und Industrieumschlagplätzen.

Konkrete Infrastrukturbausteine könnten sein: Park- und Wartezonen für autonome Fahrzeuge, definierte Übergangspunkte zwischen autonomem und fahrergeführtem Verkehr, Service- und Wartungszentren, konsequenter Ausbau der Lade- und Energieinfrastruktur.

Das Ganze hat natürlich nicht nur infrastrukturelle Konsequenzen, sondern auch Konsequenzen am Arbeitsmarkt. Massive Umbrüche im Arbeitsmarkt werden ignoriert. Die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt werden derzeit politisch unterschätzt: Wegfall von Arbeitsplätzen im Bereich Lkw-Fahrer, Bahnfahrer, Taxi- und Ride-Hailing-Dienste werden expandieren, Bus- und teilweise Bahnverkehr werden autonomisiert.

Gleichzeitig entstehen neuere Anforderungen an das Berufsbild: Betrieb und Wartung von Mobilitätshubs, Steuerung und Überwachung autonomer Systeme, Service- und Infrastrukturpersonal wird benutzt. Ohne frühzeitige Umschulungs- und Qualifizierungsprogramme drohen strukturelle Verwerfungen am Arbeitsmarkt.

Fazit: Jetzt handeln oder dauerhaft ins Hintertreffen geraten. Bayern hat aktuell noch die Chance, eine führende Rolle einzunehmen. Ohne sofortige Maßnahmen bei Flächensicherung, Infrastrukturplanung und Arbeitsmarktstrategie wird eventuell diese Chance verspielt.

Ich empfehle daher: sofortige politische Priorisierung des Themas – das ist heute wohl geschehen –, verbindliche Zeitpläne, die gemeinschaftlich aufgebaut werden müssen, konkrete Flächensicherungsprogramme, das Wichtigste, und eine integrierte Gesamtstrategie aus Infrastruktur, Wirtschaft und Arbeitsmarktpolitik.

Die globale Realität ist auch ein wichtiges Element. Es ist nicht nur Bayern. Waymo hat in den USA bereits 100.000 bezahlte Fahrten pro Woche im autonomen Fahren, nicht in Simulation, sondern im echten Stadtverkehr von Phoenix, San Francisco und Los Angeles. Wir müssen anerkennen, der Proof of Concept ist global längst erbracht. Schauen wir uns die zwei Pole an, die uns davonrennen: USA, die aggressive Skalierung. Waymo, Google, Zoox, Amazon skalieren jetzt, in San Francisco ist das Robotaxi so normal wie bei uns ein Linienbus.

Der entscheidende Punkt ist, sie haben den Sicherheitsfahrer entfernt, das Geschäftsmodell funktioniert nur so. Sie expandieren jetzt nach Atlanta und Austin, das ist die Phase 2, die Marktdurchdringung.

China ist die zweite staatliche Wucht. Schauen Sie nach Wuhan und Peking. Firmen wie Baidu, Apollo oder pony.ai betreiben Flotten von über 1.000 Fahrzeugen. Dort passiert etwas, das wir fürchten müssen, die massive Integration in die Infrastruktur. Die Stadt spricht mit dem Auto. Wenn Baidu ein neues Viertel erschließt, wird die Ampelschaltung digital angepasst. Das ist ein Systemvorteil.

Fazit: Die Welt wartet nicht auf deutsche Spaltmasse, die Welt setzt auf Softwaregeschwindigkeit und operative Skalierung. Und Bayern? Wir haben eine paradoxe Situation. Das Gute, wir haben mit dem Projekt MINGA in München eines der ambitioniertesten Projekte Europas. Hier sollen autonome Busse mit MAN und Ebusco und On-demand-Shuttles mit VW ID. Buzz in den echten ÖPNV integriert werden. Das ist technisch exzellent.

Das Problem: Wir leiten an "Pilotitis". Wir machen Pilotprojekte, werten sie aus, und dann hören wir auf. Beispiel Bad Birnbach. Das war jahrelang unser Leuchtturm für autonome Busse im ländlichen Raum. Ab Ende 2024 wurde der autonome Betrieb der Linie 7016 eingestellt. Der Unterschied: Während Waymo in den USA Milliarden investiert, um den Value of Death der Kommerzialisierung zu überbrücken, beenden wir Projekte, sobald die Förderperiode vorbei ist. Wir haben die Technologie auf der A9 getestet, aber wir haben kein Geschäftsmodell in der Innenstadt.

Der Bayernplan: Die konkreten Maßnahmen. Wie verhindern wir, dass Bayern nur der Hardware-Lieferant für amerikanische Software wird, also BMW für Zoox? Wir müssen die globalen Lehren direkt auf Bayern übertragen.

Hier sind drei konkrete Forderungen: Mut zur großen Flotte, Lerneffekt aus China. Wir müssen aufhören, zwei oder drei Shuttles zu testen. Das bringt keine statistische Relevanz.

Forderung: Bayern braucht eine Flotteninitiative 500 plus. Wir müssen staatlich incentivieren, dass in München oder Nürnberg nicht fünf, sondern 500 autonome Fahrzeuge gleichzeitig operieren. Nur so lernen die KI und die anderen Verkehrsteilnehmer, miteinander umzugehen. Skalierung ist kein Schritt nach der Sicherheit, sie ist Voraussetzung für die Reife der KI.

ÖPNV-Integration statt Nischenlösung. Das Projekt MINGA ist der richtige Ansatz, muss aber radikaler gedacht werden.

Forderung: Autonome Shuttles dürfen nicht nur Zubringer am Stadtrand sein. Wir brauchen autonome Korridore auf Hauptverkehrsadern, zum Beispiel vom Flughafen München in die City oder auf dem Mittleren Ring. Wenn wir Level 4, wie schon gesagt, fahrerlos, gesetzlich dürfen – und wir dürfen es –, dann müssen wir Strecken definieren, wo wir es auch tun.

Waymo gewinnt, weil sie die besten Daten haben. Forderung. Eine Bavarian-Mobility-Cloud, die zur Bedingung für Lizenzen wird. Wer in Bayern autonom fahren will, ob Tesla, Google oder BMW, muss die sicherheitskritischen Daten, Glätteis, Hindernis, anonymisiert in einen Pool geben, von dem auch unsere Start-ups und Kommunen profitieren. Wir tauschen Marktzugang gegen Daten.

Abschluss: Danke, dass Sie zugehört haben. Call to Action: Exzellenz ist die Forschung. Exzellenz in der Forschung reicht nicht mehr. Wir haben in Bayern die Autos, BMW, Audi, MAN, und wir haben die klügsten Köpfe in der TUM, auch in der Hochschule Coburg natürlich.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Da haben Sie gerade noch einmal die Kurve bekommen.

**SV Gert Hildebrand:** Deshalb darf ich auch länger reden. Coburg muss ich lesen, ich weiß nicht, ob man es mit K oder C schreibt. Ich bin Alemanne. Ich darf das. Humor meine ich.

Aber wenn wir nicht den Mut aufbringen, die Technologie im großen Stil mit allen Risiken und Lernkurven auf unsere Straßen zu lassen, dann werden wir in fünf Jahren Waymo-Taxis durch München fahren sehen, statt eigene Lösungen. Lassen Sie uns vom Testen ins Betreiben kommen. – Danke für das Zuhören, meine Damen und Herren.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Herr Vorsitzender Baumgärtner, liebe Abgeordnete, liebe Kolleginnen und Kollegen! Vielen Dank für die Einladung. Ich bin heute mit meiner Kollegin Dr. Kinigadner hier. Wir leiten an der TU München den MCube Cluster, einen von Deutschlands größtem Mobilitätscluster. Wir bauen im Augenblick das Deutsche Zentrum für Mobilität in München auf. Wir sind Teil der MZM-Initiative. Wir freuen uns, heute aus diesem ganzen Kosmos ein bisschen aus unserer Perspektive zu berichten, was autonomes Fahren in Deutschland, in Bayern, in München betrifft, woran wir gerade arbeiten und was genau die Ziele wären, was unsere Forderungen wären, wo die Politik unterstützen kann.

Wir möchten direkt mit einer klaren These einsteigen. Autonomes Fahren – ich glaube, da schließen wir an das an, was wir gerade gehört haben –, ist keine Frage mehr der reinen Technologie und wann es kommt. Es wird kommen, es ist eine Frage, ob wir es in den Betrieb und in unsere Systeme bekommen.

Da ist auch die Anforderung, die wir haben, wir brauchen ein eigenes deutsches Verständnis und System für autonomes Fahren, was wir damit machen wollen, was die Anwendungsfälle sind. Wir sprechen viel über autonomes Fahren, aber es sind unterschiedliche Verständnisse zwischen Robotaxi, MIV – mein PKW, in dem ich sitzen kann – bis zum ÖPNV. Es sind unterschiedliche Themen. Wir müssen Klarheit hineinbringen, um ein System und ein Verständnis in Deutschland zu bekommen, wo wir denn hinwollen.

Genau an dieser Stelle entscheidet sich dann auch, ob Deutschland und Bayern gestalten oder irgendwann nur verwalten will, wenn in fünf Jahren die Waymos hier fahren werden. Über und Momenta klingeln schon an der Tür. Sie wollen dieses Jahr in Bayern anfangen zu fahren. Deswegen ist es nun wirklich eine Frage der Zeit.

Wir haben ein paar Punkte für den Einstieg mitgebracht. Vor allen Dingen würde ich gleich erst einmal zu Dr. Julia Kinigadner übergeben, die in den letzten Jahren systematisch diese ganzen Pilotprojekte und Testfelder, die wir in Deutschland hatten, analysiert hat. Die Ergebnisse sind sehr klar und auch sehr ehrlich. Wir haben eine Vielzahl von Projekten, hoch innovativ, immer technisch anspruchsvoll, international sichtbar. Aber was kommt dann?

Julia, ich würde zu Dir übergeben.

**Dr.-Ing. Julia Kinigadner (TU München):** Vielen Dank, Oliver. Wir haben gerade schon gehört, was in China und in den USA passiert. Ich möchte ein bisschen darauf eingehen, wo wir gerade in Deutschland stehen. Wie gerade schon erwähnt, wir haben an der TUM knapp 60 Pilotprojekte aus den letzten zehn Jahren zum autonomen Fahren im ÖPNV auf der Straße ausgewertet. Die Diagnose ist recht eindeutig. Wie wurde es gerade genannt? "Pilotitis". Wir haben sehr viele weitestgehend voneinander isolierte Pilotprojekte, die zwar überall in Deutschland schön verteilt sind, aber woraus nicht das gesammelte, gebündelte Wissen entsteht. In den meisten Fällen oder eigentlich immer waren es reine Technologietests, wo dann ein bis zwei Fahrzeuge eingesetzt wurden, um zu sehen, wie das im Grunde funktioniert. Aber das ist natürlich noch sehr weit weg vom Regelbetrieb.

Was noch fehlt, sind Skalierungsstrategien für die Überführung in diesen Regelbetrieb, weil es den braucht, um wirklich Wirkung im Hinblick auf eine bessere Angebotsqualität im ÖPNV zu erzielen.

Aber man sieht schon – das ist vielleicht ein bisschen der Hoffnungsschimmer –, dass gerade bei neueren Projekten, was gerade schon angeklungen ist, größere Ambitionen da sind, also beispielsweise verschiedene Fahrzeugtypen. Wir haben von einem kleineren Fahrzeug über Shuttles für zehn Personen bis hin zu Solobussen Ambitionen in Projekten auch in Deutschland. Es gibt auch schon größere Flotten, also nicht nur ein bis zwei Fahrzeuge, sondern beispielsweise in Hamburg sollen bis zu 20 Fahrzeuge in ALIKE fahren. Natürlich sind es auch größere Geschwindigkeiten. Wir sind jetzt nicht mehr bei 20 km/h, sondern auch bei Geschwindigkeiten, die dann langsam für die Fahrgäste attraktiver werden.

Wichtig ist zu erwähnen, in all diesen Projekten handelt es sich immer nur um Erprobungsgenehmigungen. Das heißt, es ist immer ein Sicherheitsfahrer mit dabei. Es gibt aktuell beim Krafftahrt-Bundesamt noch kein Level-4-Typen-genehmigtes Fahrzeug, das man als ÖPNV-Anbieter kaufen könnte, dementsprechend auch noch keine Betriebsbereichsgenehmigung, um diese Fahrzeuge einzusetzen.

Wir können aber davon ausgehen, dass es in näherer Zukunft durchaus soweit sein wird, dass diese Fahrzeuge verfügbar sein werden. Deswegen der Punkt, dass es gar nicht mehr so sehr an der Technologie scheitert, sondern vor allem an der Frage, wie wir das System transformieren wollen. Es reicht nicht, nur autonome Fahrzeuge hinstellen, sondern es braucht ein ganzes Ökosystem, das drumherum aufgebaut werden muss, jetzt gesprochen natürlich auch ganz konkret für den ÖPNV. Es sind noch sehr viele Fragen offen, also Betrieb, Geschäftsmodelle, Finanzierung der Aufbauphase, Akzeptanz der Nutzergruppen, auch verschiedenen Nutzergruppen, Governance, Regulierungsfragen. Daher nochmal: Autonomes Fahren im ÖPNV ist kein Fahrzeugprojekt, sondern erfordert wirklich eine Transformation hin zu einem integrierten Gesamtsystem.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Danke, Julia. Darauf möchte ich kurz aufbauen. Es ist tatsächlich eine Frage, wenn wir unsere heimische Industrie anschauen; denn es geht nicht nur um Waymo und Baidu, sondern es geht um unsere Industrie. Es geht um MAN, um Mercedes, um VW, um die Deutsche Bahn,

Anwender, Hersteller und Industrieplayer, die wir hier haben, um die, mit denen wir Antworten finden müssen, damit in fünf Jahren nicht Waymo und Baidu den deutschen und europäischen Markt dominieren.

Unsere Antwort darauf aus der Wissenschaft in den nächsten Jahren ist das Deutsche Zentrum für Mobilität in München, was wir im Auftrag der Bundesregierung zum klaren Fokus autonomes Fahren für den ÖPNV dieses Jahr starten werden, weil gerade im ÖPNV das autonome Fahren aus unserer Perspektive, aus unserer Analyse, den größten Mehrwert haben wird. Industriepolitisch wurde es auch schon mit MAN beispielsweise genannt, die dabei sind, die Großbusse, die wir brauchen, zu bauen und zu automatisieren. Das ist aber nichts, was in den nächsten zwei Jahren serienfertig da sein wird. Das ist aber etwas, was wir mit einer Perspektive 2030 in München haben werden. Im MINGA-Projekt testen wir die ersten, das DZM wird auf MINGA aufbauen.

Auch kleinere Shuttle-Größen spielen eine Rolle, bis zur Mikromobilität für ältere Menschen, für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen, Mikromobilität, so etwas wie Rikschas beispielsweise, die autonom mit Fahrerzulassung im öffentlichen Raum Menschen von A nach B bringen können. Das ist etwas, was in Zeiten von Fahrmangel und Fachkräftemangel eine ganz große Rolle spielt, nicht nur in den Kosten, sondern auch in der Verfügbarkeit des Mobilitätssystems.

Zum Ende unser Appell: Wir haben in Bayern und in München die Hochschule Coburg, wir haben die TUM, wir haben die LMU, wir haben die Bundeswehruniversität. Wir haben unfassbar viele Forschungseinrichtungen, die spitze sind, Weltspitze. Wir haben die Industrie hier vor Ort, wir haben eine mutige Staatsregierung, wir haben Kommunen, die das alles in die Hand nehmen wollen. Wir haben die MVV und die MVG hier in München. Die MVG hat in einem MoU mit Berlin und Hamburg angefangen zu sagen, kein Gießkannenprinzip mehr, sondern wir müssen gezielt die großen Regionen als Pioniere positionieren, damit alle anderen im Windschatten mitreisen können.

Zu diesem Verständnis müssen wir hinkommen, dass wir nicht weiterhin mit der Gießkanne über 60 kleine Pilotprojekte über das ganze Land fördern, sondern dass wir gezielt, gebündelt Kommunen, Land und Bund dieses kraftvolle System so in die Position bringen, damit wir Antworten für den ÖPNV beispielsweise, für den Bus und die Integration des Busses in unseren öffentlichen Nahverkehr aufbauen können. Das kann passieren, das passiert aber nicht, wenn die eine Hand auf die andere Hand wartet, wenn alle drauf warten, bis die Bundesregierung Modellregionen erwähnt und vielleicht finanziert. Es reicht nicht, dass die Bundesregierung sagt, das ist Landessache, das ist eine Gemeinschaftsaufgabe.

Im letzten Jahr haben wir bei der IAA zusammen mit Ministerpräsident Söder als unserem Schirmherrn einen großen Round Table veranstaltet, um genau dieses Thema anzugehen und zu sagen, wir brauchen in Deutschland den Schulterchluss zwischen den Regionen und den Partnern, um gezielt wenige, kraftvolle Regionen aufzubauen, in denen diese Dinge hochskaliert werden können. Das wäre unsere Bitte an die Politik, an die Abgeordneten, das mit voranzutreiben und nicht zu warten, dass jemand anderes den ersten Schritt macht. – Vielen Dank.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Ich freue mich, hier sein zu dürfen. Ich schließe gleich an das an, was gerade gesagt worden ist, denn es ist auch unsere Sicht. Wir glauben, wir brauchen jetzt wenige kraftvolle Regionen. Wir brauchen Modellregionen. Wir brauchen sie in Bayern, weil Bayern eigentlich alle Zutaten hat. Wir sollten nicht zuschauen, sondern wir sollten mitgestalten. Wir brauchen Modellregionen sowohl im urbanen, im suburbanen als auch im ländlichen Raum, um autonomes Fahren vorwärtszubringen. Wir brauchen also keine Pilotbetriebe

mehr. Wir müssen in den Regelbetrieb mit dreistelligen Zahlen von Fahrzeugen hineingehen.

Dazu brauchen wir die Politik. Wir brauchen die Mobilitätsanbieter wie die Bahn. Wir brauchen die Industrie, und – ich werde es dann erläutern – wir brauchen die Versicherungswirtschaft dazu, was ein ganz wesentlicher Punkt ist.

Warum kommen wir dazu? Wir machen als Deutschlands größter Kraftfahrtversicherer schon viele, viele Jahre immer wieder Umfragen unter unseren Kundinnen und Kunden, aber auch insgesamt in der Bevölkerung. Diese sind repräsentativ. Wir haben 4.000 Menschen ab 16 Jahren befragt. Dieses Jahr haben wir es wieder gemacht. Wir machen das jährlich, wir veröffentlichen es.

Was wird bemängelt, oder was wird gewünscht, sagen wir es mal so? Man möchte gerne schneller in der Mobilität unterwegs sein. Man möchte letzten Endes zuverlässigere Mobilitätslösungen, flexiblere und kostengünstigere. Das ist genau der Punkt, wo wir hinkommen müssen. Deswegen finde ich die Ausführungen auch von Herrn Drewes so interessant, weil er gezeigt hat, dass das einfache Loslassen von autonomen Taxis nicht die Lösung sein kann, sondern dass man hier ein Gesamtkonzept braucht, um solche Systeme zu entwickeln, um den Wünschen der Bevölkerung nachzukommen.

Von da aus stellt sich dann die Frage: Ist es denn schon so weit? Sind wir so weit? Aus unserer Sicht sind wir so weit. Man kann es in San Francisco besichtigen. Es sind tausend Fahrzeuge, die sich dort bewegen. Waymo hat öffentlich zugänglich Statistiken auf ihren Seiten. Mehr als 80 % weniger Unfälle als bei Normalfahrenden. Das ist ein riesiges Wort. Wenn wir da wären, wäre das eine Sensation. Denken Sie an die Verletzten auf der Straße, die wir weniger hätten. Das wäre tatsächlich eine Sensation. Diese Fahrzeuge sind also sicher.

Die Risiken sind andere. Die Risiken gehen weg vom Fahrenden hin zum System. Software und Technik sind es letztendlich, die versagen können, Algorithmen falsch programmiert sind. Das heißt, wir haben ein anderes Risikogeschehen. Das ist auch schon angesprochen worden. Wir brauchen also andere Daten, um das beurteilen zu können, auch um es verbessern zu können, um es vorab einschätzen zu können, was da fährt. Wenn wir das haben, dann können wir da auch hineingehen.

Dann fragt sich jeder – und das ist eigentlich wahnsinnig schön –, warum wir eigentlich die Versicherung brauchen. Das ist eine sehr spannende Frage. Sie müssen sich einmal einen Moment lang vorstellen, es gibt die Kraftfahrthaftpflichtversicherung in Deutschland nicht. Es gibt sie nicht. Jetzt stehen Sie vor der spannenden Frage, Sie gehen an die nächste Ampel und der rollende Verkehr kommt auf Sie zu. Wissen Sie, ob der anhält, die oder der Fahrende, und ob er dann solvent ist und, falls er sie überfährt, ob sie dann eine Heilbehandlung kriegen.

Das ist eine schwierige Frage. Für uns stellt sich die nicht, weil es selbstverständlich ist. Die gesamte Kraftfahrthaftpflichtversicherung ist in Deutschland aus Sicht der Unfallopfer gebaut. Sie ist komplett technikneutral. Das ist ein Riesenvorteil. Wir haben diese Diskussion im angelsächsischen Raum immer gehabt. Haben wir jetzt Beispiele für Produkthaftpflicht? Nein, brauchen wir in Deutschland nicht.

In Deutschland ist es so, dass sowohl dann, wenn der Fahrer/die Fahrerin einen Unfall verursacht, aber auch wenn das System einen Unfall verursacht, dann die Kfz-Haftpflichtversicherung einspringt, das Unfallopfer direkt entschädigt und, wenn etwas ist, beim Hersteller Regress nimmt. Das gab es schon in der alten Welt.

Vor ungefähr 20 Jahre hatten wir einen Fahrzeughersteller, die hier vermutlich nicht anwesend sind, jedenfalls habe ich keinen identifiziert, der ein Problem mit einrastenden Lenkradschlössern im fahrenden Betrieb hatte. Sie können sich vorstellen, was passiert. Sie fahren in eine Kurve auf der Landstraße, dann rastet das Lenkradschloss ein, das ist eine spannende Situation.

Dann wird das Unfallopfer erst einmal durch uns entschädigt, aber danach gehen wir auf den Hersteller zu und holen Regress. Sie müssen bei einem solchen System Produkthaftpflicht als Opfer darlegen, wo der Fehler war. Überlegen Sie sich das beim autonomen Fahrzeug, das geht nicht.

Deswegen haben wir einen unglaublichen Glücksfall. Aus dem angelsächsischen Raum werden wir darum beneidet. Die deutsche Kfz-Haftpflichtversicherung ist exakt schon vor vielen, vielen Jahrzehnten so gebaut worden, wie es das autonome Fahren braucht.

Das wird für gesellschaftliche Akzeptanz sorgen, weil wir letzten Endes keine Unfallopfer liegen sehen werden, sondern sie werden versorgt werden. Deswegen ist es ganz wesentlich. Für uns bedeutet das aber auch neue Risiken, aus der Technik heraus, auch Cyberrisiken. Stellen Sie sich eine Flotte autonomer Fahrzeuge vor, die gehackt wird und die zum Beispiel von Hackern mehr oder weniger den Befehl bekommen, einen Meter nach links in den fließenden Verkehr hineinzuziehen, alle Fahrzeuge zugleich. Sie können sich vorstellen, was dann los ist. Das heißt, es gibt weitere Risiken.

Die Versicherungswirtschaft kann das durch Rückversicherung stemmen, durch Solvenzanforderungen, die wir alle haben, durch Kapitalisierung, durch Verkehrsofferhilfe usw. Wir sind passend dafür aufgestellt. Wir brauchen dafür unfallrelevante, sicherheitsrelevante Daten. Diese müssen natürlich systematisch aufgebaut werden, diskriminierungsfrei zur Verfügung stehen, das ist auch schon hier genannt worden. Dann läuft das vom Prinzip.

Infrastruktur ist auch schon genannt worden. Diese braucht es letzten Endes auch. Deswegen empfiehlt es sich, auch wieder anknüpfend an das erste, Modellregionen aufzurüsten, um in das Thema hineinzukommen.

Von daher noch einmal zusammenfassend: Bayern ist aus meiner Sicht perfekt aufgestellt, weil es einerseits Flächenstaat ist, andererseits starke Zentren wie München und ländliche Regionen wie Coburg hat, was früher auch einmal mit "K" geschrieben wurde. Es ist von daher gut aufgestellt, um Modellregionen hochzufahren, und zwar aus meiner Sicht im Schulterschluss von Land, Politik, Industrie, Mobilitätsanbietern und von der Versicherungswirtschaft. – Danke.

**SV Dr. Reinhard Stolle (Fraunhofer IKS):** Herzlichen Dank für die Einladung. Ich komme vom Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme. Unser Forschungsschwerpunkt ist die Erforschung sicherer KI-Systeme, insbesondere also KI-Systeme sicher zu entwickeln und auch diese Sicherheit nachzuweisen. Da autonomes Fahren eine Anwendung von KI ist, möchte ich jetzt meine Stellungnahme auf das Thema "Sicherheit des autonomen Fahrens" fokussieren.

Wir haben eine große Chance in der Beherrschung der Sicherheit, in Bayern eine Innovationsforschung zu erarbeiten. Wir haben jetzt schon mehrfach darüber gesprochen, dass die Sicherheit auch eine Grundlage für die Skalierung ist und dass wir von der Entwicklung in den Betrieb kommen müssen. Dazu ist die Sicherheit eine Voraussetzung.

Selbst ohne KI ist das Automobil ein sicherheitsrelevantes System, und deshalb ist Sicherheit wichtig. Es gibt dazu Standards, normiertes Entwicklungsvorgehen und

natürlich auch die Homologation. Durch die KI kommt eine zusätzliche Quelle der Unsicherheit hinzu. KI macht Fehler. Das wissen Sie alle, wenn Sie Ihren beliebten Chatbot verwenden. Es steht unten: Vorsicht, KI macht Fehler. Insbesondere macht die KI Fehler, die wir Menschen nicht machen würden.

Jetzt möchte ich gerne die Sicherheit oder die Unsicherheit, die die KI bringt, wie KI ins autonome Fahren kommt, an diesen beiden Beispielen betrachten, einmal der inkrementelle Ansatz, also das Privatfahrzeug, wie es Herr Böres erklärt hat, inkrementell die Fahrerassistenzsysteme verbessert werden, so lange, bis irgendwann die Hochautomatisierung so weit ist, dass man das autonom nennen könnte.

Das Zweite ist der disruptive Ansatz, Beispiel Waymo, wo man beim Robotaxi im Mobilitätsdienst Level 4 die Sicherheit dadurch gewinnt, dass man das Anwendungsgebiet entsprechend einschränkt.

Im Privatfahrzeug gibt es bestehende Normen, neuester Einsatz von der KI. Da ist ein Forschungsbedarf. Je höher automatisiert das Fahrzeug ist, umso mehr KI ist da drin. Dazu gibt es im Moment immer noch wenig Ergebnisse, wenig Normen und wenig Standards, wenig einheitliches Vorgehen. Noch wesentlicher ist es beim Thema "Robotaxi". Dort gibt es keine Standards, kein einheitliches Vorgehen. Im Wesentlichen stehen in der öffentlichen Wahrnehmung Unfälle pro Kilometer im Vordergrund, also Statistiken, die Symmetriken, oder wenn ein Sicherheitsfahrer drin ist, wie oft der Sicherheitsfahrer pro gefahrenen Kilometer eingreifen musste.

Was man wenig sieht, was aber sehr wichtig wäre, ist, dass man genau wie beim Fahrzeug im Privatverkehr über die Technik argumentiert, über den Entwicklungsprozess, über eine Analyse der Risiken im Einsatz und wie diese Risiken vermieden und mitigiert werden, also in der Entwicklung und in der Inverkehrbringung dieses Fahrzeugs und nicht nur retrospektiv dann zu messen, wie viele Unfälle da waren. Bei Waymo ist das transparent, das kann man vorbildlich nachlesen. Aber es ist eine Eigenbewertung und nicht gemäß einem Standard.

Aus zwei Gründen ist es für Bayern wichtig, einmal weil Bayern durch seine Innovationen im Automobilbereich bekannt ist, insbesondere auch sichere Produkte zu machen, dann speziell auch wegen des Bedarfs, der jetzt auch schon mehrfach angesprochen wurde. Wir haben diesen ländlichen Raum, wo sich der privatwirtschaftliche Einsatz von diesen Robotaxis erst einmal nicht lohnt. Deshalb ist es ganz wichtig, dass man eine geeignete Brücke zum ÖPNV schlägt und das Robotaxi als geeignete Ergänzung zum ÖPNV sieht, wie es Herr Drewes eindrucksvoll dargelegt hat.

Zusammenfassend wäre mein Vorschlag, eine stärkere Förderung der Forschung an der Sicherheit von Systemen mit künstlicher Intelligenz, insbesondere autonomes Fahren. Das hätte zwei Vorteile, einmal Förderung der bayerischen Industrie, da selbst aktiv zu werden und nicht andere Player beim autonomen Fahren in Bayern zu sehen, und auch den Bedarf im ländlichen Raum zu adressieren. – Danke.

**Sve Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Vielen Dank für die Einladung, an dieser Anhörung im Namen der Hochschule Coburg teilzunehmen. Wie schon erwähnt, bin ich Professorin an der Hochschule Coburg im Bereich Fahrzeugkommunikation für das autonome Fahren. In den vergangenen Jahren habe ich mich in der Forschung intensiv mit dem Einsatz autonomer Fahrzeuge auch in Pilotprojekten befasst.

Heute möchte ich folgende These in den Raum stellen: Der frühe Einsatz autonomer Fahrzeuge im ÖPNV ist technisch realistisch und gesellschaftlich sinnvoll,

erfordert jedoch geeignete Infrastruktur, Erprobungsräume und einen innovationsfreundlichen Rechtsrahmen. Lassen Sie mich diese These kurz begründen.

Aktuelle internationale Studien – das wurde schon mehrmals erwähnt – stellen fest, dass die am schnellsten wachsenden Anwendungsfelder des autonomen Fahrens nicht im individuellen Verkehr liegen, sondern insbesondere im Bereich autonomer Busse und Robotaxis. Gerade im ÖPNV sind die Einsatzbedingungen meist strukturierter und damit für den frühe Einsatz von autonomen Systemen besonders geeignet.

Auch wenn autonome Verkehrsangebote nicht immer kurzfristig wirtschaftlich sind, entfalten sie einen hohen gesellschaftlichen Nutzen, insbesondere durch eine bessere Anbindung von ländlichen Regionen an Arbeitsplätze, Bildung sowie Kultur- und Freizeitangebote.

Aus technischer Sicht sehe ich drei zentrale Treiber für den Einsatz autonome Fahrzeuge im ÖPNV.

Erstens, die Infrastruktur. Es ist notwendig, gezielt in die Infrastruktur zu investieren. Dabei geht es nicht nur um digitale Kommunikation, sondern auch um physische und organisatorische Maßnahmen wie etwa Leitsysteme oder priorisierte Fahrspuren. Autonome Buslösungen sind flexibler und kostengünstiger als Schieneninfrastruktur und ermöglichen beispielsweise eine temporäre Nutzung von Fahrspuren zu Pendlerzeiten.

Zweitens, geeignete Test- und Erprobungsmöglichkeiten in großem Rahmen, keine "Pilotitis". Viele Verkehrssituationen können technisch noch nicht vollständig beherrscht werden. Wir müssen weiter in KI investieren. Weiterhin müssen wir robuste und zuverlässige Algorithmen entwickeln, doch um Fortschritte zu erzielen, sind reale Erfahrungen unerlässlich.

Gleichzeitig lassen sich Risiken durch geeignete infrastrukturelle Maßnahmen oder eine klare Definition der Einsatzbedingungen deutlich reduzieren. Praxisnahe Erprobungsräume sind daher entscheidend, um sowohl die Technik weiterzuentwickeln als auch Vertrauen in die Gesellschaft auszubauen.

Drittens, wir brauchen einen innovationsfreundlichen rechtlichen Rahmen. Aus meiner Sicht sollten die rechtlichen Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung deutlich experimentierfreundlicher gestaltet werden. Zulassungen für Testbetriebe autonomer Systeme bis zur Automatisierungsstufe 4 sollten nach anderen Kriterien erfolgen als Zulassungen für den regulären Serienbetrieb. Wir sind noch nicht so weit, dass wir einen Serienbetrieb betreiben können. Dies würde Innovationen beschleunigen, ohne die erforderlichen Sicherheitsanforderungen zu vernachlässigen.

Wenn es gelingt, diese drei Treiber gezielt zu aktivieren, kann der autonome ÖPNV deutlich flexibler gestaltet und sein Einsatz in Deutschland beschleunigt werden. Autonome Bus- und Shuttle-Systeme können den Schienen- und Individualverkehr sinnvoll ergänzen und so zu einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Mobilität beitragen. – Vielen Dank.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank für die Ausführungen. Wir haben als Ausschuss schon wirklich unzählige Anhörungen durchgeführt. Wir hatten nie eine Anhörung, in der es faktisch keine Kontroverse gab. Im Kern formulieren Sie alle in die gleiche Richtung und sind sich in den wesentlichen Punkten wirklich übergreifend einig. Das ist für uns, die Politik machen, sehr erstaunlich.

Ich habe einige Gäste, die ich begrüßen darf. Ich begrüße die Vertreter von Momenta Europe GmbH, Herrn Sebastian Osswald. Herzlich willkommen! Ich begrüße die Vertreter von CONCILIUS. Wir begrüßen die Vertreter der Deutschen Bahn, Svetlana Drümmer, Angela Poppitz, Herrn Stefan Kühn. Ich begrüße den Konzernbevollmächtigten der Deutschen Bahn AG für den Freistaat Bayern a. D., Herrn Kollege Josel. Herzlich willkommen bei uns! Er ist ein alter Freund und Bekannter.

Ich begrüße die Kolleginnen und Kollegen der HUK, Herrn Bernd Liebhardt, Herrn Christian Axt, Herrn Michael Minich, die einen ganz wesentlichen Beitrag dazu geleistet haben, dass die Anhörung hier überhaupt stattfindet. Bis vor einigen Wochen war ich mir nicht ganz sicher, ob das ein Thema ist, bei dem wir noch einmal vertieft einsteigen müssten. Vielen Dank dafür.

Ich begrüße die Vertreter von INYO, Herrn Rauno Fuchs, und ich begrüße vom ADAC Südbayern Herrn Kollegen Sperber. Seien Sie mir also alle herzlich willkommen und begrüßt.

Ich würde in die Diskussion der Themenkomplexe einsteigen. Das funktioniert relativ einfach. Die Abgeordneten stellen ihren Experten die eine oder andere Frage. Wir haben für jedes Themenfeld ungefähr 16 Minuten. Ich würde beginnen.

Meine erste Frage geht an Herrn May-Beckmann. Sie haben formuliert, dass wir bereits in der Lage sind, kleinere Busse in Level 4 zu organisieren, aber keine großen Busse. Wie muss ich mir das vorstellen? Ich komme jetzt aus einer ländlichen Region. Wir haben in der Tat die Herausforderung, dass es keine Fahrer mehr gibt. Ich stelle mir jetzt die Frage, wenn man einen kleinen Bus autonom ausrüsten kann, dann kann es doch gar nicht so schwierig sein, dass es mit einem großen, bevorzugt MAN, auch funktioniert. Das wäre meine erste Frage an Sie.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Ich versuche, mich kurz zu halten. Ich wollte darauf hinaus, dass es, gerade wenn wir uns das immer von Waymo und der Konkurrenz aus USA und China anschauen, ein unterschiedliches System ist, auch in der Genehmigung und Typgenehmigung vor Ort und der rechtlichen Rahmenbedingungen, als wenn wir in Deutschland bzw. in Europa über den öffentlichen Nahverkehr sprechen.

Erst einmal gibt es einen Unterschied zu den USA und China in der Zulassung. Wir haben in Deutschland das Zulassungssystem, dass es extern geprüft und geschaut wird, ob die Haftung dann tatsächlich tragbar ist. Das ist etwas anderes, als wenn ein Unternehmen selbst in den USA kommt und sagt, wir haben uns selbst zertifiziert und wir fahren – jetzt vereinfacht dargestellt – auf unser Risiko. Das ist der eine Unterschied.

Der andere Unterschied ist, dass es auch in der öffentlichen Wahrnehmung und der Akzeptanz einen großen Unterschied gibt, wenn ein privatwirtschaftliches Unternehmen wie Tesla oder Waymo Unfälle baut, die tatsächlich immer noch passieren, oder ob ein öffentlicher Anbieter des ÖPNV mit einem Großbus einen Unfall bauen würde. Das heißt, wir sind zum Glück in Deutschland angehalten, einen ganz anderen Sicherheitsstandard dort anzusetzen. Das ist die erste Frage.

Die andere Frage aber, die den eigentlichen Kern trifft, ist, dass es beim autonomen Fahren keine Frage der reinen Technik der Fahrzeuge ist, sondern der Integration in das System. Das ist etwas, was wir in Bayern, in München, tatsächlich die nächsten Jahre auch angehen, was eine große Frage ist. Wie sehen die Betriebshöfe der Zukunft aus? Wie sieht eine Sicherstellung aus, dass Busse, die autonom sind, den Betriebshof verlassen können und im Verkehr fahren? Wie rea-

giert das System darauf, wenn ein Bus im Englischen Garten liegen bleibt, weil dort ein Baum umgefallen ist, wenn kein Fahrer oder keine Fahrerin mehr an Bord ist? Wie geht ein System damit um, wenn 150, 160 Menschen im Bus beispielsweise dann, wenn der Bus stehen bleibt, die Tür nicht öffnen können? Wer entscheidet, dass die Tür geöffnet wird, ob das sicher ist oder nicht? Das sind alles kleine Fragen, die zu diesem System dazugehören, die wir beantworten müssen.

In der öffentlichen Debatte geht es häufig darum, wann das Auto kommt, das uns autonom in Deutschland von A nach B fährt. Das ist nur eine der Fragen. Die größere Frage ist eigentlich: Wie integrieren wir das im System?

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen herzlichen Dank. – Sie dürfen gleich ergänzen, Herr Kollege Drewes. Ich würde noch meine zweite Frage formulieren, die an Herrn Dr. Jörg Rheinländer geht. Das ist eher eine Verständnisfrage. Ich habe verstanden, dass Sie sagen, wir als größtes Versicherungsunternehmen sind dringend für die Entwicklung unseres Unternehmens, für die Entwicklung der Perspektive darauf angewiesen, auf Erfahrungen und Datensätze zurückzugreifen. Habe ich das richtig verstanden? – Ich erteile Ihnen das Wort.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Danke schön. – Ja, das haben Sie richtig verstanden, weil sich das Risiko ändert. Momentan ist das größte Risiko beim Autofahren der Fahrer/die Fahrerin. Beim autonomen Fahrzeug wird es, auch wenn es fahrerlos ist, das nicht mehr sein, sondern dann kommt das Risiko aus dem Auto per se. Um dieses einschätzen zu können, brauchen wir sicherheitsrelevante Daten. Wir brauchen dafür Unfalldaten. Es ist schwierig, wenn wir diesen Unfalldaten hinterherlaufen müssen.

Ich glaube, das ist aber nicht nur eine Anforderung der Versicherungswirtschaft; denn wenn Sie sich vorstellen, Sie haben eine Flotte von autonomen Fahrzeugen, und da passieren immer ähnliche Unfälle, dann möchten Sie natürlich wissen, woran es liegt. Es gibt auch schon dieses Schlagwort des Führerscheins – das ist das, was Sie gesagt haben –, wie lässt man für ein solches ein Fahrzeug zu?

Natürlich werden Sie im laufenden Betrieb Software-Updates usw. haben. Sie müssen sicherstellen, dass dieses Fahrzeug sicher unterwegs ist. Genauso wie Sie einen Fahrer aus dem Verkehr ziehen, wenn er Trunkenheitsfahrten gemacht hat, müssen Sie natürlich auch sagen, diese Komponente taugt nicht mehr, und das müssen Sie einschätzen können. Dafür brauchen verschiedenste Stellen, nicht nur wir, auch Staatsanwälte usw., Zugriff auf Daten. Das müssen wir nicht in das Belieben stellen, sondern das muss geeignet passieren.

Wir versichern jetzt trotzdem schon autonome Fahrzeuge in Pilotbetrieben, das trauen wir uns zu. Wir sind der Versicherer von KIRA. Auch bei anderen Projekten sind wir unterwegs gewesen, diese letzten Endes zu versichern. Aber wenn wir damit mehr in die große Skalierung hineingehen und jetzt an Hunderte, Tausende Fahrzeuge denken, müssen wir natürlich dieses System so vorwärts denken, dass wir diese Daten haben.

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Ich wollte noch einmal etwas zu den Lkw sagen. Ich glaube, man muss bei dem System, wenn man über autonomes Fahren Level 4 spricht, zwischen dem Selbstfahrssystem – das ist eher Software mit der Sensorik und der Computer-Leistung – und dem Fahrzeug selbst unterscheiden.

Es gibt übrigens keinen einzigen OEM, also Fahrzeughersteller weltweit, der selbst ein Level-4-System entwickelt hat. Das sind alles Software-Unternehmen. Wir hatten von MAN gesprochen. Wenn die jetzt Level 4 fahren wollen, dann müssen sie ihre Busse Level-4-ready machen. Das bedeutet, dass sie viele Millionen investieren müssen, damit die Fahrzeuge technisch in der Lage sind, überhaupt solche

Systeme einbauen zu können. Das heißt, man braucht ein Drive-by-Wire für die drei Aktuatoren Lenkung, Bremse und Gas, und darauf braucht man einen redundanten Zugriff. Diese Komponenten gibt es in Europa für die großen Fahrzeuge im Moment gar nicht. Das heißt, diese müssen erst einmal entwickelt werden und müssen dann in die Busse eingebaut werden.

Die Hersteller von großen Bussen sagen uns, dass der Markt für die Busse im Grunde zu klein ist. Es gibt im Moment keinen attraktiven Markt dafür. Man muss erst einmal einen Markt kreieren, damit sie bereit sind, auch in diese Systeme zu investieren. Das ist ein bisschen das Henne-Ei-Problem, das wir in Europa und in Deutschland haben. Es entsteht kein Markt von allein, und deshalb entwickeln die Hersteller auch keine Fahrzeuge.

Das ist genau der Grund, warum wir mit Modellregionen zeigen müssen, dass Deutschland möchte, dass dieser Markt entsteht, dass Deutschland mehr ÖPNV möchte und deshalb auch in Zukunft größere Stückzahlen von Fahrzeugen zu erwarten sind und sich deshalb Investitionen in so etwas lohnen.

Wir haben gerade den Kollegen von BMW gehört. Dort werden gar keine Level-4-ready-Fahrzeuge entwickelt. Da werden nur Fahrzeuge für den MIV entwickelt, aber nicht für den ÖV, die dann Level-4-ready sind. Das ist bei fast allen ORMs so.

Mercedes, HOLON und Volkswagen sind die Einzigen, die in Deutschland damit schon angefangen haben, viele andere eben noch nicht.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen herzlichen Dank. Ich habe auf der Liste der fragenden Kollegen zunächst einmal die Kollegin Sabine Gross, SPD-Fraktion. Da ich der CSU-ler bin, habe ich gedacht, ich könnte zunächst die SPD einbinden, bevor ich im Anschluss dem Kollegen Konrad Baur von der CSU das Wort erteile. – Frau Kollegin Gross, Sie haben das Wort.

**Abg. Sabine Gross (SPD):** Ich habe nichts dagegen. Ich weiß nicht, ob ich mich an die Frau Patiño Studencki oder jemand anderen wenden muss. Ich bin technisch nicht so versiert, aber ich höre, dass wir KI brauchen. Wenn wir das Ganze im öffentlichen Nahverkehr so einbinden wollen, dass es alltagstauglich ist, dann denke ich, brauchen wir dafür viel Energie. Das treibt mich gerade um. Woher bekommen wir die Energie, um das praxis- und alltagstauglich zu machen, ob das jetzt im ÖPNV oder woanders ist? Oder sehe ich das falsch?

Ich habe immer diese riesigen Kraftwerke im Hinterkopf, die Elon Musk irgendwo im Süden Amerikas oder in Texas baut. Brauchen wir das auch? Haben wir das? Haben wir die Möglichkeit, um autonomes Fahren alltäglich zu machen, also haben wir dafür die ausreichende Energie, oder sehe ich das falsch, dass wir die gar nicht brauchen?

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wer von unseren Experten sieht sich in der Lage, diese Frage zu beantworten? Herr Kollege Böres, Sie haben das Wort.

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Danke schön. Wenn wir beispielsweise in elektrifizierte autonome Systeme gehen, ist die Energie, die ich für das System, für die Rechenleistung brauche, wenn ich es richtig konzipiere, im Vergleich zu der Antriebsleistung eigentlich vernachlässigbar. Es ist ein höherer Energiebedarf da, klar, die Rechnerleistung ist höher, aber wir haben heute mit den neuen Chips und den neuen Möglichkeiten, wenn wir das jetzt von Grund auf aufbauen, keinen großen Effekt auf die Energieleistung Deutschlands.

Ich möchte aber noch einen anderen Punkt ergänzen, der schon gefallen ist. Wir glauben auch, dass automatisiertes Fahren Level 4 erst im ÖPNV oder im Retailing-Geschäft passieren wird. Kein Privatkunde wird das Geld in die Hand nehmen, um ein Level-4-System zu kaufen. Der Nutzwert, den er davon hat – Sie müssen sich Level-4-System vorstellen, geschätzt bezahlen sie mindestens einen fünfstelligen Aufpreis für dieses Fahrzeug –, ist so, dass es kein Privatkunde machen wird, auch nicht in China und auch nicht in den USA.

Wenn wir automatisierte Systeme großflächig in den Verkehr bringen wollen, dann muss das über Retailing-Geschäfte oder eben über den ÖPNV passieren.

**Sve Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Ich würde gerne bezüglich der Energie ergänzen. Wir müssen zwischen Betrieb und Training von den Algorithmen trennen. Für den Betrieb stimme ich komplett zu. Da brauchen wir nicht mehr Energie als jetzt, mehr oder weniger.

Aber für das Training brauchen wir natürlich Supercomputer, da brauchen wir Rechenzentren. Wir können aber nicht leugnen, dass KI kommt, dass wir KI für vieles brauchen. Insofern sehe ich das als ein Nebenprodukt von dem, was wir sowieso entwickeln müssen.

**Abg. Konrad Baur (CSU):** Lieber Herr Vorsitzender, liebe Kolleginnen und Kollegen, geschätzte Experten heute in der Runde! Ich habe vorhin den Halbsatz aufgeschnappt: Kein Markt entsteht von alleine bezüglich der Softwareentwicklung.

Jetzt habe ich mir Gedanken gemacht, entsteht denn ein Markt schneller, wenn wir die verschiedenen Player, also es ging um die Hersteller, Softwareentwickler usw., nicht "zwingen", eine gemeinsame Lösung zu entwickeln? Wenn wir auf jeden einzelnen warten, ob das jetzt BMW, Mercedes, VW ist, und diese einzelne Lösungen für sich entwickeln, dann gibt es möglicherweise dann ein bisschen den Geschmacks- und Gewissenskampf, welcher Software oder welchem Anbieter ich mehr traue.

Gibt es nach Ihrer Einschätzung die Möglichkeit – deswegen muss ich die Frage an fast alle stellen oder jeden, der sich für aussagekräftig hält –, dass man sagt, wir wollen eine gemeinsame Open-Source-Lösung bezüglich der Software, aber auch einen gemeinsamen Hardware-Standard, den "alle Hersteller der Automobile" dann auch nutzen müssten, so als eine Art Deutschland-Standard oder vielleicht sogar EU-Standard oder was auch immer? Wären wir da nicht schneller im Markt, weil wir Kräfte bündeln?

**SV Gert Hildebrand:** Ich wage einmal eine recht starke Prognose. Die Prognose war immer mein Beruf. Als Designer habe ich Autos für die Zukunft gebaut. Markt heißt immer Gewinn. Nur wenn Profit in dem Geschäftsmodell ist, wie immer dieses Geschäftsmodell aussieht, wird sich etwas bewegen.

Wenn man die Player anschaut, also die Betreiber von Fahrzeugen, die Hersteller und dann die Politik, dann prognostiziere ich, dass Uber mit seiner Marktkapitalisierung und dem Geld das autonome Fahren einsetzen wird.

Meine Tochter reist durch die Welt, und überall hat sie ihre Uber-App dabei. Uber wird mit seinem Geld, sobald es legal möglich ist, hier oder überall Flotten aufbauen, Baidu in China. Ich habe in China gearbeitet. Dort wurde Uber verboten, weil sie dort einen Riesenmarkt gesehen haben. Aber Uber wird das machen, nicht die Autohersteller oder andere Hersteller, weil die schon zu granularisiert sind.

Selbst wenn man die deutschen Autohersteller sieht, Mercedes, Volkswagen, BMW, MAN, aber das gehört zum Volkswagen-Konzern, so sind diese im Gegen-

satz zu einem Weltkonzern Uber zu klein, dessen Geschäftsmodell es ist, Personen von A nach B zu transportieren, heute noch mit Fahrern, die sie taximäßig kaufen. Aber in Zukunft werden sie genau diese Fahrer nicht mehr bezahlen wollen. Sie werden zuerst diese Fahrer mit den Autos ersetzen, die es gibt. Autonomes Fahren ist nur eine technologische Problematik, die gelöst werden wird. Da werden die anderen Mitspieler keine Rolle spielen. Die Autohersteller werden keine Rolle mehr spielen.

In China haben diese Betreiber schon Autofirmen gegründet. Ich habe für Baidu und für andere Autos entworfen, das heißt, das waren Betreiber von Software- und von Transportunternehmen. Teile davon, nicht alle, aber es waren 10 oder 15 Spieler, die jetzt eigene Autos bauen.

Zuerst kommt der Betreiber, und wir werden die Hülle liefern. BMW, für die ich zehn Jahre gearbeitet habe, Volkswagen und die anderen Autohersteller weltweit, werden dann die Lieferanten für diese Betreiber sein. Diese werden die kommerziellen und kapitalistischen Gewinner sein, weil sie es auch können. Sie machen das schon zehn Jahre, und müssen dann nur einsteigen. Ich glaube, die warten und haben das Geld. Das Geld liegt nicht mehr in der Autoindustrie, sondern bei den Betreibern.

Wir müssen aufpassen, was das politisch für uns bedeutet, regulativ, gesetzlich, versicherungsmäßig. Aber davon sollten wir ausgehen. Wir können es entweder verbieten, wie in China, sie haben eine eigene Industrie daraus gemacht, oder wir müssen es erkennen, der Wahrheit ins Gesicht schauen und überlegen, was wir als Land, als Person, als Politik für die Mitbewohner davon haben. Denn es geht um den Vorteil für die Bevölkerung, für das Volk. Baidu ist so clever, Waymo in Amerika, aber ich glaube, Uber wird das große Spiel machen.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Ich würde gerne kurz zu der Frage ergänzen, was Thomas Drewes vorhin auch angesprochen hat, das Henne-Ei-Problem, das wir haben, einerseits jetzt nicht Waymo und Baidu, sondern die großen Anbieter in Deutschland, MAN ist gefallen, Mercedes und Co. Diese sagen, wir gehen in der Investition noch nicht all in, weil der Markt noch nicht da ist. Thomas Drewes hat es vorhin angesprochen. Der Markt ist zu fragmentiert. Das heißt, wenn MAN mit der Stadt München spricht oder mit der Region München, mit der MVV, ist der Markt zu klein, um zu wissen, da ist der Absatzmarkt, dass ich diese Investition tätige und die Stückzahlen dann auch abgenommen werden.

Der Markt wäre aber da, wenn die Verbände mit einer Sprache sprechen würden, wenn also Hamburg, Berlin, Frankfurt, Region Rhein-Neckar und in Bayern die Verbände mit einer Stimme sprechen würden. Das ist in Deutschland wahnsinnig schwierig, aus Verbandspolitik, aus vielen Perspektiven. Aber theoretisch liegt da der Hebel.

Wenn wir es schaffen, dass wir diesen Markt, der theoretisch da ist, zu bündeln und mit einer oder mit zwei Stimmen sprechen zu lassen, können europäische Hersteller das Investitionsrisiko eingehen, weil sie wissen, mit wem sie verhandeln, in welcher Stückzahl sie verhandeln. Das ist ein Hebel, bei dem die Politik helfen kann, auf welchen Wegen auch immer.

Aber das zu harmonisieren und diesen Weg zu gehen, es zu schaffen, dass dieses theoretische Puzzleteil, das wir haben, zu einem wird, damit Anbieter wie MAN auch bauen und investieren können, ist eine Lösung, die die Politik unterstützen kann.

**SV Gert Hildebrand:** Ich möchte kurz ergänzen. Es gibt schon eine Modellregion, die wir vielleicht nicht sehen und die das aggressiv macht. Zagreb mit der Firma Rimac und Verne, die mit sehr viel europäischen Subventionsmillionen ein Robotaxi-Netz aufbauen wollen. Es gibt einen Hersteller, der schon Autos baut oder Autos bauen will. Sie machen das jetzt nicht mehr mit der israelischen KI-Firma zusammen, sondern mit pony.ai aus China. Das heißt, da kommt ein chinesischer Software- und Autonomes-Fahren-Hersteller in Europa hinein. In Zagreb wird das gemacht. Das kann man sich mal anschauen. Wie erfolgreich das sein wird, kann ich natürlich nicht sagen.

Obwohl wir hier im Bayerischen Landtag sind, sollten wir sehen, das wird ein globales Thema. Wir als Deutschland mit den drei Herstellern, die wir gerade angesprochen haben, und Europa mit der Restautoindustrie, die relativ schnell marginalisiert wird, haben von der Hardware-Seite – ich sage es einmal so brutal – keine Chance, sondern wir müssen das globaler sehen und schauen, wo die Spieler sind, so weh uns das tut, und dann trotzdem versuchen, eine lokale Effizienz und etwas Bayerisches, etwas für unsere Region zu tun, bei dem wir dann an Infrastruktur, Software, Forschung mitspielen können. Aber das ist ein globales Thema, in dem wir nur noch als Kleines mitspielen werden.

**Abg. Benjamin Nolte (AfD):** Vielen Dank an die Sachverständigen für ihre Einlassungen. Ich habe zwei bis drei Fragen. In den Vorträgen war der Schwerpunkt sehr auf den ÖPNV gerichtet. Sie hatten schon gesagt, dass der Individualverkehr aktuell noch nicht so interessant ist, weil es mit fünfstelligen oder sechsstelligen Kosten für den Nutzer verbunden ist. Mich würde interessieren, wie sich diese Kosten zusammensetzen. Wie entstehen diese hohen Kosten? Software wird einmal entwickelt und dann auf Fahrzeuge aufgespielt. Klar, man braucht irgendwelche Sensoren oder Ähnliches, aber da bin ich noch lange nicht bei einer fünf- oder sechsstelligen Summe. Das würde mich interessieren.

Wenn wir beim Thema Individualverkehr sind, also wenn das autonome Fahren, wie sagt man jetzt, in alltäglichen Fahrzeugen, die jeder zu Hause hat, genutzt wird, welche Herausforderungen ergeben sich dadurch zusätzlich zum ÖPNV? Was muss man da beachten, was durch den Einsatz des ÖPNV noch nicht abgedeckt ist?

Ich habe noch eine dritte Frage. Das Thema ist autonomes Fahren. Das ist nicht auf die Straße beschränkt, sondern wir haben noch den Schienenverkehr. Im Schienenverkehr stelle ich es mir wesentlich einfacher vor, das Ganze in autonomes Fahren zu überführen. Das ist allerdings bis heute nicht gelungen. Auch in Zügen hat man immer noch einen Triebfahrzeugführer, sei es jetzt im ICE oder sei es in der U-Bahn.

Klar gibt es da auch diese berühmt-berüchtigten Pilotprojekte, aber wieso hat man es im Schienenverkehr bisher noch nicht geschafft, sagt aber auf der anderen Seite, na ja, auf der Straße ist es alles kein Problem? Das wären meine Fragen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen herzlichen Dank. Wer ist der Adressat der Fragen?

**Abg. Benjamin Nolte (AfD):** Der, der sich berufen fühlt.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wer fühlt sich berufen, die erste Frage zu beantworten? Für die erste Frage und für das, was ich vorhin unterschlagen habe, gebe ich zunächst Herrn Stolle das Wort, im Anschluss Herr Böres.

**SV Dr. Reinhard Stolle (Fraunhofer IKS):** Zu den Kosten kann ich etwas sagen, weil ich auf dem Gebiet gearbeitet habe. Das wohl teuerste an diesen Level-4-

Fahrzeugen ist die Sensorik, insbesondere der LiDAR. Sie sehen das an diesen Waymo-Fahrzeugen oder auch an den Wettbewerbern. Das ist dieser 360 Grad-LiDAR, der auf dem Dach ist. LiDAR ist ein Laserscanner. Er kostet heutzutage 30.000 bis 40.000 Dollar. Die Preise gehen natürlich herunter, wenn die Stückzahlen erhöht sind. Aber sie kommen nicht unter diese Grenze von fünfstellig.

Zusätzlich brauchen Sie Redundanz im Fahrzeug für Bremsen, Lenken usw., wo in einem Fahrzeug mit Fahrer der Fahrer die Rückfallebene für die Sicherheit ist, der Fahrer eben die Redundanz ist. Jetzt brauchen wir für alle Fahrzeuge ohne Fahrer, falls die Bremse ausfällt, dann eine zweite Bremse, falls die Lenkung ausfällt, dann eine zweite Lenkung usw. Das macht es auch teuer.

Dann wollte ich noch zu der Frage vorher eine kurze Bemerkung machen. Wenn ich das richtig verstanden habe, war der Vorschlag, die Softwarelösung zu vereinheitlichen oder alle zu zwingen, die gleiche Software zu verwenden, um die Kosten zu sparen. Das hielt ich für eine Sackgasse, weil genau in der Software der Wettbewerb liegt und die Innovation stattfindet. Das heißt, die Innovation gelingt über den Wettbewerb.

Das ist auch nicht der Grund, warum wir uns in Europa, insbesondere Bayern, schwertun, sondern wir müssen in der Lösung den Wettbewerb suchen, in der Anforderung die Vereinheitlichung, die Standardisierung, also die Sicherheitsanforderungen und dann, wie erwähnt, das Ökosystem, in das sich eine Einzellösung eingliedern muss, die Schnittstellen, um zum Beispiel mit den ÖPNV zu kollaborieren und so weiter. Da brauchen wir eine Vereinheitlichung.

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Zur Kostenseite habe ich nichts mehr zu ergänzen, da stimme ich völlig zu. Das LiDAR-System ist der kostenintensivste Teil. Sorry, wir als BMW würden nie so ein hässliches Ding auf das Dach packen. Wir würden das schon integrieren, und dann wird es noch teurer. Wir haben auch LiDAR selbst dafür entwickelt.

Aber ich würde den Software-Part von Herrn Stolle gerne nochmal aufgreifen. Man muss die Weltregionen unterschiedlich betrachten. Wir haben jetzt über die USA und China gesprochen, da sind solche Systeme schon im Einsatz. Warum? Weil ich in diesen Regionen Daten einfach sammeln kann. Ich habe keinen AI-Act, ich habe keinen Data Act, der mich auch als OEM hindert, in großem Maße Daten zu sammeln. Ich habe keine DSGVO, keine Persönlichkeitsdatenschutzregulierung. Wenn wir in Europa Daten sammeln, dann müssen wir Nummernschilder, Gesichter, wenn wir Filme übertragen. Das heißt, wir müssen alles unkenntlich machen. Das ist ein riesiger Aufwand, der dahintersteckt. Das sind riesige Rechenleistungen, die dahinterstecken, die auch wieder Energie benötigen. Wir tun uns in Europa schwer, diese Daten in den Mengen zu erheben, zu speichern und zu übertragen

Auf der anderen Seite haben wir in Europa auch ein Zulassungssystem, das rule-based basiert ist. Das wurde vorhin auch schon angesprochen. Bevor ein Fahrzeug zugelassen wird, müssen wir es vorlegen, und dann werden alle Systeme abgetestet. In den USA haben wir Self-Certification. Da sage ich als Hersteller, ich glaube dieses Fahrzeug ist sicher. Dann bringe ich es in den Verkehr. Dann gibt es In-Field Inspections, und dann wird es nachgetestet. Aber diesen Ansatz, den wir hier in Europa haben, ich muss zwangsweise alles kontrollieren können, was in diesem Fahrzeug passiert, bevor ich es zulasse, hindert die Hersteller daran, schnell solche Dinge zu entwickeln und in den Verkehr zu bringen. – Danke.

**Dr.-Ing. Julia Kinigadner (TU München):** Eine Frage betraf noch den Unterschied zwischen autonomem Fahren im ÖPNV und Privatpersonen. Der Unterschied ist

auch, dass beim ÖPNV Level 4 reichen würde, bei Privatpersonen ist es immer ein bisschen die Frage. Klar, Level 3, aber da muss es eigentlich Level 5 sein, denn bei Level 4 braucht man noch eine technische Aufsicht. Das ist eine Person mit bestimmter Qualifizierung. Das heißt, das kann man sich ein bisschen wie einen Fluglotsten vorstellen, der dann eingreift, wenn das Fahrzeug nicht mehr weiterweiß. Das ist natürlich im ÖV ein bisschen leichter zu integrieren, weil es ohnehin schon Leitstellen etc. gibt.

Man braucht auch eine Abfahrtskontrolle. Das sind die Unterschiede, die für den ÖV im Level 4 leichter sind. Noch einmal, der Unterschied ist, bei Level 4 fährt das Fahrzeug in einem bestimmten Betriebsbereich, also unter bestimmten Rahmenbedingungen, bei Level 5 theoretisch überall. Deswegen ist es im ÖV auch ausreichend, wenn das Fahrzeug auf Level 4 ist.

**Sve Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Nur eine kurze Ergänzung. Auch im ÖPNV haben wir feste Fahrzeugrouten, also kann ich nicht überall fahren. Infrastruktur, auch Kommunikation, sollen dabei sein. Wir haben bestimmte Einsatzgebiete und Betriebsbedingungen, die sich nicht so wie beim individuellen Verkehr ändern. – Vielen Dank.

**SV Gert Hildebrand:** Ich möchte ergänzen. Wir müssen uns die Frage stellen, wo die Motivation in Bayern, in Deutschland, in Europa ist, autonomes Fahren zu implementieren. Wir haben von den USA und von China gehört. Diese drei großen Blocks gibt es.

Die Motivation in den USA – ich habe es mit Uber schon angedeutet – ist reine Gewinnmaximierung. Sie wollen damit Geld verdienen, das ist eine Motivation. Dann werden die Technologie und die Infrastruktur erstellt. Das ist ganz einfach zu verstehen. Was ist es in China? In China wurde oder wird autonomes Fahren entwickelt, um die Unfallzahlen zu reduzieren. Ein Unfalltoter in China ist staatlich sanktioniert, sage ich mal so. Da fühlt sich der Staat verantwortlich, weil es eine ganz andere moralische Verpflichtung oder Ansicht von Todesfällen im Verkehr gibt als bei uns, wo es Kollateralschäden sind, wo wir die Unfalltoten über die Jahrzehnte sehr stark reduziert haben.

Ziel von China als Staatsdoktrin ist: null Verkehrstote. Das sieht China nur in der Umsetzung mit autonomem Fahren. Wir sollten also versuchen, eine Motivationsbeschreibung zu machen. Wollen wir Geld verdienen? Wollen wir das aus Spaß machen? Europäer, besonders Bayern und Deutsche – ich auch – sind technologieverliebt. Wir wollen diese Autos rumfahren sehen, aber wir brauchen einen Grund, etwas zu tun. Die Motivation sollte definiert werden. Das wäre meine Bitte oder meine Empfehlung an den Bayerischen Landtag.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank. – Wir sind gerade in der Phase, in der wir Fragen beantworten. Herr Kollege Nolte, wurden Ihre Fragen ausreichend beantwortet?

**Abg. Benjamin Nolte (AfD):** Die Antwort auf die Frage nach dem Schienenverkehr fehlt noch, falls überhaupt einer der Sachverständigen antworten kann. Sie kommen alle aus dem Energiebereich.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wir arbeiten alles ab. Für die nachfolgenden Kollegen wäre es gut, sich wieder darauf zu fokussieren, eine Frage zu stellen, das Prosa zu reduzieren und mir auch zu sagen, wer beantworten soll. Für die Beantwortung der Frage nach dem Schienenverkehr und autonomem Fahren gebe ich Frau Prof. Patiño Studencki das Wort.

**SVe Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Es gibt schon Züge, U-Bahnen, die komplett autonom fahren. Nürnberg ist ein Beispiel davon mit zwei kompletten U-Bahnlinien, die komplett autonom fahren.

**Abg. Benjamin Nolte (AfD):** Dass es das gibt, weiß ich. Die Frage ist, warum jetzt im Falle Nürnberg nur die beiden und warum Züge nicht generell autonom fahren. Ich meine, das ist technologisch wesentlich einfacher als im Straßenverkehr zu lösen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wir versuchen, die Frage zunächst noch durch Herrn May-Beckmann beantworten zu lassen. Dann berufen wir noch einen Experten aus der CSU-Fraktion, der U-Bahnen gebaut hat, Herrn Kollegen Kohler, als Antwort auf den Kollegen Nolte. Das hatten wir bei einer Anhörung auch noch nicht, aber das machen wir heute einmal. – Herr Kollege May-Beckmann.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Dann würde ich am liebsten gleich weitergeben, aber ich wollte nur zu der Kollegin aus Coburg ergänzen. Es gibt auch in Paris die neuen U-Bahnen, in London U-Bahnen, die autonom fahren. In Hamburg haben wir die erste S-Bahn, die komplett digitalisiert ist. Das ist ein Weg dorthin. Aber es sind andere Fragestellungen, andere Sicherheitsvorstellungen, andere gesetzliche Rahmenbedingungen als das, was wir im Straßenverkehr sehen. Deswegen könnte man eine eigene Anhörung dazu machen. Das ist tatsächlich ein getrenntes Thema.

**Abg. Jochen Kohler (CSU):** Herr Kollege, ich habe sie selbst gebaut, bevor ich in den Landtag kam. So, wie es mein Vorredner gesagt hat, wären umfangreiche Aufwendungen dazu zu treffen. Man kann nachrüsten, man braucht aber neue Sicherheitsräume. Gerade bei U-Bahnen kann man, glaube ich, Sicherheitsräume nicht so schnell nachbauen oder nachfunktionieren. Wir können gerne bilateral noch einmal darüber reden. Es geht leider nicht, sonst hätten wir die U1 – das ist die, die noch normal fährt – schon längst umgerüstet. Da könnte die VAG wieder Personal sparen. Aber es geht leider nicht. Die Stadt Nürnberg hätte es schon längst gemacht.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank. Herr Kollege Nolte, ich glaube, wir sind mit der Beantwortung durch. – Ich erteile Herrn Kollegen Benjamin Adjei das Wort. Herzlich willkommen bei uns. Sie haben das Wort.

**Abg. Benjamin Adjei (GRÜNE):** Danke. Normalerweise bin ich nicht hier im Ausschuss, aber als Digitalo, der selbst früher im KI-Bereich gearbeitet hat, finde ich die Anhörung sehr interessant und sehr wichtig. Vielen Dank für Ihre Inputs.

Ich habe eine Frage vor allem auch zum Thema "Mikromobilität". Herr May-Beckmann hat es mit angesprochen. Ich glaube, dass der kleine Lieferverkehr ein Bereich wird, in dem möglicherweise schon sehr schnell der Durchbruch kommt, insbesondere weil Unternehmen wie Amazon oder ähnliche relativ finanzstark sind, auf der einen Seite gleichzeitig auch Technologiekonzerne, die in den Bereichen schon sehr stark forschen und sich natürlich massiv Einsparungen durch Automatisierung ausrechnen und damit auch eine mögliche bessere Flexibilisierung im Lieferverkehr.

Wie sehen Sie das? Wie sehen Sie da auch die deutsche Industrie beteiligt, weil wir – wie Sie auch angesprochen haben – eher im Bereich Schwerlasttransport, eher im Bereich Individualverkehr und weniger in diesem aus deutscher Sicht nicht so klassischen Mikromobilitätsbereich sind.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Das ist nicht nur eine berechtigte, sondern wirklich eine sehr gute Frage, die den Kern trifft, den wir manchmal gar nicht auf dem Schirm haben, autonomes Fahren in der Logistik, egal ob Schwertransport oder Last-Mile-Logistik. Die Beispiele haben Sie genannt, wo gerade skaliert wird, Amazon beispielsweise. Die Stückkosten sind relativ gering. Es sind andere Sicherheitsvorkehrungen bei Last-Mile-Lieferungen als bei Personenverkehr. Dementsprechend ist es logistisch einfacher, das umzusetzen.

Ich bin mir jetzt nicht sicher, da schaue ich meine Kolleginnen und Kollegen an. In Deutschland kenne ich keine relevanten Partner, die in dem Thema eine Rolle spielen und das anvisieren.

Wir an der TU München versuchen, tatsächlich dieses Thema "Mikromobilität" nicht nur als Nische anzugehen und zu erforschen, wo da die Anwendungscases sein können. Wir haben vorhin schon genannt, das ist jetzt nicht Logistik, aber es sind Leichtfahrzeuge, die mit anderen Zulassungsmethoden trotzdem ein Mobilitätssystem am Laufen halten können, beispielsweise alte Menschen oder Menschen mit Mobilitätseinschränkungen, die auf Fahrdienste angewiesen sein können. Das ist auch nichts, was wir schon auf der Straße sehen, aber ein Anwendungscase, der zu dem großen Thema ÖPNV und MIV auf alle Fälle mit dazu gedacht werden sollte.

**Abg. Markus Saller (FREIE WÄHLER):** Ich hätte gern noch einmal das aufgegriffen, was Herr May-Beckmann in seinem Anfangsstatement kurz angerissen hat. Es geht um die Frage Risikosicherheit, und zwar um die Zertifizierungsgeschichte, ob man dieses europäische Modell der Fremdzertifizierung, so wie es wir über TÜV oder entsprechend akkreditierte Stellen haben, fährt oder das US-amerikanische Modell mit einer Selbstzertifizierung nimmt, das als Gegenpol genannt wurde. Da würde mich an der Stelle tatsächlich die Herstellerseite interessieren. Haben Sie Probleme mit diesem Ansatz, den wir aus Europa haben? Was würden Sie sich gerne anders vorstellen? Wie schaut es mit dem Normenaufwuchs aus, der nicht vom Gesetzgeber kommt, sondern letztendlich von einem Parallel durch entsprechende Standards gemacht wird?

Weil es als Problem angerissen war, würde es mich tatsächlich von der Herstellerseite interessieren, inwieweit man sich gegängelt oder in der Entwicklung möglicherweise gehemmt fühlt.

Ansonsten wollte ich noch Herrn Rheinländer danken, dass wir in Deutschland mal etwas richtig gemacht haben und offensichtlich mit dem Haftpflichtversicherungssystem früh die richtigen Entwicklungen vorausgesehen haben. Aber da muss man natürlich zwei Dinge sehen. Sie haben sich jetzt in Ihrem Statement sehr darauf fokussiert, wie Sie dann letztendlich Regress beim Hersteller oder bei dem In-Verkehr-Bringer nehmen können. Die Frage ist natürlich, die mich auch noch interessieren würde, wie sich denn das auf die Gestaltung der Versicherungsbeiträge für die jeweiligen Halter auswirken wird. Das wäre, glaube ich, ein Thema, bei dem ich dankbar wäre, wenn Sie uns einen kleinen Ausblick geben könnten, weil das dann auch wohl sehr präzise gemanagt werden kann. – Danke schön.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich würde sagen, die eine Frage richtet sich an Herrn Dr. Jörg Rheinländer. An wen richtet sich die andere Frage?

**Abg. Markus Saller (FREIE WÄHLER):** An den Vertreter von BMW.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** An den Vertreter von BMW, Herrn Böres. Ich würde mit Herrn Dr. Rheinländer beginnen.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Herzlichen Dank. Ja, das ist relativ einfach zu beantworten. Wir schauen letzten Endes immer, wie der Schaden geschehen ist. Danach matchen wir unsere Prämien. Das ist mehr oder weniger das System. Das gelingt in der Kraffahrtversicherung, weil sie so derart wettbewerbsorientiert ist, ganz gut. Sie beobachten immer mal wieder Kraffahrtversicherer, die ordentlich in den roten Zahlen sind. Das ist in Deutschland immer mal wieder so. Aber über den Zyklus hinaus ist es ausgeglichen. Solche Systeme wird man genau danach eineichen, wie gut letzten Endes die Schadenerfahrung ist. Das ist der Punkt.

Es ist immer schwierig bei Systemen, die Sie einführen, bei denen Sie das nicht haben. Es ist dann die Kunst, sich das zu überlegen. Das ist generell bei neuen Produkten so. Aber vom Prinzip wird man sich daran orientieren.

Es gibt zwei große Hoffnungen. Die erste große Hoffnung betrifft das, was wir bei Waymo sehen. Das überzeugt mich sehr. Wenn ich über diese vielen tausend Kilometer mehr oder weniger 80 % weniger Unfälle sehe, und zwar nicht nur jetzt im Sachschadenbereich, sondern insbesondere auch im Personenschadenbereich, dann ist das natürlich eine ordentliche Prämienreduktion. Das ist vollkommen klar. Erster Punkt.

Zweiter Punkt. Als wir drüben waren, haben wir Google, Alphabet besucht, wir hatten auch jemand von Waymo da, der sozusagen für die Sicherheit zuständig ist. Sie können es noch nicht hart belegen, aber man hat den Eindruck, dass durch die tausend autonom fahrenden Fahrzeuge in San Francisco die Schadenhäufigkeit in San Francisco generell sinkt, weil Sie natürlich tausend Fahrzeuge im Stadtverkehr haben, die ohne jegliches Adrenalin fahren. Das macht etwas aus. Das ist letzten Endes echt ein Wahnsinn. Von da aus hoffen wir das natürlich.

Das wäre auch gut, weil wir eine große Inflation haben. Wir haben in Deutschland eine Schadenhäufigkeit, die mehr oder weniger fast flach ist. Die Schadenfrequenz geht wenig nach unten, aber die Teilepreise gehen stark nach oben. Wir haben eine Inflation in dem Bereich, die sich von der normalen Inflation abgekoppelt hat. Sie lag in den letzten Jahren bei 10, 11 %, jetzt so bei 7 %. Von da aus wäre es natürlich schön, wenn wir da eine Entlastung bekommen würden.

Aber angesichts der Hochlaufzahlen – wir reden erst einmal tatsächlich über öffentliche Verkehre, mehr oder weniger Shuttle-Verkehre – wird das noch nicht sofort sichtbar werden. Aber natürlich wäre es schön, wenn das auch Ausstrahleffekte hätte, damit Mobilität insgesamt bezahlbar bleibt. Das würden wir sehr begrüßen.

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Es gab die Frage nach den Regulierungs- oder Zulassungssystemen, Selbstzertifizierung USA versus hier im europäischen System nach UNECE. Klar ist es in den USA einfacher, ich nenne es jetzt mal so, Fahrzeuge in den Verkehr zu bringen, ohne dass sie unsicherer sind. Wir haben unseren Anspruch global ausgerollt an die Qualität, an die Zuverlässigkeit und an die Systeme der Fahrzeuge.

Es ist in Europa Mehraufwand, aber es ist gar nicht der Mehraufwand, es ist eher der Flickenteppich. Es gibt unterschiedliche Zertifizierungsbehörden in den unterschiedlichen EU-Ländern. Man kann sich das über die Hersteller anschauen. Jeder lässt in unterschiedlichen Ländern zu, weil die eine Zertifizierungsbehörde bei den Themen ein bisschen zugänglicher ist und andere bei den anderen. Also wir bräuchten eher einen einheitlichen Standard in Europa. Das würde vieles erleichtern. Den haben wir theoretisch, aber in der Umsetzung und in der praktischen Abprüfung ist es dann doch sehr unterschiedlich.

**Abg. Markus Saller (FREIE WÄHLER):** Ich habe eine direkte Nachfrage. Also der Standard in Europa ist schon gleich, aber es ist im Prinzip ein Vollzugsproblem, es wird der Standard, je nachdem, wo ich zertifizieren lasse, unterschiedlich angewendet? Es ist das große Problem, dass es auch keine richtige europäische Aufsicht darüber gibt. Wir haben die DAkkS in Deutschland, aber in Europa ist es mir nicht bekannt, dass es da Ähnliches gibt, oder?

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Sie haben die unterschiedlichen Zulassungsbehörden. Diese verfahren bei manchen Dingen eben strenger oder nicht so streng. Dann bekommt man beim einen eine Innovation eher zugelassen, wohingegen eine andere Zulassungsbehörde die Innovation vielleicht eher kritischer sieht und die Zulassung nicht erteilt.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen herzlichen Dank. Wir kommen zur letzten Frage zu diesem Themenkomplex, wobei ich das Gefühl habe, dass wir die Themenkomplexe schon lange hinter uns gelassen haben. Herr Kollege Wagle, ich erteile Ihnen das Wort.

**Abg. Martin Wagle (CSU):** Insgesamt hat man schon das Gefühl bekommen, dass das autonome Fahren ein riesiger Markt für die Zukunft ist und ganz viele Anwendungsgebiete dafür vorhanden sind. Das sind der ÖPNV, der Individualverkehr, der vernetzte ÖPNV, die Schiene und vieles mehr.

Ich komme aus dem Landkreis, in dem Bad Birnbach liegt. In Bad Birnbach waren sie mit ihrem Bus lange ganz vorne in der Entwicklung. Ich habe die ganzen Stufen mitgemacht und weiß, wie schwierig es war, das Fahrzeug überhaupt erst einmal auf die öffentliche Straße zu bringen und das auch noch zu einer Geschwindigkeit, bei der man sagen kann: "Den Bus überhole ich nicht zu Fuß, sondern es lohnt sich, einzusteigen." Ein weiteres Thema war dann, wie man das Fahrzeug wirtschaftlich betreiben kann.

Wenn wir das alles durchbrechen, ist der Markt dafür geöffnet. Damit komme ich zu meinen Punkten bzw. Fragen.

Herr Hildebrand, Sie sagten, wir müssten aufhören, diese Kleinserien zu machen; wir bräuchten große Flotten auf definierten Strecken. Was sind große Flotten, und welche Strecken sollten es sein? Soll eine Trambahn- oder eine Buslinie ersetzt werden? Wie soll das ausschauen? Würde dieses System nicht ganz normal im öffentlichen Verkehr mitfahren, sondern hätte es nur definierte Strecken? Welcher nächste Schritt wäre hier angedacht?

Des Weiteren treibt mich die Typgenehmigung Level 4 um, die es noch nicht gibt. Wenn wir es nicht schaffen, dass man so etwas zügig umsetzt, und wenn man so lange braucht, um einen Zug auf europäischer Ebene zu genehmigen, dann werden wir es in absehbarer Zeit wahrscheinlich nicht schaffen, diesen Markt für eventuelle Anwendungen überhaupt zu öffnen. Da benötigen wir einen Input. Was wären hier die nächsten Schritte? Wie ließe sich diese Typgenehmigung schneller herbeiführen?

Außerdem ist noch etwas zu lösen. Die Fahrzeuge müssen erst einmal von einer Leitstelle beobachtet werden. Wer sollte das in die Hand nehmen? Das heißt, wer sollte diese Leitstellen betreiben und dieses Ersetzen des Fahrers im Fahrzeug durchführen? Denn der Fahrer ist das "Problem", der die Wirtschaftlichkeit eines solchen Fahrzeugs letztendlich verhindert.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank für die Fragen. – Wie geht es weiter? Diese Frage würde ich unter Partnerschaften, Modellprojekte ein-

sortieren, und ich gehe davon aus, dass jeder unserer Experten eine Meinung, eine kluge Idee dazu hat, was man als Nächstes machen könnte.

Dann gebe ich die Frage hinsichtlich der Typgenehmigung in die Runde unserer Experten. Wer kann dazu etwas sagen? – Niemand. Okay.

Des Weiteren gab es die Frage, wer eine mögliche Leitstelle betreiben sollte. Das habe ich folgendermaßen verstanden: Wenn die autonomen Fahrzeuge fahren, muss jemand darauf aufpassen. Das sollte am besten eine Leitstelle machen. – Wenn ich es richtig gesehen habe, werden sich dazu Herr May-Beckmann und Frau Patiño Studencki äußern.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Ich habe eine kurze Nachfrage, Herr Baumgärtner. Mir war bezüglich der Typgenehmigung nicht ganz klar, was die konkrete Frage war.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wir fragen beim Kollegen Wagle nach und bitten ihn, die Frage zu präzisieren.

**Abg. Martin Wagle (CSU):** Gerne. – Herr May-Beckmann, Sie hatten angesprochen, dass es für das Level 4 noch keine Typgenehmigung vom Kraftfahrt-Bundesamt gebe. Was muss passieren, damit diese Tür geöffnet wird?

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Jetzt ist die Frage konkretisiert, und jeder kann etwas dazu sagen. Wer möchte? – Frau Patiño Studencki, bitte.

**Sve Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Der Herr sagte, es gebe noch keine genehmigten Level-4-Fahrzeuge. Die Vorgänge sind da. Es ist ein Prozess in Gang, um diese Genehmigung zu bekommen, aber es ist schwierig, sie zu erhalten. Das ist das Problem.

Sie sprachen auch diese Leitstelle, diese Beobachtungs- bzw. Monitoringstation an. Wenn wir nur ein Fahrzeug oder nur einen Shuttlebus haben und wir jemanden brauchen, der das im Hintergrund beobachtet, dann ist das teuer. Das kostet genauso viel, wie einen Fahrer an Bord zu haben.

Je mehr Fahrzeuge auf den Straßen sind, umso mehr reduzieren sich die Kosten für diesen Leitstand. Wenn wir das in einer großen Skala machen, kommt außerdem dazu, dass die Fahrzeuge lernen, damit umzugehen. Das heißt, die KI wird lernen, verschiedene Situationen zu meistern, und dann kommt das Ganze ins Rollen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank. – Auf die Frage, was wir tun könnten, um diese Typenzulassung zu bekommen, lautete die Antwort: "Wir sind schon auf dem Weg, aber es dauert so lange". Ich möchte die Frage dahin gehend ergänzen: Wer ist dafür verantwortlich, und warum dauert es so lange? – Herr Drewes, bitte.

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Im Endeffekt müssen die Hersteller die Typgenehmigung beantragen. Im Zuge dessen brauchen sie ein Selbstfahrssystem. Das müssen sie einbauen, und damit sie das tun, muss ein entsprechender Markt vorhanden sein. Das ist die Kette, die wir haben. Die Hersteller müssen ein Selbstfahrssystem einkaufen, es in ihre Fahrzeuge einbauen und dann beim Kraftfahrt-Bundesamt die Typgenehmigung beantragen. In diesem Prozess befinden wir uns, und dementsprechend warten wir als ÖPNV jetzt.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ist die Botschaft, dass das Kraffahrt-Bundesamt zu langsam ist?

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Nein, die Hersteller sind zu langsam.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Okay. Die Hersteller will ich jetzt nicht angreifen. Beim Kraffahrt-Bundesamt hätte ich mich überzeugen lassen. – Herr Hildebrand und Herr Stolle, bitte.

**SV Gert Hildebrand:** Ich möchte zunächst ergänzen, was Frau Prof. Patiño Studencki sagte, und dann die erste Frage beantworten, die gestellt wurde.

Wir sollten ein 500-auto- oder -produktgroßes Gebiet in einer Stadt wie Nürnberg machen. Es muss eine große Skale sein. Ich rechne auch damit, dass Zagreb das so machen wird. Die Firma Rimac, die mit Porsche, mit Volkswagen verhandelt ist und bei der, ich glaube, auch BMW entwickeln lässt, ist eine internationale Firma, die Elektronikkomponenten baut. Sie baut ein Auto, das VERNE – von JULES VERNE – heißt, und sie werden irgendwo ein Pilotprojekt machen.

Deren Konzept ist ein Gesamtangebot: Auto, Hub, Kontrolle, Pflege, weil zum Beispiel Robotaxis auch gereinigt werden müssen. Im Prinzip ist das nichts anderes als das, was München mit den Elektrorollern macht. Da gibt es auch irgendwo ein Lager, eine Pflegestation und eine Ladestation, und die Roller werden eingesammelt.

Wir müssen hier ins Risiko gehen – no guts, no glory –, wobei sich mit der Skalierung, mit der Größe der Flotte natürlich die Nebenkosten reduzieren. München ist möglicherweise zu groß, aber vielleicht nehmen wir Rosenheim oder Coburg, wo die Forscher sitzen. Gleichwohl sehe schon auch die rechtlichen bzw. gesetzlichen Vorgaben. Gesetze werden jedoch von Menschen gemacht. Das heißt, der Mensch kann sie ändern und neue Gesetze erlassen.

Man sollte ein bisschen mutig sein, denn sonst verschlafen wir diese Entwicklung. VERNE ist das mit Pony.ai, die in Peking 1.000 Autos betreiben. So sollte man anfangen.

Ich sehe durchaus die Partikularinteressen am Tisch mit Schienenverkehr, ÖPNV und dem ganzen etwas sozial klingenden Massentransport. Dann gibt es noch die Regionen mit einer Flotte von drei, vier, fünf kleinen Autos, kleinen Transportern und Leuten, die abends von der Disco nach Hause gefahren werden wollen. Diese Autos lernen natürlich untereinander. Das System lernt wiederum nur, wenn es groß ist.

**SV Dr. Reinhard Stolle (Fraunhofer IKS):** Ich habe eine Ergänzung zur Typgenehmigung. Wir haben bei Level 4 über Folgendes gesprochen: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass ein Endkunde ein Privatfahrzeug mit dieser technischen Ausstattung kaufen wird, weil sie so teuer ist. Das heißt, die Inbetriebnahme dieser Level-4-Fahrzeuge wird in erster Linie im Rahmen einer Flotte erfolgen, und zwar in einem eingeschränkten Betriebsbereich als sogenannte Operation- oder Design-domain.

Des Weiteren beruht die Sicherheitsargumentation, die für eine solche Genehmigung ganz wesentlich ist, nicht nur auf dem Fahrzeug selbst, also auf dem technischen Gerät, sondern auch auf dem Einsatzbereich. Ich nenne Ihnen zwei Beispiele. Wenn man irgendwo fährt, wo kein Kreisverkehr existiert, braucht das Fahrzeug keinen Kreisverkehr zu beherrschen. Wenn man sagt: "Ich fahre nur tagsüber", muss das Fahrzeug nachts nicht fahren können.

Der Entwurf der Sicherheitsargumentation ist also eine Mischung sozusagen aus dem Fahrzeug selbst und dem Einsatzszenario. Genau das ist die Schwierigkeit. Man kann nicht standardisiert sagen: "Das Fahrzeug muss so und so aussehen", weil man sich auch den Einsatz genehmigen lassen muss. Im Wesentlichen gibt es dazu aber noch keine Normen, keine einheitlichen Vorgehensweisen. Mein Vorschlag wäre, Forschung hineinzugeben, um so etwas zu standardisieren und eine Marktentwicklung zu ermöglichen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank. – Ich frage jetzt die Themenfelder II. Risiko und Sicherheit und III. Rechtlicher Rahmen, insbesondere Haftungsfragen ab. Dazu wurde in Teilen bereits nachgefragt bzw. geantwortet. Gibt es zu diesen Themenkomplexen seitens der Kolleginnen und Kollegen weitere Fragen an die Experten? – Herr Kollege Behringer, bitte schön.

**Abg. Martin Behringer (FREIE WÄHLER):** Meine Frage richtet sich an Herrn Dr. Rheinländer. Mir geht es um die Daten. Während der Fahrt werden Unmengen von Daten gesammelt, die jemand auswerten muss, wenn etwas passiert. Darunter befinden sich wahrscheinlich auch Personen und Nummernschilder, und ich weiß nicht, was noch alles mit datenschutzrechtlicher Relevanz dabei ist.

Herr Dr. Böres hatte ein wenig erklärt, was gefilmt und was verpixelt wird. Was passiert jedoch mit diesen Daten? Wer soll zum Beispiel, wenn ein Unfall passiert, darauf zugreifen können? Sind das die Versicherer, die Behörden, die Firmen? Wie soll das geregelt werden? Könnten auch Sie, Herr Dr. Böres, etwas dazu sagen?

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Das ist tatsächlich auch eine Forschungs- und Entwicklungsgeschichte. Deshalb ist es wichtig, dieses Thema gleich am Anfang mitzudenken.

In anderen Bereichen, in denen die Sicherheit sehr relevant ist, gibt es bereits standardisierte Verfahren. Ein Beispiel dafür sind die Flugschreiber. Wir müssen nun dahin kommen, dass wir uns überlegen: Welche Sicherheitsthemen müssen wir abgedeckt sehen? Wie muss der Zugriff sein? Auf der Bundesebene gibt es wiederum Bewegungen, Daten über Mobility Data Space zu sammeln.

Wenn man von den kleinen Piloten in Modellregionen wegkommt, in denen man vielleicht 200, 300 Fahrzeuge fahren lässt, muss meiner Überzeugung nach auch mitgedacht werden: Um welche Daten handelt es sich? Wie ist der Datenzugang? Wie sieht das aus? Wer erhält die Daten letzten Endes?

Solange noch Sicherheitsfahrer an Bord sind, ist auch ein Thema: Wie war die Fahrsituation? Wie war die Umgebungssituation? Wie hat das Auto reagiert? Wurde eingegriffen oder nicht? So etwas muss rekonstruiert werden, um letzten Endes auch Beschleunigungs- und Abbremsprofile kurz vor dem Unfall zu sehen, wobei das heutzutage überhaupt kein Thema ist, weil das im Rahmen der Telematik-Tarife der Versicherung geliefert werden kann. Dennoch gilt es, sich solche Geschichten anzuschauen.

Natürlich interessiert uns definitiv nicht die letzte Information in einem Bussystem oder irgendwo in einem Fahrzeug. Die genannten Themen müssen Sie, die Versicherungen und die Hersteller, aber auch die Staatsanwälte etc. pp. jedoch mitdenken. Denn es ist ein ganz neues Gefährdungsregime, das wir auf die Straße bringen, und wir sollten es so auf die Straße bringen, dass es sicher ist und bei möglichen Verkehrsoptionen auch wieder ein Interessenausgleich passiert.

Darüber hinaus ist mir wichtig – das ist ein wenig daran angelehnt, was ich vorhin so scherzhaft sagte –: Fahrer oder Fahrerinnen, die dauernd Trunkenheitsfahrten

machen, werden irgendwann nicht mehr auf die Straße gelassen, weil die Fahrerlaubnis weg ist. Genauso muss es hier sein. Wenn es Systeme gibt, die mehr oder weniger nicht zuverlässig sind, dann müssen sie verbessert bzw. erst einmal aus dem Verkehr gezogen werden. Dahin müssen wir kommen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Gibt es seitens der Kolleginnen und Kollegen weitere Fragen zu den Themenkomplexen II. und III.? – Herr Kollege Konrad Baur, bitte schön.

**Abg. Konrad Baur (CSU):** Herr Dr. Rheinländer, der These, dass es sich um ein komplett neues Gefährdungsregime handele, würde ich ein wenig widersprechen. Ich möchte auch ein wenig provozieren bzw. "kitzeln", weil wir gemerkt haben, dass wir keine allzu großen Gegenpositionen haben.

Ich hatte vorhin das Beispiel San Francisco gebracht. Je weniger natürliche Personen als Fahrer, desto niedriger die Unfallstatistiken. Bedeutet das im Umkehrschluss nicht: "Je mehr digitale Transformation und je mehr Software, desto sicherer wird es"? Dementsprechend müsste dann doch die Versicherung eigentlich günstiger werden. Der Faktor Mensch ist ja immer das größte Risiko. Ich kenne keine KI, die angetrunken, betrunken oder wie auch immer fährt. Der Mensch macht das. Das soll er zwar nicht, aber er macht es.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Da kommt jetzt überhaupt keine Kontroverse auf, weil genau das die Meinung ist. Folgendes dürfen Sie aber nicht vergessen: Man wird etwas andere Risiken sehen und natürlich auch Cyberrisiken usw. usf. erkennen. Diese Risiken halte ich von der Häufigkeit her jedoch für deutlich geringer als übliche Unfälle. Nichtsdestoweniger wird sich aber auch ein autonomes Fahrzeug dem Hagel nicht entziehen können, und das wird halt nun einmal immer schlimmer.

Vielleicht haben Sie gesehen, wie es vor fast drei Jahren nach dem Hagel nahe Benediktbeuern aussah. Es gab Fahrzeugschäden, die im Durchschnitt oberhalb von 5.000 Euro lagen, ganz viele Totalschäden, durchschlagene, geknickte B-Säulen usw. usf. So etwas wird autonome Fahrzeuge auch treffen, wenn es ordentlich auf ein solches autonomes System, auf einen Lidar hagelt.

Von der Verschuldung her müsste die Prämie eigentlich nach unten gehen, weil viel Technik zum Beispiel in den Anstoßbereichen verbaut ist. Wenn Sie sich aber die Fahrzeuge in San Francisco anschauen, dann werden Sie beim Schadendurchschnitt und letzten Endes bei der Schadenhöhe Anstiege feststellen. Grundsätzlich ist aber natürlich die Hoffnung, weil das auch gut für die Mobilität wäre, dass die Kfz-Prämie nach unten geht. Hier kommen wir also nicht wirklich in eine Kontroverse.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich danke herzlich. – Wir werden die Sitzung jetzt unterbrechen und eine kurze Pause machen. In zehn Minuten und damit um 15:55 Uhr setze ich die Sitzung fort.

(Unterbrechung von 15:45 bis 15:55 Uhr)

Ich rufe Themenkomplex IV. Ausbau der Infrastruktur, Einfluss auf Verkehrs- und Stadtplanung auf. Dazu passt auch gut die vorhin gestellte grundsätzliche Frage des Kollegen Wagle, wie es jetzt weitergehen kann. Was muss sich an der Infrastruktur verändern? Wie sind die Auswirkungen auf die städtische Entwicklung, auf die Stadtplanung? Gibt es darüber hinaus noch Fragen seitens der Kolleginnen und Kollegen? – Herr Behringer, bitte.

**Abg. Martin Behringer (FREIE WÄHLER):** Herr Vorsitzender, meine Damen, meine Herren! Mir geht es zum einen auch um die Infrastruktur. Wie sieht es mit dem Mobilfunk aus? Die Fahrzeuge müssen wahrscheinlich ständig mit dem Hauptrechner verbunden sein. Wie wird das gewährleistet bzw. was passiert, wenn diese Verbindung abbricht?

Zum anderen habe ich Fragen, was die Straßenführung anbelangt. Wir haben momentan weiße Linien links und rechts oder in der Mitte; je nachdem. Was passiert, wenn diese Linien durch eine Asphaltierungsmaßnahme nicht aufgebracht sind? Das Auto muss sich ja orientieren. Wo fährt es dann aber, und welche Probleme gibt es in solchen Fällen? Was muss gerade beim Straßenbau beachtet werden, um das autonome Fahren in der Zukunft möglich zu machen?

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Das waren sehr globale Fragen. Wer möchte Sie beantworten? – Herr Kollege Drewes, Herr May-Beckmann und Frau Patiño Studencki, bitte.

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Die Technologie, die heute verfügbar ist, kann im Grunde die komplette Entscheidungsfindung für das autonome Fahren im Fahrzeug leisten. Das heißt, im Fahrzeug findet alles statt. Es braucht kein Internet; es braucht gar nichts. Alles was benötigt wird, befindet im Fahrzeug. Das Internet wird ausschließlich für die Verbindung zur technischen Aufsicht gebraucht, die es bei der zur Verfügung stehende Technologie in bestimmten Situationen noch bedarf; das ist auch bei Waymo so.

Ich nenne Ihnen ein Beispiel. Wenn das Fahrzeug nicht weiterweiß, wendet es sich an eine technische Aufsicht in der Leitstelle und schlägt Manöver vor. Natürlich muss sich der Mensch in der technischen Leitstelle, also in dieser technischen Aufsicht, aber ein Bild von der Verkehrssituation machen, bevor er Manöver freigeben kann. Dafür müssen Kameradaten übertragen werden.

Die meisten sagen: Normalerweise brauchen wir ungefähr 3G. Wir brauchen kein 5G und keine permanente Verbindung mit der Rechenleistung.

Des Weiteren benötigen wir, weil das Fahrzeug alle Entscheidungen selbst trifft, auch keine Infrastruktur. Das heißt, das Fahrzeug braucht quasi nicht irgendwelche Markierungen in der Straße oder sonst irgendetwas.

Die Technologie bei Waymo und allen anderen, die in großen Stückzahlen kommerziell und fahrerlos fahren, basiert auf HD-Karten. Aufgrund dieser HD-Karten kann sich das Auto auf einen, zwei Zentimeter genau positionieren. Im Rahmen unseres Pilotprojekts KIRA sind wir deshalb erst eine Zeitlang mit den Fahrzeugen in dem entsprechenden Gebiet umhergefahren. Dabei wurden diese HD-Karten generiert, die enthalten, wo der Bordstein, der Baum oder die Laterne sind. Alle diese Daten sind darauf gespeichert, und das Auto sieht quasi über seine Sensorik den Baum, die Kante usw. und kann sich darüber positionieren.

Wir fahren auch schon in Gebieten, in kleineren Ortschaften, wo keine Mittellinie vorhanden ist. Das wird nicht gebraucht; das Fahrzeug kann sich dort sozusagen selbst zurechtfinden.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Ich möchte das jetzt gar nicht wiederholen, weil das voll umfänglich und völlig richtig ausgeführt war. Darüber hinaus gibt es aber noch zwei Dinge, die für das Verständnis der Abgeordneten möglicherweise wichtig sind.

Das eine ist die digitale Infrastruktur, die wir benötigen. Wo kommen die Daten her? Wie werden sie verarbeitet? Von wem werden sie gehostet? Bleiben die Daten – das betrifft das Thema Souveränität – in Deutschland und Europa oder werden sie woanders gehostet? Das sind also Dateninfrastrukturthemen. Ein weiterer großer Punkt ist hier, wie wir Daten ohne einen solchen Aufwand wie derzeit im Hinblick auf eine Anonymisierung und den Schutz der Privatsphäre generieren können. Das sind Themen, die immer wieder auch in der Politik ausgehandelt werden müssen und die eine Balance zwischen Privatschutz und öffentlichem Auftrag erfordern.

Das andere ist, dass wir eine physische Infrastruktur für den ÖPNV als System brauchen. Das heißt, die Leitstellen, die Betriebshöfe, von denen wir gesprochen haben, werden in Zukunft anders aussehen und anders aufgebaut sein. Stellen Sie sich den großen Busbahnhof an der Allianz Arena vor. Er wird anders aussehen, wenn die 100, 120 Busse dort morgens autonom losfahren und nicht mehr jemand die Schranke händisch aufmacht und vorher geschaut hat, ob die Bremsbeläge noch ausreichend sind. Ich drücke das jetzt bewusst so zugespitzt aus.

Es wird sich also diese Infrastruktur und darüber hinaus natürlich die Konnektivität ändern. Dabei geht es nicht nur um die Daten an sich, denn bei der Konnektivität geht es auch darum, wie gerade die Aufsichtsleitstellen für den öffentlichen Nahverkehr mit den Fahrzeugen, mit diesen Systemen kommunizieren können und woher die Daten für das Erkennen der Fahrzeuge kommen.

Die Daten kommen zum einen aus dem Fahrzeug und zum anderen natürlich aus dem System. Das heißt, wir müssen bzw. können Ampeln umbauen und mit Sensorik ausstatten. Außerdem können wir die gebaute Infrastruktur nutzen, um das Verkehrssystem digital zu simulieren, damit wir besser steuern können und die KI bessere Entscheidungen treffen kann.

Dateninfrastruktur, gebaute Verkehrsinfrastruktur und Leitstellen sind Themen, die aufgebaut werden müssen, und diese Bereiche werden in zehn Jahren anders als heute aussehen.

**Sve Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Als Professorin für Fahrzeugkommunikation muss ich sagen: Es ist notwendig, dass die Autos sowohl miteinander als auch mit der Infrastruktur sprechen. Denn es ist zum Beispiel einfacher, wenn die Ampel sagt: "Ich bin jetzt rot", als wenn das Auto über die KI, über die Sensoren erkennen muss: "Es ist rot." Zudem ist die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers viel niedriger.

Wir machen uns und den Fahrzeugen das Leben also einfacher, wenn wir sozusagen auch eine Fahrzeugkommunikationsinfrastruktur hineinbringen. Das bedeutet zum einen intelligente Ampeln, was unter anderem in Richtung intelligenter Leitsysteme geht. Zum anderen bedeutet das, was sich bereits in jedem normalen Fahrzeug befindet, nämlich eine Kommunikationseinheit, um an andere übertragen zu können: "Ich bin hier, und ich komme an diese Ecke." Dadurch kann auch das autonome Fahrzeug vorausschauen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich stelle mir jetzt die Frage, welche Auswirkungen es auf die Stadtplanung gibt. Im Kern geht es darum, was von Ihnen bereits genannt wurde. Wir brauchen große Flächen und müssen Städte neu denken. Ist das so, Herr Kollege Hildebrand?

**SV Gert Hildebrand:** Ich habe es in meinen Ausführungen dargelegt. Das wird kommen. Wie das kommen wird, weiß ich aber natürlich nicht, denn sonst könnte ich in die Zukunft schauen.

Dienlich wäre eine sofortige Aktivität der Landesregierung, Flächen der Landesregierung oder Flächen, auf die sie Zugriff hat, schon jetzt zu schützen – das betrifft zum Beispiel auch stillgelegte Bahnstrecken, Bahnhöfe –, um dann Zeit zu haben, Parkhäuser, Wechselstationen oder Kontrollstationen – also alles, was angesprochen wurde – zu planen. Denken wir auch einmal an den großen Lastwagenverkehr. Wo sind Tauschstationen? Wo wird umgeladen? Wird das auch autonom gemacht? Dabei handelt es sich um große Verladezentren, die stadtnah sein sollten. Solche Themen wären infrastrukturell zu berücksichtigen.

Viele Flächen wurden bereits verschenkt oder verkauft. Dabei erinnere ich nur an den Güterbahnhof München-Innenstadt oder an Stuttgart 21. Man sollte jedoch Flächen schützen, um dann Zeit und Planungssicherheit zu haben, die notwendige Infrastruktur in Freiheit zu bauen. Wir wissen zwar noch nicht genau, wie sie später wirklich aussieht, allerdings wissen wir sicher, dass sie physikalisch Platz benötigt. Das ist eigentlich meine wichtigste Botschaft, die ich heute einbringen will.

**Dr.-Ing. Julia Kinigadner (TU München):** Ich möchte kurz ergänzen, dass auch viel Potenzial existiert. Es ist bekannt, dass Privat-Pkw viel, also über 90 % der Zeit parken. Gerade mit autonomen Fahrzeugen bestünde die Chance, Flotten im Einsatz zu haben, die ständig unterwegs sind. Dementsprechend bräuhete man vielleicht nicht mehr so viele Fahrzeuge, die dann stehen, und würde in den Städten möglicherweise Räume gewinnen.

Zu bedenken ist auch, wie sich räumliche Strukturen langfristig entwickeln könnten. Eine Überlegung dabei ist, dass sich die Zeit im Fahrzeug anders anfühlt, als wenn man selbst fährt, und sich viel weitere Strecken zurücklegen ließen. In gewisser Weise wäre das auch eine Verbesserung der Erreichbarkeit in den ländlichen Räumen. Gleichwohl müsste man mit einer entsprechenden räumlichen Planung ein Stück weit dafür sorgen, dass wir unsere räumlichen Dichten nicht verlieren und zum Beispiel Strukturen wie in den USA bekommen.

Insofern gibt es also ein paar Wechselwirkungen, die man bedenken sollte. Ich meine aber, dass wir in Deutschland über regulatorische Rahmenbedingungen verfügen, um das gut zu steuern.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich versuche einmal, Ihre Antwort zu spiegeln. Sie haben formuliert: Durch das autonome Fahren wird es so sein, dass die Flotten stärker in Bewegung sind. Möglicherweise braucht nicht mehr jeder ein Auto, und die Parkflächen, die zur Verfügung stehen, könnte man zum Beispiel für den Radverkehr nutzen.

**Dr.-Ing. Julia Kinigadner (TU München):** Es gibt viele Optionen. Man könnte die Flächen natürlich für den Radverkehr nutzen. Man könnte sie aber auch für einen Aufenthalt – Begrünung, Entsiegelung – oder für Logistik nutzen oder Zonen darauf schaffen, in denen Leute abgeladen und eingesammelt werden. Die Herausforderungen sind vielfältig. Ich denke, dass sich die Ansprüche an den urbanen Raum sehr ändern und wir diese Flächen wirklich brauchen werden.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Dann frage ich die BMW Gruppe: Herr Böres, welche Auswirkungen gibt es auf den Stau und die Rushhour? Theoretisch müsste der Stau weniger werden. Ist das so?

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Das hängt davon ab, ob man in die automatisierten Fahrzeuge ein Pooling integriert und mehrere Leute mit einem Auto fahren. In diesem Fall besteht die Chance, dass der Stau weniger wird. Wenn das System

hingegen automatisiert wird, aber sonst gleich bleibt, wird das am Stau nichts ändern.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Jetzt haben Herr Drewes, Herr Dr. Rheinländer und Herr Hildebrand das Wort. Bitte.

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Wir haben dieses Thema in unserer Studie sehr genau untersucht. Wenn wir die Robotaxis parallel zum ÖPNV fahren lassen, dann haben wir in den Metropolen in der Rushhour 40 % mehr Verkehr. Wenn wir so etwas jedoch als Zubringer integrieren – das heißt, das muss nicht Teil des ÖPNV sein, sondern das wird verkehrlich, tariflich und vertrieblich integriert –, dann kommen wir auf 10 % weniger Verkehrsbelastung in den Metropolen.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Ich habe in mein erstes Statement bewusst die Umfrage hineingenommen, die wir durchführen. Die Einführung von autonomem Fahren ist nicht per se ein Zweck; das darf so auch nicht sein. Autonomes Fahren muss die Mobilität für die Bevölkerung, für die Menschen mehr oder weniger besser machen. Darauf kommt es an.

Aus meiner Sicht ist es sehr sinnvoll, sich genau so etwas wie die Studie der Bahn, der Forschungsinstitute dazu anzuschauen, wie man solche Systeme sinnvoll im urbanen und im ländlichen Raum einführt. Das geschieht nämlich nicht einfach, indem man mehr oder weniger nach dem Prinzip "free floating der Kräfte" Investoren hineinlässt, die dann Tausende von Fahrzeugen hineinnehmen.

Es war sehr interessant, als wir in San Francisco waren, denn dort war eine Aussage innerhalb von Alphabet von Google: "Wann werden diese Fahrzeuge am meisten genutzt? Das ist morgens, wenn die Schülerinnen und Schüler von den Eltern hineingesetzt werden." Stellen Sie sich jetzt vor: 100 Schüler gehen in einen Bus. Wenn sie hingegen mit einzelnen Waymos vor die Schulen fahren, verursacht das einen kompletten Verkehrskollaps.

Das heißt, es muss etwas für die Menschen in unserem Land sein, und von da aus sollten diese Konzepte sinnvoll eingeführt werden. Deshalb habe ich auch sehr begrüßt, eine substanzielle Studie wie die Bahnstudie vorliegen zu haben und sehen zu können, wie man das jetzt einführt ohne dabei über Systeme zu reden, die darauf basieren, dass Level-5-Fahrzeuge in den Privatbesitz kommen. Denn es ist noch sehr lange hin, bis das so weit ist – 20, 30 Jahre –, und dann ist wahrscheinlich keiner mehr von uns aktiv im Amt und gestaltend dabei.

Wir müssen jetzt starten und Modellregionen mit Hunderten von Autos schaffen, um bei diesem Thema wirklich einmal vorwärts zu kommen. Das ist das Wichtige.

**SV Gert Hildebrand:** Ich möchte dieser Aussage zustimmen und ergänzen, dass es nicht "das autonome Fahren" gibt. Es gibt Autos, die man besitzt, die autonom fahren, und es gibt Robotaxis, die man als Taxis nutzt. Dazu kommen die Nutzfahrzeuge und der öffentliche Verkehr. Des Weiteren wird es Schiffe, aber auch Flugzeuge geben; Bayern war Vorreiter bei Volocopter. Außerdem gibt es bereits landwirtschaftliche Fahrzeuge, die Felder autonom bewirtschaften. Was möchte ich ausdrücken? Es ist schon komplizierter.

Wenn ich morgens mit meinem BMW 7er autonom zur Arbeit gefahren bin, schicke ich das Auto im Anschluss entweder nach Hause oder zu einem anliegenden Parkplatz bzw. in ein Parkhaus und hole es mir dort am Abend wieder. Ich muss also keinen Parkplatz suchen.

Dann gibt es natürlich noch das Platooning. Das bedeutet, dass sich Autos, die in eine Richtung oder zu einem Ziel fahren – die Autos wissen das ja unter-

einander –, wie eine Raupe hintereinanderschalten lassen. Sie könnten dabei einen Abstand von nur einem Meter halten, weil sie autonom fahren und dadurch nicht gefährdet sind, Unfälle zu gestalten. Mit diesem Platooning, mit diesem Hintereinanderschalten von Autos oder Lastwagen, die in die gleiche Richtung fahren, wäre es möglich, zum Beispiel auf der Strecke von Karlsruhe nach München 40 Lastwagen in einem Abstand von einem Meter – aerodynamisch sauber – clever zusammenzuschalten.

Es wird natürlich auch Herausforderungen geben, die wir noch gar nicht kennen. Es gibt aber Menschen, die sich entsprechende Szenarien ausmalen – Sie sitzen unter anderem hier am Tisch –, und über diese Szenarien muss man nachdenken.

Also, wir brauchen in der Innenstadt schon noch Platz. Dorthin kann man sein Auto zum Parken für den ganzen Arbeitstag schicken. Man kann es aber auch nach Hause schicken, damit es die Frau nutzt, sie damit die Kinder abholt usw. Der Vorteil des autonomen Fahrens ist tatsächlich, dass es vor allem um den Menschen und nicht um das Produkt und das Auto geht; das wurde vorher richtigerweise gesagt.

Gleichwohl bedeutet autonomes Fahren: Wie können wir dem Individuum weiterhin eine individuelle Mobilität zuweisen, aber auch günstig öffentliche Massenverkehrsmittel fahren, um Platz zu sparen? Das ist praktisch dieser Spagat zwischen BMW 7er, ÖPNV und MAN-Bus.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank. – Herr Kollege Nolte.

**Abg. Benjamin Nolte (AfD):** Ich muss jetzt einmal nachfragen. Eben hieß es, dass es für das autonome Fahren keiner Anbindung an das Netz, an das Internet oder wie auch immer bedürfe. Wenn die Fahrzeuge aber untereinander oder mit Ampeln kommunizieren, dann würde das ja über das Internet funktionieren, oder nicht?

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Frau Prof. Patiño Studencki, bitte.

**SVe Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Es gibt die Kommunikation Vehicle-to-Vehicle, also die Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug. Wir müssen also nicht unbedingt einen kompletten Mobilfunk haben, weil die Fahrzeuge in dem entsprechenden Bereich direkt miteinander kommunizieren.

(Zuruf: Über welches Netz?)

– Dafür gibt es einen Standard. Dieser Standard, mit dem viele der Fahrzeuge ausgestattet sind, ist entweder C-V2X oder 802.11b. Dabei handelt es sich um einen auf WLAN basierten Standard bzw. eine Weiterentwicklung des WLAN.

Ich bin davon überzeugt, dass die Kommunikation der Autos miteinander unerlässlich ist und wir uns damit das Leben einfacher machen. Warum muss eine KI versuchen, vorherzusagen, was das andere Fahrzeug machen möchte, wenn das Fahrzeug zum Beispiel: "Ich werde hier geradeaus fahren" direkt kommunizieren kann? Diese direkte Kommunikation macht uns allen, wie gesagt, das Leben einfacher.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich nehme jetzt noch Herrn Drewes und Herrn Stolle in die Runde.

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Dazu ganz kurz: Es ist so, dass die vier großen Anbieter, die heute schon kommerziell und fahrerlos fahren, das nicht nutzen und tatsächlich nicht mit den Ampelsystemen kommuniziert wird. Das hat

einen bestimmten Grund. Es gibt auf der Welt Hunderte oder sogar Tausende von Ampelsystemen, und sie müssten sich in alle diese Ampelsysteme integrieren. Das wäre ein riesiger Aufwand. Deshalb tun sie das nicht, sondern entwickeln Systeme, die einfach komplett überall funktionieren und die Ampeln erkennen, indem sie sie wie der Mensch sehen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Das ist sehr spannend. – Es gibt eine direkte Erwiderung. Das ist eine Kontroverse, und das hatten wir heute noch gar nicht.

(Heiterkeit)

Frau Patiño Studencki, ich erteile Ihnen das Wort.

**SVe Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Ich habe gerade nachgesehen. Waymo nutzt die Kommunikation Vehicle-to-Vehicle. Es ist auch so, dass wir in unserem Labor in Kronach alle neuen Fahrzeuge mit einem OBU empfangen und sehen können, wo sie sich aufhalten. Ich denke nicht, dass es einen Widerspruch gibt. Es handelt sich um eine Ergänzung, und zwar um eine gute Ergänzung, um autonomes Fahren schneller möglich zu machen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wir setzen jetzt in der Reihenfolge der Wortmeldungen fort. Herr Stolle und Herr Böres, bitte.

**SV Dr. Reinhard Stolle (Fraunhofer IKS):** Das meiste wurde bereits gesagt, und ich möchte zunächst Herrn Drewes zustimmen. Für das unmittelbare Fahren braucht man keine Konnektivität. Das ist ganz wichtig, weil die Kommunikation ausfallen kann und das Fahrzeug dann trotzdem sicher sein muss.

Mit der Konnektivität lässt sich jedoch hier und da die technische Aufgabe vereinfachen, wenn man das Glück hat, dass zum Beispiel eine Ampel kommuniziert. In der Regel wird das aber nicht eingesetzt, weil man eben das Durchdringungsproblem hat. Wenn einem alle zwei Stunden ein Fahrzeug entgegenkommt, das auch diese technische Ausstattung hat, dann hat man nicht viel davon. Man legt darauf also einfach keinen großen Wert.

Durchaus benötigt wird eine Konnektivität hingegen – das wurde bereits angesprochen – für die Anbindung an die technische Aufsicht und zur Optimierung der Mobilität. Wenn man Nachfrage und Angebot einfach aufeinander abstimmen und das Gesamtverkehrsaufkommen zum Beispiel durch den ÖPNV zusammen mit einer Flotte von autonomen Fahrzeugen optimieren will, dann braucht man dafür eben auch die Kommunikation.

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** Ich möchte ergänzen. Wir brauchen die Konnektivität auch nicht zum Fahren. Sie ist aber ein wichtiger Punkt, um quasi Echtzeitinformationen ins Auto zu bekommen, wenn zum Beispiel irgendwo ein Stau ist oder sich Glatteis bildet. Das funktioniert jedoch vom Auto zu einer Backend-Kommunikation.

Wir haben viele Tests – auch Vehicle-to-Vehicle oder Vehicle-2-X-Kommunikation – durchgeführt. Momentan sind wir bei einer Latenzzeit von unter einer Sekunde, wenn ein Fahrzeug etwas meldet, das ins Backend geht und dann an das andere Fahrzeug zurückgemeldet wird. Wenn wir darüber hinaus die Daten im Backend sammeln, können wir auch prüfen: "Ist es ein echtes Phänomen, dass dort Glatteis oder Stau ist?", indem mehrere Fahrzeuge das Gleiche melden.

Von daher: Von einer Vehicle-2-X-Kommunikation nehmen wir Abstand. Das Backend reicht völlig.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Herr Hildebrand, Sie möchten ergänzen.

**SV Gert Hildebrand:** Ein Risiko ist die Latenzzeit zwischen Funkmasten und Autos, also diese Millisekunden oder halbe Sekunden, die die Datenübertragung "Mast zu Auto", "Auto zu Mast" dauert, weil man in einer halben Sekunde schon einmal 30, 40 Meter fahren kann. Das ist deshalb eine Infrastrukturmaßnahme, bei der die entsprechenden Behörden oder die Technologie – ich bin kein Ingenieur – eine Optimierung benötigen. Diese Latenzzeitrisiken sind einfach noch zu hoch.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wir werden jetzt diesen Fragenkomplex nach einer letzten Frage des Kollegen Nolte beenden.

**Abg. Benjamin Nolte (AfD):** Wahrscheinlich habe ich die Ausführungen richtig verstanden. Es wäre also eine Redundanz vorhanden, indem sich die Fahrzeuge sowohl optisch über Kamerasysteme oder die Sensorik als auch über die Infrastruktur orientieren; denn man hat ja irgendwann einmal ein Auto, das nicht autonom fährt und dann quasi unsichtbar ist, oder Fußgänger und Radfahrer dazwischen. Ich möchte nur noch einmal bestätigt haben, dass also beide Systeme quasi genutzt werden.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wer von den Experten mag das bestätigen? – Frau Prof. Patiño Studencki.

**SVe Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Ja, das ist so.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Vielen Dank. – Dann rufe ich Themenkomplex V. Ethik und Akzeptanz des autonomen Fahrens auf.

Ich habe Ihnen am Anfang sehr aufmerksam zugehört. Für mich als Bürger hätte es eine hohe Akzeptanz, wenn die Haftpflichtversicherung auch in Zukunft bleiben würde. Ich habe dort, wo ich wohne, einen hohen Beliebtheitsgrad, aber dennoch die Sorge, dass mich der eine oder andere einmal umfahren will. Dann wäre es gut, wenn derjenige versichert ist.

Des Weiteren habe ich die große Sorge, dass es keinen Zugang mehr zu den unfallrelevanten Daten gibt bzw. ich keinen Zugriff mehr auf meine Daten habe.

Teilen Sie diese Sorgen bzw. diese Einschätzung? Braucht es auch in Zukunft eine Pflichtversicherung, und brauche ich sozusagen einen diskriminierungsfreien Zugang zu meinen Daten? Ich bin kein Lobbyist der Versicherer, aber ein gefährdeter Abgeordneter. Herr Dr. Rheinländer, ich würde Ihnen das Wort erteilen.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Aus Verkehrsoffersicht sehe ich das auch so.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich sehe eine vergnügte Presse am Ende des Raums. Seien Sie uns begrüßt! – Herr Dr. Rheinländer, bitte.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Das ganze System der Kfz-Haftpflichtversicherung ist genau aus der Sicht der Verkehrsoffer entstanden. Das ist auch der wesentliche Punkt, den man hier hat. Sie erinnern sich vielleicht bzw. haben Bilder vor Augen, dass Menschen einmal fahnschwenkend vor ersten Automobilen in England unterwegs waren. Da hatte man gedacht: Wie geht denn das? Wie bekommt man das in den Griff?

Ohne eine Kfz-Haftpflichtversicherung darf man nicht auf die Straße. Das ist nicht nur Gesetzgebung bzw. ein Pflichtversicherungsgesetz, denn es handelt sich um eine Pflichtversicherung.

Für den Fall, dass doch ohne eine Kfz-Haftpflicht gefahren wird und ein schlimmer Unfall geschieht, nenne ich Ihnen als Beispiel den Berliner Weihnachtsmarkt am Breitscheidplatz. Damals ist eine sogenannte Schwarzfahrt passiert. Der Fahrer war erschossen worden, und der Täter setzte sich hinter das Steuer und fuhr in den Weihnachtsmarkt.

Auch solche Fälle hat der Gesetzgeber vorgedacht. Es gibt einen Opferfonds, und unter den großen Versicherern wird bei Fällen mit Hunderten von Opfern geschaut, wer das reguliert. Damals waren das wir. Es gibt drei, vier andere große Versicherer, und bei Fällen, die so reguliert werden, geht es letzten Endes reihum.

Das ist also alles vorgedacht, wobei das nicht nur durch die Gesetzgebung, sondern ebenso durch die vielen Urteile und Kommentierungen von Rechtsprechung über die Jahre hinweg entstanden ist. Deswegen ist dieses System auch so gut; es ist über die vielen Jahrzehnte hinweg so ausgereift.

Dieses System passt auch haargenau auf die Situation des autonomen Fahrens, und zwar aus der Gefährdung des Fahrers, der Fahrerin und aus der Gefährdung des Fahrzeugs heraus. Es ist bereits heute so, dass wir häufiger Radfahrer haben, die auf ein parkendes Auto auffahren. Da wird letzten Endes geschaut, ob das aus der Haftpflicht für das Auto reguliert wird. Genau dafür soll das sorgen.

Das ist auch das, was ich vorhin erwähnte. Es ist so selbstverständlich, dass es die Kfz-Haftpflichtversicherung gibt und wir uns in den Straßenverkehr trauen. Wir trauen uns als Person gegen Autos anzutreten, die 2,5 Tonnen wiegen und 50, 60 Stundenkilometer schnell sind, wenn wir eine Straße kreuzen. Sie können sich anschauen, wie es aussieht, wenn das aufeinanderprallt. Dennoch trauen wir uns das, weil wir wissen, was da passiert.

Genau dieses Regime bekommen wir letzten Endes auch für das autonome Fahren. Die angelsächsischen Rechtssysteme beneiden uns um diese Halterhaftung, um diese Gefährdungshaftung, die aus dem Fahrzeug heraus resultiert. Diese Haftung ist prädestiniert für das autonome Fahren, und deswegen traut man sich in Kronach künftig auch dann noch auf die Straße, wenn dort autonome Fahrzeuge fahren.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Das freut mich sehr. – Gibt es zu diesem Themenkomplex weitere Anmerkungen? – Das ist nicht der Fall. Dann rufe ich Themenkomplex VI. Partnerschaften und Modellprojekte zwischen Unternehmen und öffentlichen Trägern auf.

Dazu haben wir grundsätzliche Fragen, die wir an jeden Experten richten. Was würden Sie sich wünschen? Wie wäre der nächste Schritt? Wie müsste eine Kooperation aussehen? Was wäre noch eine gute Idee? Denn einige Dinge wurden heute ja schon genannt. – Herr Drewes, wir beginnen bei Ihnen. In aller Kürze: Was würden Sie sich wünschen?

**SV Thomas Drewes (DB Regio Straße):** Ich glaube, was wir jetzt brauchen, sind diese Modellregionen, von denen wir gesprochen haben. Diese Modellregionen müssen eine gewisse Größe, eine gewisse Anzahl von Fahrzeugen und einen gewissen Innovationsanspruch haben. Darüber hinaus wird sich der große Sprung in der Angebotsqualität gerade im Ländlichen nur finanzieren lassen, wenn wir das mit einer zusätzlichen Nutzerfinanzierung machen können. Die Modellregionen

müssen deshalb auch ein gewisses Mobilitätsniveau erreichen, damit am Ende diese Nutzerfinanzierung funktioniert.

Was brauchen wir dafür? Wenn wir eine Region ausgewählt haben, müssen wir zuerst eine Mobilitätsanalyse durchführen. Das heißt, wir müssen uns überlegen, wie das Mobilitätssystem aussehen soll. Das Mobilitätssystem besteht aus einem Zug, der im Prinzip da ist, weil der Ausbau auf der Schiene geplant ist. Diesen Zug nehmen wir dann.

Danach schauen wir uns die Busverkehre an. Die Busverkehre fahren, weil sie im Moment das einzige öffentliche Mobilitätssystem sind, in Serpentina durch unsere Städte und Dörfer, sammeln die Menschen ein und bringen sie mehr oder weniger an ihr Ziel. Von der Reisezeit her ist das total unattraktiv, denn gerade, weil sie so einen Milkrun machen, um die Leute einzusammeln, brauchen sie sehr lange. Diese Buslinien müssen wir also auf viele Hauptachsen legen und die Busse in einer hohen Frequenz fahren lassen.

Perspektivisch: Wenn die autonomen Busse kommen, dann sollen sie auch autonom fahren. Damit werden sie in ihren Kosten um circa 30 % günstiger.

Im nächsten Schritt müssen wir einen On-Demand-Verkehr darüberlegen, der den Zubringer zu den Schienen und Linienbussen durchführt. Des Weiteren führt er überall dort eine Direktfahrt durch, wo sonst kein attraktives Angebot vergleichbar mit dem Pkw zustande kommt.

Wir haben dann wirklich ein attraktives Mobilitätssystem. Das muss aber geplant werden, und wir müssen überlegen, wie wir das finanzieren können.

Wie kommen wir im Prinzip am Anfang dorthin? Es gibt die Möglichkeit, dass man das einfach seitens des Staates oder durch sonst jemanden bezahlt. Wir haben jedoch gelernt: Das wird wahrscheinlich nicht passieren, denn die Bundesregierung bzw. das Verkehrsministerium hat klar gesagt, das nicht zu machen. Deshalb müssen wir das migrieren und schrittweise einen Transformationsprozess aus dem Bestehenden, also aus den Verkehren, die wir haben, definieren.

Alle Verkehre im ÖPNV werden über einen bestimmten Zeitraum ausgeschrieben. Das heißt, das läuft immer wieder aus, und es wird im Prinzip Geld frei. Den Transformationsplan müssen wir genau an diesen Verkehren ausrichten, die genauso wie die Gelder freierwerden. Ergänzt werden muss das allerdings mit einer Anschubfinanzierung, damit das System auf ein neues Mobilitätsniveau kommt.

Das muss ausgeplant werden, und wir können dann auch die Nutzerfinanzierung simulieren bzw. wie viele Menschen umsteigen. Daran kann man wiederum erkennen, wie sich das System in Zukunft – in sieben, in acht Jahren – ungefähr trägt, weil sich die Menschen ja erst daran gewöhnen müssen. Irgendwann kommt dann noch die Nutzerfinanzierung dazu.

Das ist das, was wir jetzt in diesen Modellregionen verproben können, und wenn wir das mit den Menschen gemeinsam entwickelt haben und sehen, dass das funktioniert, können wir das deutschlandweit ausrollen. Wir haben dann überall in Deutschland eine bessere Lebensqualität.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Das war ein sehr großer Wunsch. – Herr Böres, bitte schön.

**SV Dr. Maik Böres (BMW Group):** BMW hat mit dem ÖPNV relativ wenig zu tun. Nichtsdestoweniger würde ich Herrn Drewes zustimmen. Wir brauchen diese

Modellregionen, und wir müssen das schrittweise ausrollen. Der Hauptteil sind digitale Karten, auf denen man sozusagen fahren und präzise planen kann. Es ist aber genauso der digitale Zwilling der kompletten deutschen, europäischen Verkehrsinfrastruktur. Wenn das vorhanden ist und geshared wird, dann sehen wir Chancen, im Individualverkehr höhere Automatisierungslevel einzuführen.

**SV Dr. Jörg Rheinländer (HUK-Coburg):** Ich möchte auf das aufsetzen, was Herr Drewes sagte, weil ich glaube, dass genau das der Punkt ist. Ich würde mir wünschen, dass wir aus dieser Runde heraus ein Aufbruchsignal senden.

Wir sollten nicht weitere Jahre theoretisch sprechen, sondern jetzt in Aktion kommen und zwei Modellregionen in Bayern aufrüsten. Aus Überzeugung als bayerischer Staatsbürger, aber auch für die in Bayern ansässige HUK-COBURG spreche ich mich dafür aus, das in einem großen urbanen Raum – dafür bietet sich natürlich München an – und in einem ländlichen Raum zu machen.

Es geht darum, unseren Menschen in Bayern eine bessere Mobilität anzudienen und das dementsprechend zu entwickeln. Die HUK-COBURG würde das gerne mit ihrer Versicherungsexpertise begleiten, wobei wir uns auch vorstellen könnten, eventuell in eine finanzielle Unterstützung hineinzugehen. Allerdings sollten wir jetzt handeln, und ich würde mir wünschen, dass das Land diese Fahne in die Hand nimmt und sich hier an die Spitze der Bewegung in Deutschland setzt.

**SV Dr. Reinhard Stolle (Fraunhofer IKS):** Ich stimme allen Vorrednern zu und möchte noch ergänzen. Wenn wir mit diesem Projekt, mit diesem, ich sage einmal, skalierbaren Modell beginnen, sollten wir uns von Anfang an einig sein, wann wir die Fahrer wirklich aus den Fahrzeugen herausnehmen können. Denn nur dann ist es hinterher nicht mehr ein Pilot oder ein Modell, und es besteht die Chance, das wirtschaftlich zu betreiben.

Bei allen Modellen, die ich kenne, ist immer ein Sicherheitsfahrer an Bord. Das ist für die Forschung natürlich in Ordnung. Langfristig ist das aber nicht wirtschaftlich. Man müsste sich also über die Sicherheitsbetrachtung und die Bedingungen einig werden, wann es realistisch ist, die Fahrer herauszunehmen.

Ein weiterer Wunsch wäre, dass wir einen deutschen oder zumindest einen europäischen Anbieter für die Fahrzeuge nicht nur bezogen auf die Größe von Bussen und Lkw, sondern auch für kleinere Fahrzeuge haben.

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Es gibt keine Kontroverse. Ich möchte mich meinen Vorrednern und vor allem Thomas Drewes anschließen, der zu Beginn die Modellregionen gut ausgebreitet hat.

Der Wunsch ist, was wir im letzten Jahr beim IAA MOBILITY Roundtable in der Staatskanzlei mit allen führenden Vertretern von Bund, Land, Industrie und Forschung vereinbart haben: wenige Modellregionen und außerdem kein Gießkannenprinzip und kein Proporz, denn das würde uns hindern, die Geschwindigkeit aufzunehmen, die wir brauchen.

Wir dürfen auch nicht warten, bis der Bund oder die EU entscheiden, wie Modellregionen ausgerufen und finanziert werden, sondern wir müssen versuchen, die Investitionsversprechen, die wir von den Versicherern, von der Industrie, von allen möglichen Partnern hören, einzusammeln und gemeinsam zu Modellregionen zu entwickeln. Da ist der Blick ein wenig: Wie kann man so etwas machen?

In München und in der Region München haben wir die MZM-Allianz, die Mobile Zukunft München, in der unter anderem die Landkreise und der MVV vertreten sind. Dort rechnen sie genau durch: Was sind die Ansprüche für diese Modellregi-

on? Wie viele Fahrzeuge braucht es? Was kostet uns das? Es gilt, einen solchen Schwung zu nutzen und zu überlegen – da spielen Sie jetzt eine Rolle –, wie man die Finanzierungsversprechen und dieses "Wir wollen alle anpacken" aufnehmen kann.

Dazu lohnt sich ein Blick in die Schweiz. In der Schweiz gibt es eine Orchestrierungseinheit zusammengesetzt aus Staat, Industrie und Forschung. Sie vertritt nicht wie ein großer Verband alle, sondern sie vertritt die Kleinen. Sie ist ein schlagkräftiges Sprachrohr für das autonome Fahren, sie bündelt Regulierungsfragen, und sie holt Investitionsversprechen her und bindet sie an.

So etwas könnte man auch in München bzw. in Bayern gründen, um Schwung aufzunehmen. Im Augenblick sagen alle: "Wir wollen alle" und fragen dann: "Aber wer fängt an?" Wo geben wir es also hin? Warten wir, bis der Bund etwas finanziert? Warten wir, bis das Land etwas finanziert? Warten wir, bis die Industrie anfängt, zu investieren? Wir brauchen jemanden, der die ganzen Interessen zusammenbringt.

Die TU München hat von der Bundesregierung den Auftrag, ein Deutsches Zentrum Mobilität für autonomes Fahren zu gründen. Das beginnt in diesem Jahr. Wir haben vier Jahre Zeit, mit einer guten Ausstattung ein System zu schaffen, um vielleicht genauso ein Player zu werden, der uneigennützig, staatlich finanziert und ohne Eigeninteresse die Interessen der Regionen bündelt und eine Modellregion zum Laufen bringt, damit wir nicht weiterhin die Geschwindigkeit wie im Augenblick verlieren, weil wir zwar alle wissen, was wir tun sollten, aber das nicht ins Tun bringen.

**Dr.-Ing. Julia Kinigadner (TU München):** Das kann ich aus meiner Sicht bestätigen; wir gehören in dieser Hinsicht ja zusammen.

Wer wird alles gebraucht? Selbstverständlich werden die Fahrzeughersteller und die Softwarestackhersteller gebraucht. Gerade im ÖPNV werden die Verkehrsunternehmen und die Verbünde benötigt, denn es gibt kleinere Verkehrsunternehmen, die die entsprechenden Themen nicht alleine stemmen können. Ein Beispiel dafür ist die Aktualisierung von Betriebsprozessen oder der Aufbau von Leitstellen, was einer gewissen Bündelung bedarf. Des Weiteren wird die Forschung gebraucht. Ebenso werden die Kommunen, der Bund und die Länder als Aufgabenträger, als Gesetzgeber und sicherlich auch als Finanziere benötigt.

Ich denke, das zeigt gut, dass eine gewisse Komplexität vorhanden ist, bei der es nicht den einen designierten Driver gibt. Allerdings gibt es genug Akteure, die wollen. Wichtig wäre, dass sie zusammenkommen, und zwar auch räumlich, und sie sich überlegen, wie eine Modellregion aussehen könnte.

**Sve Prof. Dr. Lucila Patiño Studencki (Hochschule Coburg):** Ich meine, das Thema Modellregion ist für alle klar. Allerdings würde ich mir wünschen, dass wir nicht gleich das größte Ziel anstreben, nämlich im Mischverkehr unter sämtlichen Bedingungen zu arbeiten. Wir sollten Schritt für Schritt an die Sache herangehen und sagen: "Wir definieren die Operational Design Domain so, damit wir möglichst bald in das autonome Fahren hineinkommen können." Außerdem sollten wir darüber nachdenken, was wir nicht erst in zehn oder 20 Jahren, sondern was wir bereits innerhalb der nächsten zehn Jahre beim autonomen Fahren machen können.

Daran schließt eine Bitte an. Es bedarf eines innovationsfreundlichen Rahmens für das autonome Fahren. Für die Forschung ist es sehr aufwendig, eine KBA-Zulassung für ein Level-3-Fahrzeug, geschweige denn für die Automatisierungsstufe 4 zu erhalten. Wir brauchen daher Testfahrzeuge und für Forschungsinstitute Zulas-

sungen für den Testbetrieb, die deutlich einfacher als Zulassungen für Serienfahrzeuge zu erhalten sind, weil wir sonst nicht experimentieren können.

**SV Gert Hildebrand:** Ich stimme allen zu und ich widerspreche. Wir müssen groß denken. Eigentlich geht es um das Geld und darum, wer einen solchen Aufwand überhaupt kapitalisieren kann. Es handelt sich um ein kommerzielles Milliardengeschäft; das autonome Fahren ist bereits heute ein Milliardengeschäft. Das wird es auch in Zukunft sein, und kleine Institutionen oder staatliche Organisationen können das meiner Meinung nach nicht mehr schaffen.

Wenn ich Herr Jürgen Baumgärtner wäre, dann würde ich morgen Uber, Waymo und VERNE anrufen und sagen: Ihr dürft 500 Autos in München oder im Landkreis München oder im Großraum München sofort einsetzen, und die Landesregierung wird für die rechtlichen Rahmenbedingungen in dem Raum sorgen, für den sie zuständig ist. Dann fände ein Wettbewerb statt; Stuttgart als Mercedeshauptstadt würde schauen, was die BMW-Hauptstadt macht.

Wir müssen Leistung und Wettbewerb generell als Menschen und als Unternehmer fördern. Ich hätte auch keine Scheu, mit den Großen zu operieren, denn sie sind deshalb groß, weil sie erfolgreich sind; ich würde immer mit erfolgreichen Partnern arbeiten und nicht mit ideologischen, politischen oder sonstigen Dingen rechnen. Das wäre ein pragmatischer Schritt. Die Stadt München macht das im Übrigen mit den E-Rollern. Sie hat mit der Firma, die das organisiert, einen Vertrag und erlaubt, dass diese E-Roller in München gefahren werden. Im Prinzip ist das dasselbe System, nur ein anderes Bild.

Ich würde sofort anfangen. Telefonieren kann ich, und ich könnte morgen bei Ihnen vorbeikommen. Dann könnten wir helfen, und ich bin gerne bereit zu helfen.

VERNE ist ein europäischer Hersteller, wenn man es also nicht amerikanisch oder chinesisch möchte. Die kenne ich auch, und da kann man ebenfalls telefonieren. Wie weit sie dort sind, weiß ich nicht, und ich kann natürlich nichts versprechen; ich bin nur ein unabhängiger Experte.

Also, ich würde pragmatisch und sofort mit einem Pilotprojekt und nicht mit Piloten überall beginnen. Das wäre dann München, Oberbayern oder ganz Bayern. Wenn man dort mit einer großen Flotte begönne – 500 Autos oder 500 Projekte, wie auch immer man das nennt –, bekäme man zudem Daten und Vergleiche. Außerdem haben wir gerade gehört, dass wir gut versichert sind. Da bin ich beruhigt. Aber Spaß beiseite: Wir müssen das groß angreifen, und das geht auch.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Sie überschätzen meine Rolle im Parlament, aber ich sage dennoch herzlichen Dank. – Ich bin mit den Fragen, die ich heute loswerden wollte, fertig. Es sind jetzt noch zwei Themenkomplexe offen. Ich denke aber, dass wir sie im Rahmen dieser Anhörung abgearbeitet haben. Gibt es seitens der Kolleginnen und Kollegen noch etwas? – Frau Kollegin Sowa aus Bamberg, Sie haben das Wort.

**Abg. Ursula Sowa (GRÜNE):** Ich habe eine Frage zu München. Es gibt die Internationale Bauausstellung mit dem Thema "Räume der Mobilität". Im Rahmen dessen wurden etwa 30 Pilotprojekte ausgewählt, und in dem Zeitraum von 2024 bis 2034 soll etwas Großes entstehen. Meines Wissens ist auch die TU München tangiert. Deshalb frage ich Sie: Wie sehen Sie da den Bezug? Könnte man noch etwas unterbringen, oder läuft das bereits im Hinblick auf die Mobilität der Zukunft?

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Das war eine Frage, die sich ganz klar an Herrn May-Beckmann richtet. Können wir bei der TU noch etwas unterbringen?

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Sie treffen den Richtigen. Ich bin im Kuratorium der IBA, dementsprechend nah an den Projekten, und ich kann sagen: Es sind viele sehr schlaue Ideen aus der ganzen Region eingegangen.

Die Internationale Bauausstellung ist auf zehn Jahre ausgelegt, und sie ist ein hervorragendes Instrument, um solchen Projekten Sichtbarkeit zu verschaffen. Leider schafft sie aber noch keine Finanzierung. Das heißt, bei diesen Projekten ist das grundsätzliche Problem: Wo kommt die Anfangsfinanzierung her? Wer bringt das Geld mit, damit das ins Laufen kommt?

Dabei kann die IBA helfen, und das tut sie auch. Allerdings löst sie das Problem nicht, weil sie keinen Fonds, keinen Matchingfonds hat, wie ihn zum Beispiel eine Bayerische Staatsregierung mit der Industrie aufmachen könnte, um so etwas zu matchen, um Anfangsfinanzierungen mit zu ermöglichen.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Ich bin auch nicht der Finanzminister, um das klarzumachen.

(Heiterkeit)

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Bei der Frage der Finanzierung können diese ganzen Einheiten, diese Netzwerke immer noch nichts mitbringen. Dieses Henne-Ei-Problem ließe sich lösen, wenn man am Anfang eine Grundfinanzierung bekäme, die sich zum Schluss natürlich rekapitalisieren müsste. Am Anfang haben wir aber noch nichts, und leider bringt auch eine IBA nichts mit.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Wir haben im Rahmen des Ausschusses bereits formuliert, dass wir das eine oder andere bei der IBA unterstützen wollen. Bei Ihnen sind offenbar viele kluge Ideen eingegangen, und vielleicht könnten Sie dem Ausschuss die Ihrer Meinung nach attraktivste und klügste Idee einmal zukommen lassen. Dann schauen wir, was der Ausschuss bewegen kann. Zu viel versprechen kann ich nicht, aber wir schauen einmal. – Frau Kollegin Sowa, bitte.

**Abg. Ursula Sowa (GRÜNE):** Ich habe eine Nachfrage. Welche Summe stellen Sie sich vor, die man da einmal anfassen könnte?

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Es wäre unseriös, wenn ich jetzt einfach eine Summe in den Raum stellen würde, weil die Projekte wahnsinnig unterschiedlich sind.

**Abg. Ursula Sowa (GRÜNE):** Ist es ein-, zwei-, drei-, vierstelliger Millionenbetrag? Gibt es eine solche Hausnummer?

**SV Oliver May-Beckmann (TU München):** Wenn es um das große Thema Industrie und darum geht, in große Busse zu investieren und eine entsprechende Flotte aufzubauen, dann reden wir eher von einer Milliarde als von einer Million Euro. Wenn es hingegen um kleinere Projekte geht, wie ein autonomes Ruftaxi "On Demand" langsam hochzufahren, dann sind es andere Summen. Dementsprechend möchte ich Ihre Frage im Hinblick auf "von/bis" nicht beantworten.

Ich nehme aber Ihren Auftrag mit. Wir haben im nächsten Monat Kuratoriumssitzung. Dann suchen wir das beste Projekt aus und bringen es mit.

**Vorsitzender Jürgen Baumgärtner (CSU):** Bis vor zehn Minuten fand der Finanzminister unsere Veranstaltung noch gut, Kollegin Sowa.

(Heiterkeit)

Das haben wir jetzt zum Ende hin zerstört. – Ich danke Ihnen für Ihre wertvollen Beiträge. Ich danke auch für die Aus- und Weiterbildung der Kolleginnen und Kollegen des Bayerischen Landtags. Wir werden uns bemühen, das Gehörte in die politische Arbeit, in die Gesetzgebung, in die Verordnungen, in die entsprechenden Initiativen einzubringen. Das kann ich versprechen. Wir haben zwar nicht die Möglichkeiten wie die Kolleginnen und Kollegen im Deutschen Bundestag, aber wir sind stets bemüht.

Ich sage noch einmal vielen herzlichen Dank und wünsche Ihnen alles erdenklich Gute und einen guten Nachhauseweg. Damit schließe ich die Sitzung.

(Allgemeiner Beifall – Schluss der Sitzung)

## Verkehrsausschuss des Bayerischen Landtags

### Expertenanhörung Autonomes Fahren

Thomas Drewes, Leiter Autonomes Fahren, DB Region Straße

DB Regio IOKI KIT DLR prognos

## Autonomes Fahren

### Schlüssel zur Mobilität von Morgen

Studie

Autonomes Fahren galt über Jahrzehnte als Zukunftsvision. Inzwischen zeichnet sich klar ab, dass diese Technologie das Potenzial hat, unsere Mobilität grundlegend zu verändern.

Technik ist da

Gesetze sind da

ÖPNV-Projekte

Uber  
Bolt  
Lyft

Ankündigungen

Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“ 2

- Die Abbildung zeigt ein autonomes Fahrzeug des Unternehmens Waymo im Einsatz in San Francisco. Dort befindet sich bereits eine große Flotte von rund 1.000 Fahrzeugen im kommerziellen Robotaxi-Betrieb. Diese Fahrzeuge demonstrieren im täglichen Einsatz, dass die Technologie schon heute unter realen Bedingungen funktionsfähig ist.
- Auch der rechtliche Rahmen in Deutschland ermöglicht grundsätzlich den Einsatz vollständig fahrerloser Fahrzeuge im Flottenbetrieb. Damit bestehen bereits heute regulatorische Voraussetzungen für konkrete Anwendungen.
- Gleichzeitig ist festzuhalten, dass privat genutzte Pkw, die überall und ohne die Rückfallebene einer Technischen Aufsicht in der Leitstelle autonom fahren können, nach übereinstimmender Einschätzung von Expertinnen und Experten auf absehbare Zeit nicht verfügbar sein werden.
- Die Nahverkehrsbranche bereitet sich derzeit in Pilotprojekten auf den Einsatz autonomer Systeme vor. Parallel dazu haben große Mobilitätsplattformen konkrete Markteintritte für Europa, einschließlich Deutschland, angekündigt. Bereits ab dem Jahr 2026 ist mit ersten kommerziellen Robotaxi-Angeboten zu rechnen.
- Die Technologie bietet erhebliches Potenzial: Sie kann Mobilität komfortabler, effizienter und zugänglicher gestalten. Richtig eingesetzt eröffnet sie die Chance, das bestehende Mobilitätsangebot qualitativ auf ein neues Niveau zu heben.
- Vor diesem Hintergrund stellt sich die zentrale Frage, wie die Mobilität der Zukunft konkret ausgestaltet sein wird und welche Entwicklungspfade dabei realistisch sind.



- Unsere Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“ greift genau diese Fragestellung auf. Ziel ist es, mögliche Entwicklungspfade systematisch zu analysieren und deren Auswirkungen transparent zu machen.
- Hierfür wurden drei Szenarien entwickelt, die Auswirkungen der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der Technologie mathematisch berechnen. Um die langfristigen Effekte besser zu verstehen, wurde bewusst ein Ansatz gewählt, der vom Zielbild herdenkt.

- Als Zeithorizont wurde ein Zeitraum von rund 20 Jahren zugrunde gelegt, da davon auszugehen ist, dass die Transformation unseres Mobilitätssystems durch die Technologie bis dahin abgeschlossen sein kann.
- Auf dieser Basis wurde eine umfassende Verkehrsanalyse durchgeführt und erstmals quantitative Szenarien für ganz Deutschland erstellt.
- Für die Erstellung der Studie wurden gezielt starke Partner aus der Mobilitätsanalyse sowie der Wissenschaft eingebunden, um eine fundierte und interdisziplinäre Perspektive sicherzustellen.
- Ergänzend wurde ein Studienbeirat eingerichtet, in dem zentrale Annahmen, der methodische Ansatz sowie die iterative Weiterentwicklung der Szenarien kontinuierlich diskutiert und validiert wurden.

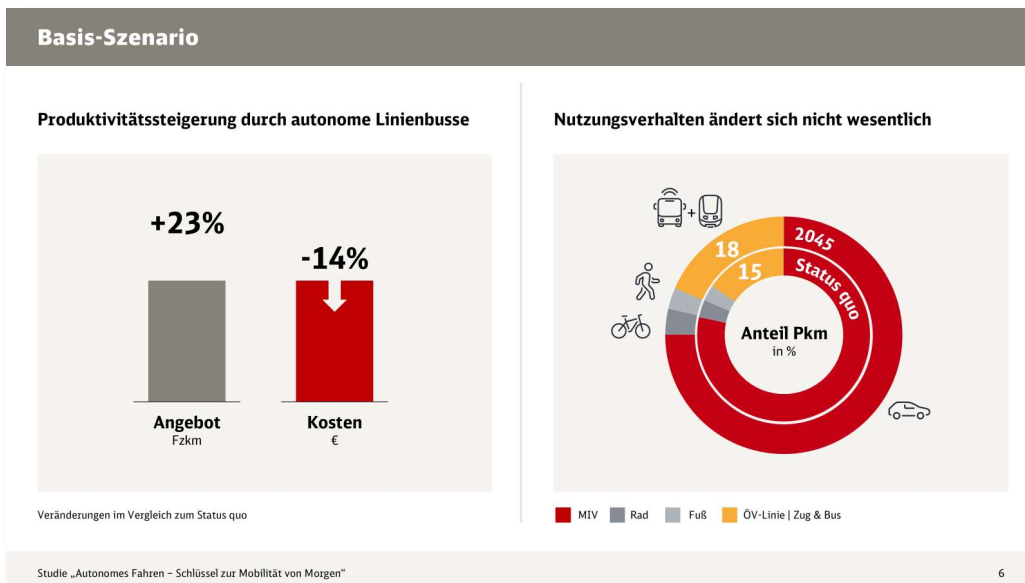


- Im nächsten Schritt werden die drei entwickelten Szenarien vorgestellt, die jeweils ein klar umrissenes Analyseziel verfolgen.
- Das **Basis-Szenario** untersucht die Auswirkungen des Einsatzes autonomer Technologien im klassischen ÖPNV.
- Das **Wettbewerb-Szenario** analysiert die langfristigen Effekte von privatwirtschaftlichen Robotaxi-Angeboten in Deutschland.
- Im **Daseinsvorsorge-Szenario** steht die Frage im Mittelpunkt, wie die Technologie gezielt eingesetzt werden kann, um einen möglichst großen gesellschaftlichen Nutzen zu erzielen.
- Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der Szenarien dargestellt.

## 1. Basis-Szenario



- Im **Basis-Szenario** wurde für die Entwicklung des Mobilitätsangebots zunächst der geplante Ausbau der Schieneninfrastruktur als gegeben unterstellt.
- Aufbauend darauf wurden die heutigen Linienbusverkehre sowie die bislang nur vereinzelt eingesetzten Shuttle-Angebote im ÖPNV vollständig durch autonome Fahrzeuge ersetzt.
- Ergänzend wurde das Angebot durch zusätzliche autonome Linienbusse in moderatem Umfang ausgeweitet.



- Die Ergebnisse des **Basis-Szenarios** zeigen, dass autonomes Fahren den ÖPNV deutlich effizienter gestalten kann.
- Trotz einer Ausweitung des Angebots im Bereich der Linienbusse sinken die Betriebskosten im Vergleich zum heutigen Niveau. Für Linienbusverkehre ergibt sich eine Kostensenkung in der Größenordnung von rund 30 %, bei kleineren On-Demand-Shuttles sogar von etwa 50 %.
- Mit Blick auf die Nachfrage zeigt sich, dass der Anteil des öffentlichen Verkehrs zwar moderat ansteigt – von etwa 15 % auf rund 18 % –, sich das Mobilitätsverhalten insgesamt jedoch nicht grundlegend verändert. Ursächlich hierfür ist ein insgesamt weiterhin zu niedriges Angebotsniveau.
- Das **Basis-Szenario** verdeutlicht damit: Wird die Technologie primär zur Automatisierung bestehender Strukturen eingesetzt, lassen sich zentrale Herausforderungen wie knappe Finanzmittel und Personalmangel adressieren. Das enorme Potenzial des autonomen Fahrens zur substantziellen Verbesserung des Mobilitätsangebots bleibt in diesem Fall jedoch weitgehend ungenutzt.

## 2. Wettbewerb-Szenario



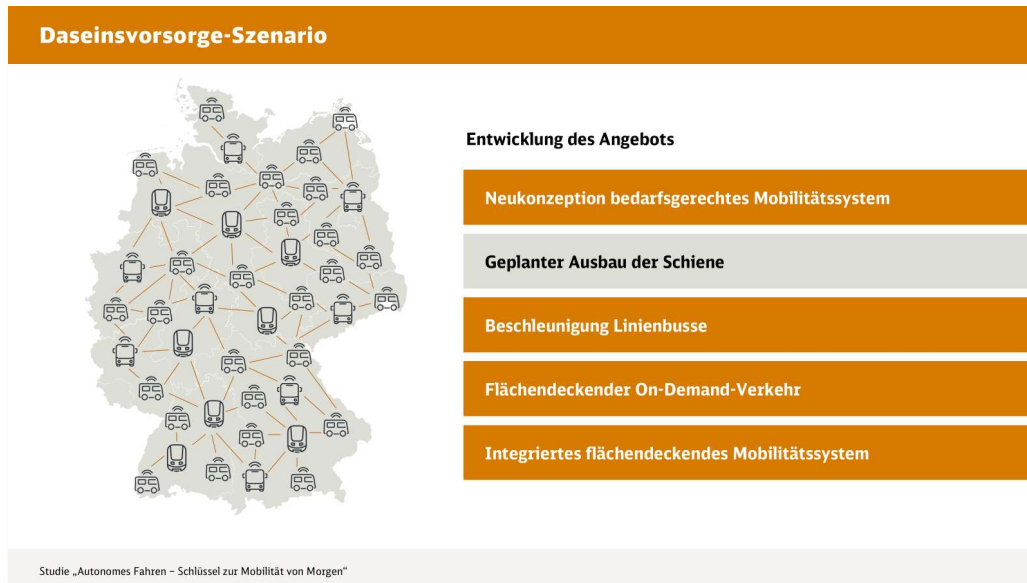
- Das **Wettbewerb-Szenario** baut in der Angebotsgestaltung auf dem **Basis-Szenario** auf. Der ÖPNV entspricht somit in Struktur und Umfang den zuvor beschriebenen Annahmen.
- Ergänzend treten Robotaxi-Angebote privatwirtschaftlicher Anbieter in den Markt ein und erweitern das bestehende Mobilitätsangebot.
  - Unter einem Robotaxi wird ein fahrerloses, individuell buchbares Fahrzeug verstanden, das per App bestellt wird und eine Buchung einer Fahrt entspricht. Funktional entspricht dies einem autonom fahrenden Ride-Hailing-Dienst, vergleichbar mit Angeboten von Uber – jedoch ohne Fahrpersonal.



- Die Analyse zeigt, dass Robotaxi-Angebote aus Kundensicht hoch attraktiv sind. Sie ermöglichen individuelle, komfortable Mobilität ohne eigenes Fahren und können perspektivisch – insbesondere bis zum Jahr 2045 – deutlich günstiger als heutige Taxiverkehre angeboten werden. Entsprechend ist mit einer breiten Nutzung zu rechnen, auch auf kurzen Strecken.
- In Metropolräumen führt dies zu einem erheblichen Anstieg des Verkehrsaufkommens, der in den Szenarien bei bis zu 40 % liegen kann.
  - Ein wesentlicher Treiber ist die Verlagerung bestehender Wege:  
In Deutschland wird ein relevanter Anteil der täglichen Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad oder im öffentlichen Verkehr zurückgelegt – deutlich mehr als beispielsweise in den USA. Verlagert sich ein Teil dieser Wege auf Robotaxis, werden Wege in den motorisierten Straßenverkehr verlagert, die zuvor nicht auf der Straße stattgefunden haben.  
Hinzu kommt der sogenannte Leerkilometer-Effekt. Während private Pkw vor und nach einer Fahrt in der Regel abgestellt sind, bleiben Flottenfahrzeuge kontinuierlich im Einsatz. Sie fahren nach dem Absetzen eines Fahrgasts weiter zum nächsten Auftrag oder positionieren sich neu im Netz. Diese Leerfahrten führen zu zusätzlichem Verkehrsaufkommen.
  - Hinzu kommt ein struktureller Effekt des Wettbewerbs: Mehrere Anbieter betreiben parallel eigene Fahrzeugflotten, um kurze Wartezeiten und hohe Verfügbarkeit für ihre Kunden sicherzustellen. Dies führt dazu, dass insgesamt deutlich mehr Fahrzeuge im Straßenraum unterwegs sind, als zur reinen Nachfragebedienug erforderlich wäre.
- In ländlichen Regionen, in denen heute ein Bedarf an zusätzlicher Mobilität besteht, können Robotaxi-Angebote aufgrund zu geringer Bevölkerungsdichte nicht ausreichend profitabel für die privatwirtschaftlichen Anbieter betrieben werden. Daher werden Robotaxi-Angebote in ländlichen Räumen nicht stattfinden.

- Insgesamt wird deutlich, dass Deutschland und auch Europa ein eigenes Konzept für das autonome Fahren benötigt, das sowohl die begrenzten Kapazitäten der Straßeninfrastruktur als auch die Mobilitätsgewohnheiten in Europa berücksichtigen.

### 3. Daseinsvorsorge-Szenario



- Im **Daseinsvorsorge-Szenario** wurde das Mobilitätssystem grundlegend neu konzipiert und konsequent am Bedarf ausgerichtet. Damit wird ein zentraler Nachteil des **Wettbewerb-Szenarios** vermieden: Statt eines Überangebots an Fahrzeugen werden nur so viele Fahrzeuge eingesetzt, wie zur Abdeckung der Nachfrage tatsächlich erforderlich sind.
- Gleichzeitig bleibt ein marktbasierendes Element erhalten: Robotaxi-Anbieter können sich auf definierte Kontingente bewerben und diese als integrierten Bestandteil des Gesamtsystems betreiben.
- Auch dieses Szenario setzt den bereits unterstellten Ausbau der Schieneninfrastruktur bis 2045 voraus.
- Die Linienbusverkehre wurden dabei neu strukturiert. Heute fahren Linienbusse mit Linienführungen durch Städte und Gemeinden, um Fahrgäste einzusammeln. Das führt heute zu langen Fahrzeiten. Daher wurden die Linienführungen auf viele Hauptachsen gelegt, wo sie hochfrequent fahren. Dadurch werden Fahrzeiten deutlich reduziert.
- Ergänzend wurde ein flächendeckendes On-Demand-Angebot eingeführt. Kleine autonome Shuttles übernehmen sowohl Zubringerfunktionen zu Bahn und Bus. Außerdem fahren diese Shuttles überall dort direkt, wo sonst kein attraktives Angebot zustande kommt.
- Insgesamt entsteht so ein integriertes flächendeckendes Mobilitätssystem in Deutschland.

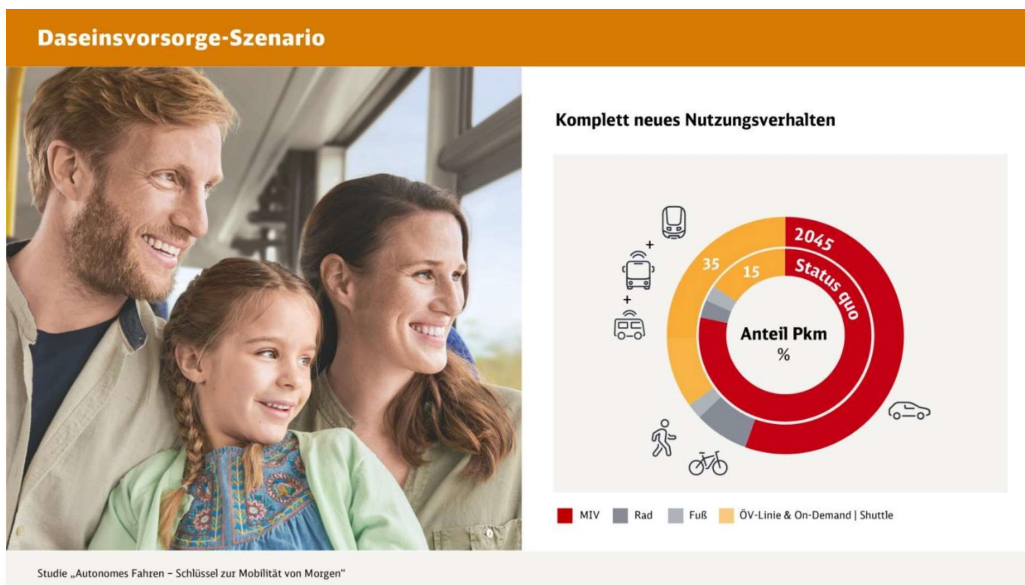
**Daseinsvorsorge-Szenario**

- Überall rund-um-die Uhr
- Kurze Zustiegszeiten
- Kurze Wege
- Kurze Fahrzeiten

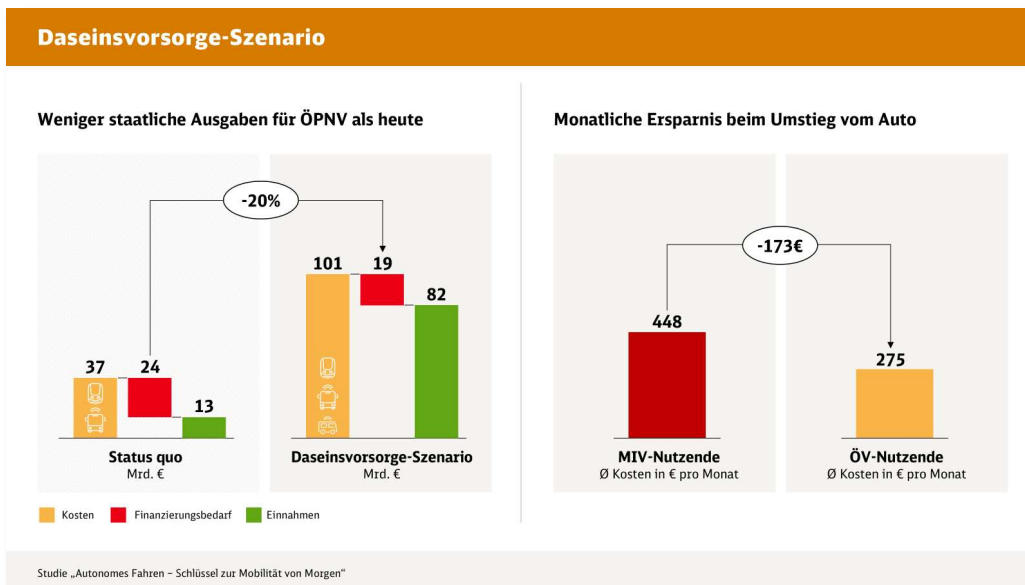
**Besseres Angebot**

Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“

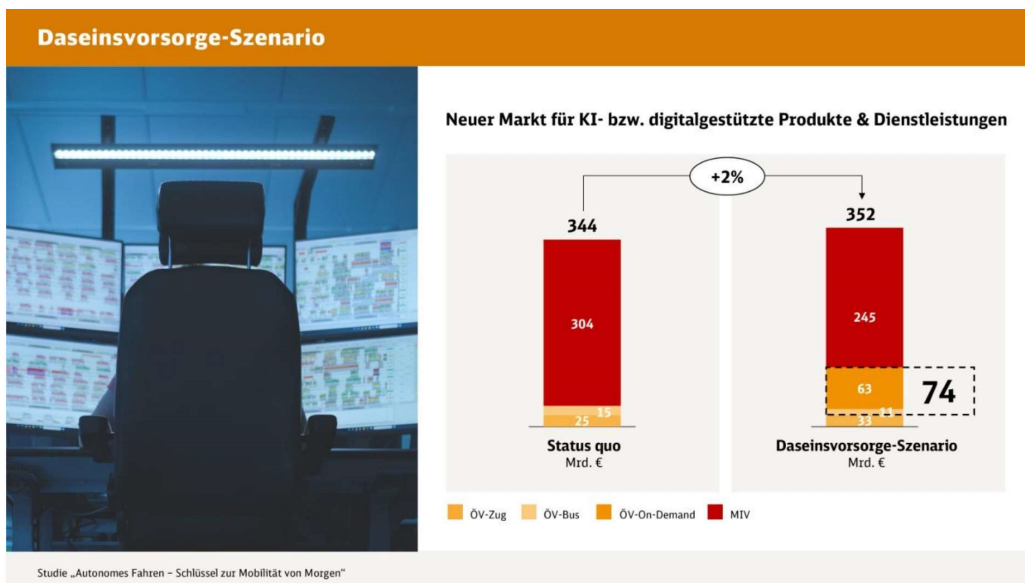
- Im Ergebnis entsteht ein deutlich verbessertes Mobilitätsangebot über ganz Deutschland hinweg – sowohl in urbanen als auch in ländlichen Räumen.
- Die Angebotsqualität wäre dabei rund um die Uhr gewährleistet – Tag und Nacht gleich. Autonome Fahrzeuge können im Stand-by vorgehalten werden und bedarfsgerecht aktiviert werden, wodurch auch nächtliche Mobilitätsbedarfe zuverlässig abgedeckt werden.
- Die Zustiegszeiten verbessern sich erheblich: Vom Mobilitätswunsch bis zum Einstieg ins Fahrzeug dauert in Metropolen durchschnittlich 5 Minuten und auch nur 13 Minuten im ländlichen Raum. Im Vergleich zur heutigen Versorgung, wo viel zu häufig noch der Schülerbus dreimal am Tag fährt, stellt dies eine deutliche Qualitätssteigerung dar.
- Kurze Wege: Der Laufweg bis zum Einstieg ist durchschnittlich 200 Meter.
- Kurze Fahrzeiten: Heute fahren die meisten Menschen mit dem privaten PKW. Das muss der Referenzwert sein. Im Durchschnitt liegen die Reisezeiten im Szenario nur etwa 10 % über der direkten Fahrt mit dem PKW. Das entspricht bei einer 20-minütigen Strecke rund 2 zusätzlichen Minuten.
- Insgesamt entsteht damit ein sehr attraktives, flächendeckendes Mobilitätsangebot, das hohe Verfügbarkeit, kurze Zugangszeiten und nahezu Pkw-ähnliche Reisezeiten miteinander kombiniert.



- Die Analyse zeigt: Das Angebot würde von Nutzerinnen und Nutzern angenommen. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs steigt im Szenario deutlich von heute rund 15 % auf etwa 35 % im Jahr 2045. Dies entspricht einem grundlegend veränderten Mobilitätsverhalten.
- In diesem Szenario können nahezu alle Mobilitätsbedarfe komfortabel über das öffentliche System abgedeckt werden. Auch in ländlichen Räumen wird das private Auto damit nicht mehr zwingend zur Voraussetzung für Mobilität, sondern es entsteht eine echte Wahlfreiheit zwischen unterschiedlichen Verkehrsangeboten.
- Insbesondere Zweit-, Dritt- und weitere Fahrzeuge würden teilweise nicht mehr benötigt. Gleichzeitig wird deutlich: das private Auto bliebe weiterhin das dominierende Verkehrsmittel im Gesamtmix.
- Für die Umsetzung dieses Angebots wären rund 1 Million autonome Fahrzeuge erforderlich. Im Vergleich zu den 70.000 Bussen heute, ist die eine enorme Steigerung.
- Damit stellt sich die Frage nach der Finanzierung eines solchen Systems.




- Tatsächlich würden im **Daseinsvorsorge-Szenario** die Gesamtkosten des Systems deutlich steigen.
- Die Mehrkosten in der Größenordnung von insgesamt rund 60 Mrd. € pro Jahr können nicht durch die öffentliche Hand getragen werden. Für ein
- Eine vollständige Finanzierung durch den Staat erscheint vor diesem Hintergrund nicht realistisch. Gleichzeitig zeigt das Szenario, dass Nutzerinnen und Nutzer von einem deutlich verbesserten Angebot profitieren und grundsätzlich bereit sind, für diese Qualität auch mehr zu bezahlen. So könnten öffentliche Zuschüsse im Vergleich zum heutigen System sogar sinken.
- Zudem ergibt sich im Modell ein individueller, finanzieller Vorteil: Beim Umstieg vom privaten Pkw auf das öffentliche System könnten Nutzerinnen und Nutzer im Durchschnitt rund 170 € pro Monat sparen.
- Folgende Logik liegt dem zugrunde:
  1. Die Nutzerinnen und Nutzer entscheiden, wie sie mobil sein wollen.
  2. Daher muss das Mobilitätsangebot zunächst deutlich ausgebaut werden, um ein wirklich attraktives Angebot zu schaffen.
  3. Dann sind die Nutzerinnen und Nutzer bereit, einen höheren Preis für Mobilität zu zahlen.
  4. Autonomes Fahren eröffnet erstmals die Möglichkeit, den notwendigen Ausbau des Angebots zu bezahlbaren Kosten zu realisieren.



- Ein Blick auf die Gesamtausgaben der Kunden für ÖV und MIV zeigt, dass sich diese im **Daseinsvorsorge-Szenario**, trotz eines deutlich verbesserten Mobilitätsangebots, nicht wesentlich gegenüber dem heutigen System erhöhen.
- Die finanziellen Ressourcen sind folglich im System bereits vorhanden, sie sind jedoch derzeit überwiegend in Form von gebundenem Kapital – insbesondere im privaten Fahrzeugbestand – „am Straßenrand geparkt“.
- Die Studie zeigt damit, dass dieses gebundene Kapital durch ein deutlich besseres Mobilitätsangebot aktiviert werden kann, um eine leistungsfähige und zugleich bezahlbare Mobilität für alle zu ermöglichen.
- Parallel dazu entsteht ein neuer Markt von rund 74 Mrd. € für KI- und digitalgestützte Produkte und Dienstleistungen – von Fahrzeugen über Softwarelösungen bis hin zu neuen, technologiegetriebenen Berufsbildern.
- Insgesamt beschreibt das Szenario damit eine umfassende digitale Transformation eines gesamten Industriezweigs einschließlich seiner Zulieferstrukturen.

**Daseinsvorsorge-Szenario**



**Förderung wirtschafts- und industriepolitischer Ziele**  
*Leitmarkt für autonome Fahrzeuge*

**1 Mio. autonome Fahrzeuge in 2045** stärken die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der europ. Mobilitätsindustrie  
**74 Mrd. € Marktpotenzial** durch neue Wertschöpfung bei Software, Plattformen, Fahrzeugtechnik und Mobilitätsdiensten  
**Weniger geopolitische Abhängigkeit** von ausländischen Rohstoffimporten durch geschlossene Wertstoffkreisläufe

**Erreichung zentraler verkehrspolitischer Ziele im ÖPNV**  
*Leitmarkt für ÖV-integrierte autonome Mobilität*

**Attraktiverer ÖPNV** durch deutlich kürzere Zustiegs- und Fahrtzeiten und bessere Anbindung ländlicher Regionen  
**11 % weniger Straßenverkehrsbelastung** in Metropolen und Städten durch Verdopplung des klimafreundlichen ÖPNV auf rund 35 % an der Verkehrsleistung  
**Bis zu 20 % geringerer Zuschussbedarf** für den Staat durch effizienteren Betrieb und Möglichkeit der stärkeren Nutzerfinanzierung

**Beitrag zu sozial- und strukturpolitischen Herausforderungen**  
*Leitmarkt für Lebensqualität durch autonome Mobilität*

**Mehr soziale Teilhabe** durch bessere Mobilität für ältere Menschen, Jugendliche und Menschen ohne Auto  
**Stärkung ländlicher Räume** durch bessere Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, Bildung und Versorgung, 3 Mio. Menschen zögen aufs Land  
**Höhere Lebensqualität** und Angleichung der Lebensverhältnisse in Stadt und Land, durch weniger Verkehr und bessere Erreichbarkeit

Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“

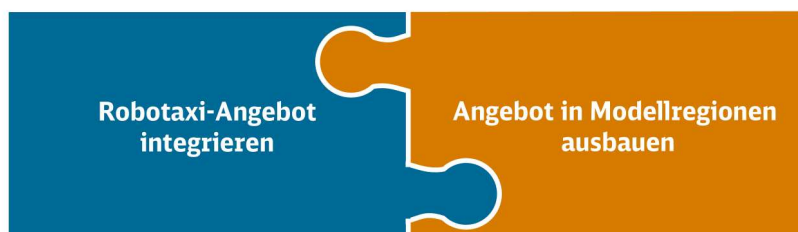
- Das **Daseinsvorsorge-Szenario** adressiert zugleich wirtschaftspolitische, verkehrspolitische sowie sozial- und strukturpolitische Zielsetzungen:
  - Insbesondere aus wirtschaftlicher Perspektive ergeben sich erhebliche Chancen, insbesondere für deutsche Unternehmen, die sich im Markt für Level-4-Flotten positionieren. Aktuell sieht allerdings nur ein kleiner Teil der deutschen Industrie ein Marktpotenzial für entsprechende Geschäftsaktivitäten.
  - Im Bereich der Verkehrspolitik zeigt das Szenario Lösungsansätze für Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf die Sicherstellung einer attraktiven Daseinsvorsorge, die Reduzierung von Verkehrsbelastungen sowie die langfristige Finanzierbarkeit des ÖPNV.
  - Auch sozialpolitische und strukturelle Effekte werden adressiert: Verbesserte Mobilitätszugänge erhöhen die Teilhabechancen, insbesondere für ältere Menschen und Bewohnerinnen und Bewohner ländlicher Räume. Gleichzeitig kann die Attraktivität ländlicher Regionen gestärkt und damit ein Beitrag zur Sicherung von Lebensqualität und regionaler Entwicklung in Deutschland geleistet werden.

## Heute das Morgen gestalten



- Abschließend lässt sich festhalten: Das **Daseinsvorsorge-Szenario** zeigt, dass autonomes Fahren den größten Nutzen für Menschen, Gesellschaft und Wirtschaft nur dann entfaltet, wenn es in ein integriertes Gesamtsystem eingebettet ist.
- Das Szenario liefert einen konkreten Ansatzpunkt für die Ausgestaltung eines zukunftsfähigen europäischen Mobilitätssystems.
- Es macht deutlich: Die Gestaltung autonomer Mobilität ist eine aktuelle politische und gesellschaftliche Aufgabe. Sie bietet die Chance, die Mobilitätsangebote grundlegend zu verbessern und damit die Lebensqualität in Deutschland nachhaltig zu erhöhen.

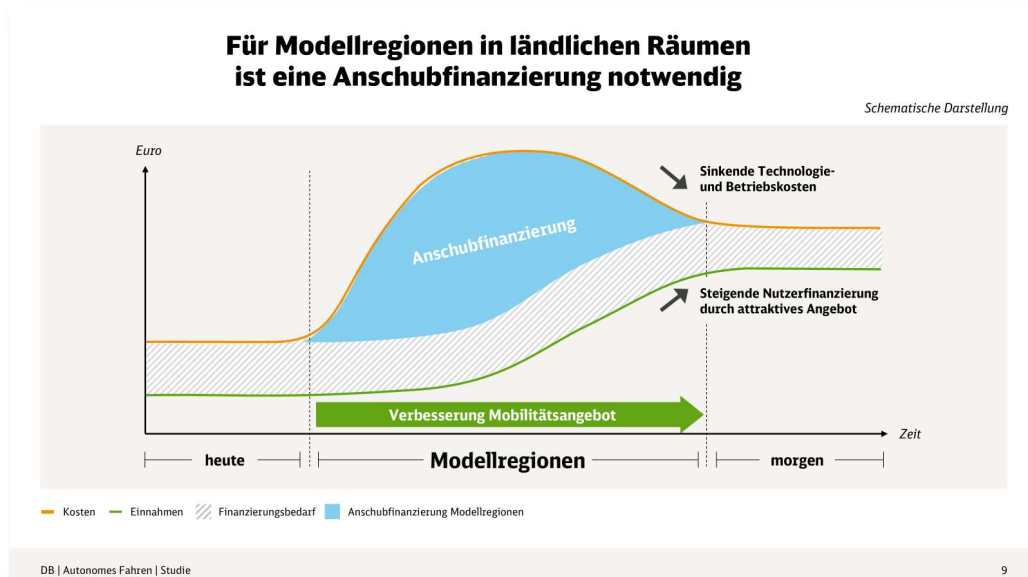
### Zwei Dinge, die wir heute für eine gute Zukunft tun müssen



- Vor diesem Hintergrund stellt sich die zentrale Frage, welche Schritte heute erforderlich sind, um morgen ein attraktives und für alle zugängliches Mobilitätsangebot zu schaffen.
- Im Kern lassen sich zwei Handlungsfelder ableiten:
  1. **Integration von Robotaxi-Angeboten in Metropolen**

In urbanen Räumen müssen Robotaxi-Angebote von Beginn an mit bestehenden öffentlichen Verkehrssystemen vernetzt werden. Nur so entsteht ein integriertes Gesamtsystem, das Synergien hebt, statt parallele und ineffiziente Strukturen zu schaffen.
  2. **Gezielte Entwicklung im ländlichen Raum**

Im ländlichen Raum entsteht ein solches Angebot nicht allein durch Marktmechanismen. Hier ist es erforderlich, in ausgewählten Modellregionen neue Mobilitätslösungen gemeinsam mit den Menschen vor Ort zu entwickeln, zu erproben und weiterzuentwickeln.



- Damit eine stärkere Nutzerfinanzierung des zukünftigen Mobilitätssystems erreicht werden kann, ist eine zeitlich begrenzte Anschubfinanzierung erforderlich.
- Dafür sind im Wesentlichen zwei Gründe ausschlaggebend:
  - Zum einen befindet sich die Technologie des autonomen Fahrens noch in einer frühen Phase, in der die Kostenstruktur über dem langfristig erwartbaren Niveau liegt. Daraus ergibt sich ein vorübergehender höherer Finanzierungsbedarf.
  - Zum anderen erfolgt die Anpassung des Nutzerverhaltens zeitversetzt. Neue Mobilitätsangebote müssen sich zunächst etablieren, bevor sie in breitem Umfang angenommen und entsprechend nachfragebasiert finanziert werden.
- Der daraus resultierende Finanzierungsbedarf nimmt mit zunehmender Marktdurchdringung und Gewöhnung der Nutzerinnen und Nutzer schrittweise ab.

- Im eingeschwungenen Zustand ergibt sich schließlich ein System, in dem die absolute Höhe der öffentlichen Zuschüsse für den ÖPNV geringer ist als heute, bei gleichzeitig deutlich verbessertem Leistungsangebot.
- Damit stellt sich die Frage, wie Modellregionen gestaltet werden sollten, um Skalierung und Innovation im Mobilitätssystem zu ermöglichen?



- Modellregionen müssen groß genug sein, damit für eine relevante Zahl an Menschen ein attraktives Angebot für dessen Wege entsteht. Das ist nur möglich, wenn es sich um ein zusammenhängendes Gebiet handelt.
- Gleichzeitig ist eine hinreichend hohe Fahrzeuganzahl erforderlich. Nur so lassen sich Skaleneffekte realisieren, die sowohl für Hersteller fahrerloser Systeme attraktiv sind als auch die hohen Initialisierungskosten rechtfertigen. Anfangs sind das Hundert Fahrzeuge, danach mehrere Hundert und dann bis zu mehreren Tausend Fahrzeugen.
- Darüber hinaus muss ein ausreichender Innovationsgrad angewendet werden. Das deutlich verbesserte Mobilitätsangebot erfordert ein beschleunigtes Linienbusnetz und einen flächendeckenden OnDemand-Verkehr. Ebenso sollen innovative Buchungs- und Preismodelle entwickelt werden können, um eine stärkere Nutzerfinanzierung konzeptionell zu erproben.

Abschließend lässt sich festhalten: Autonomes Fahren ist keine ferne Vision mehr, sondern eine konkrete Gestaltungsaufgabe der Gegenwart. Die vorliegenden Analysen zeigen deutlich, dass der technologische Fortschritt allein nicht über den Erfolg entscheidet – maßgeblich ist vielmehr, wie konsequent und zielgerichtet er in ein leistungsfähiges, integriertes Mobilitätssystem eingebettet wird.

Die Szenarien machen deutlich, dass ein unkoordinierter Markthochlauf langfristig erhebliche Belastungen für Infrastruktur und Gesellschaft mit sich bringt.

Damit wird klar: Die Weichen für die Mobilität der Zukunft müssen heute gestellt werden. Es braucht ein klares Zielbild, das Orientierung schafft und Investitionen in die richtige Richtung lenkt. Modellregionen vor allem in ländlichen Regionen spielen hierbei eine zentrale Rolle, um

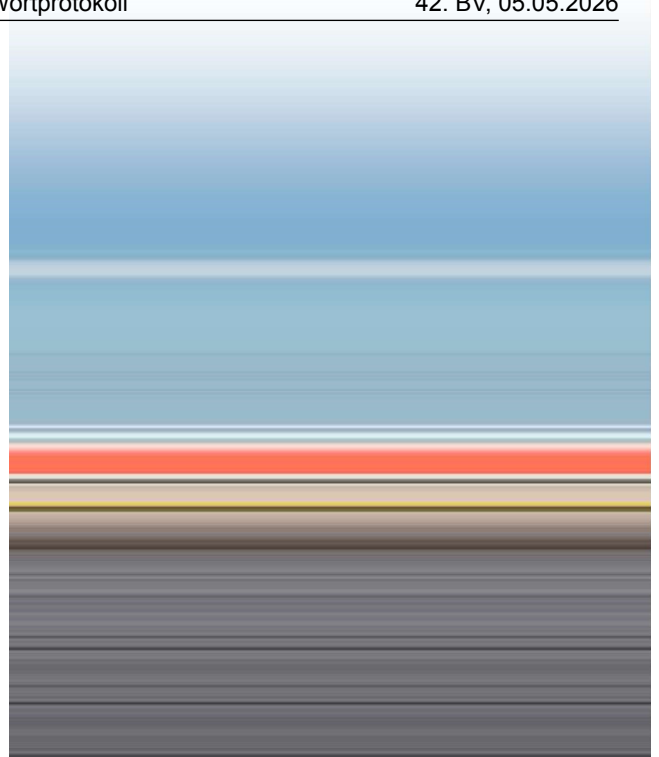
Innovationen unter realen Bedingungen zu erproben und tragfähige Finanzierungsmodelle im öffentlichen Personennahverkehr zu entwickeln. Dann kann autonomes Fahren zu einem zentralen Baustein für wirtschaftliche Stärke, gesellschaftliche Teilhabe und Lebensqualität in Deutschland werden.




# Autonomes Fahren

## Schlüssel zur Mobilität von Morgen

—  
Studie



**Wettbewerb-Szenario**



Privatwirtschaftliche  
Robotaxis in Deutschland

vs.

**Daseinsvorsorge-Szenario**



Maximaler Mehrwert  
für die Gesellschaft

## Daseinsvorsorge-Szenario



Überall rund-um-die Uhr



Kurze Zustiegszeiten



Kurze Wege



Kurze Fahrzeiten



## Daseinsvorsorge-Szenario



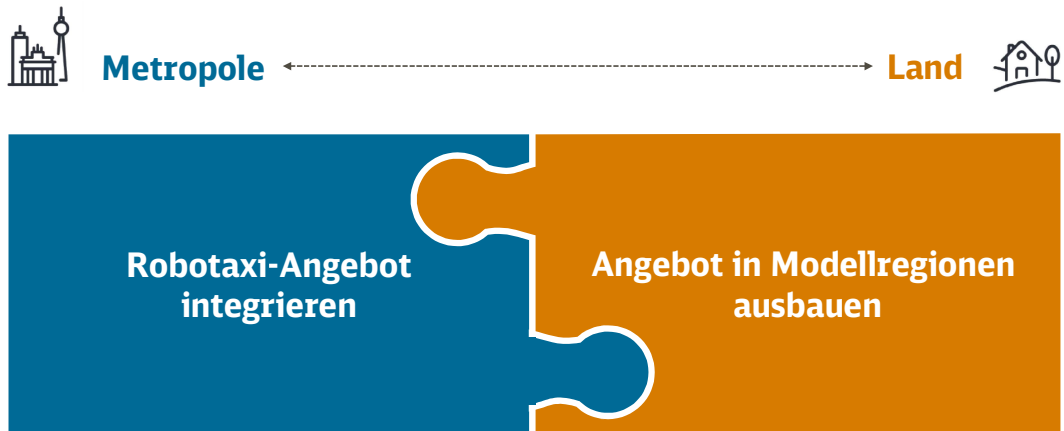
Stärkere Zahlungsbereitschaft

Weniger staatlicher Finanzierungsbedarf

Ersparnis beim Umstieg vom Auto

Neuer Markt, neue Produkte, neue Jobs

## Zwei Dinge, die wir heute für eine gute Zukunft tun müssen



## Wie sollte eine Modellregion gestaltet sein?

<b>Gebietsgröße</b>		alle Wege einer relevanten Anzahl an Menschen
<b>Anzahl Fahrzeuge</b>		relevante Anzahl an Fahrzeugen für Industrie
<b>Innovationsgrad</b>		Offenheit für neue Mobilitätskonzepte



# 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

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

## 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-Erprobungsbetrieb 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

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

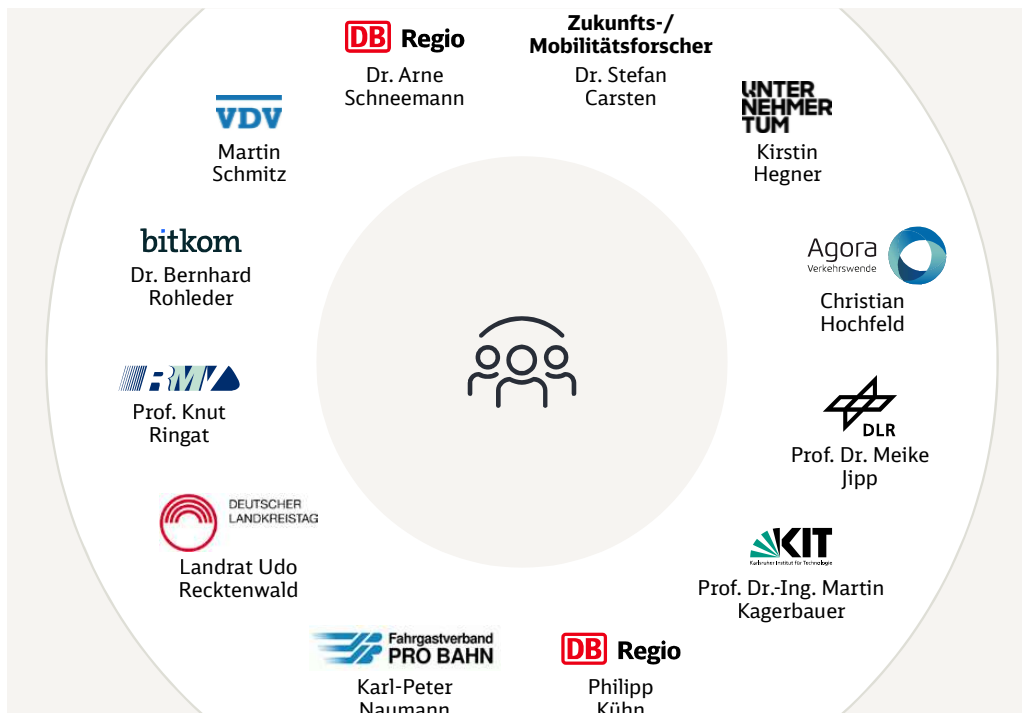


Abbildung 1: Übersicht Beiratsmitglieder

## 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

Bildnachweis: Prof. K. Ringat - © RMV/Holger Peters

## 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 Stauassistenzsystem 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 langfristige 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 dynamischeren 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 Fahrpersonal mangels.

## 1. Geringere Betriebskosten

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

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

<sup>1</sup> McKinsey (2022).  
<sup>2</sup> PwC (2025).

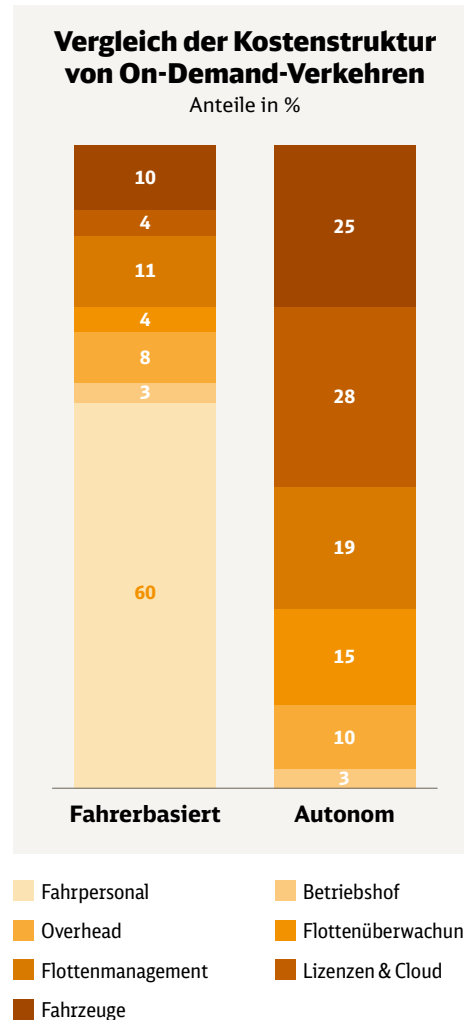


Abbildung 2: Vergleich der Kostenstruktur von On-Demand-Verkehren

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

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

<sup>4</sup> Shuttlefahrzeuge sind für den öffentlichen On-Demand-Verkehr entwickelte, autonom fahrende Fahrzeuge mit einer Fahrgastkapazität von etwa 5 Personen.

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

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

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

- Robotaxis<sup>3</sup>: 0,83 Euro
- Shuttelfahrzeuge<sup>4</sup> im öffentlichen On-Demand-Verkehr: 0,83 Euro
- People Mover<sup>5</sup> im Linien- und öffentlichen On-Demand-Verkehr: 1,10 Euro
- Busse: 3,00 Euro
- Expressbusse<sup>6</sup>: 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 Linienerkehre 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 Verkehrsteilnehmer 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.

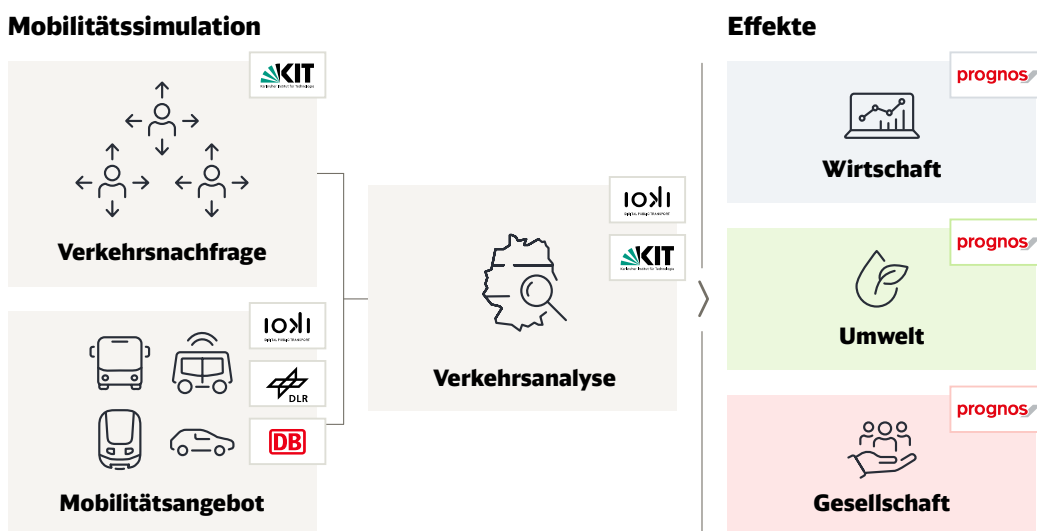


Abbildung 3: Illustrative Darstellung des mehrstufigen Vorgehens in der Studie „Autonomes Fahren – Schlüssel zur Mobilität von Morgen“



## 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 ISI<sup>7</sup> 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-Fuels<sup>8</sup>. 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.

<sup>7</sup> Siehe Gnann, Speth, Plötz, Wietschel, Krahl (2022).

<sup>8</sup> 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.

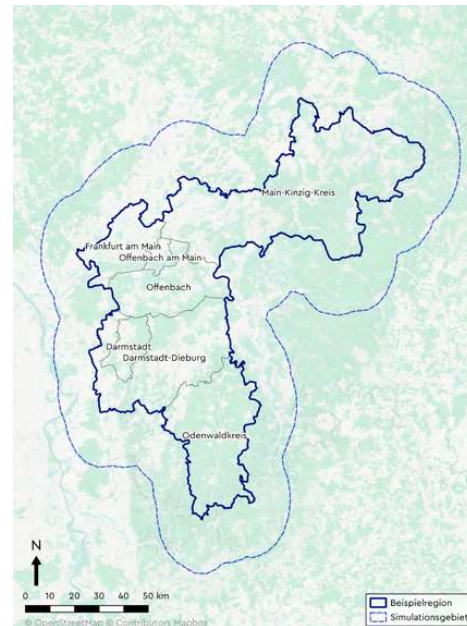


Abbildung 4: Geografische Darstellung der Beispielregion und des Simulationsgebiets

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:

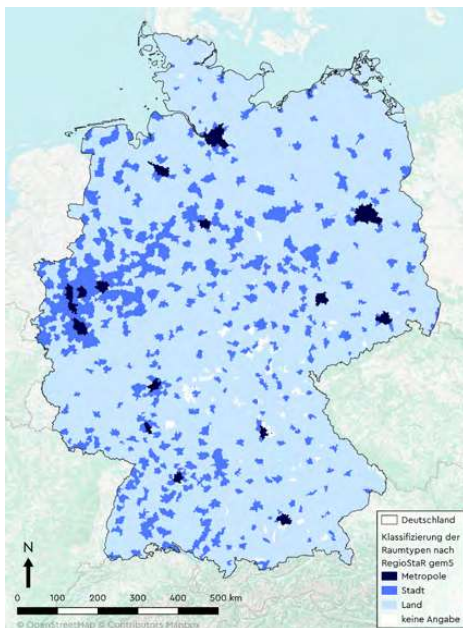


Abbildung 5: Geografische Darstellung der Raumtypen Metropole, Stadt, Land in Deutschland

## 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.

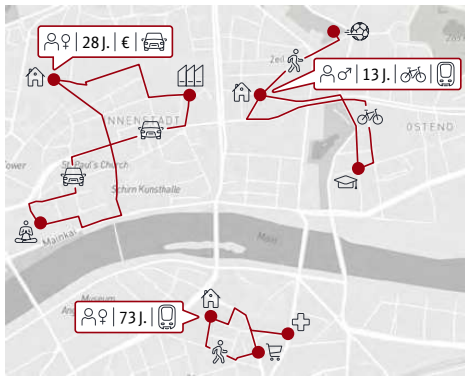


Abbildung 6: Illustrative Darstellung des Verkehrsverhaltens synthetischer Personen in der Mobilitätssimulation von ioki

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.<sup>9</sup> 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.«*

<sup>9</sup> 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:



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



- In welchem Umfang ändert sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß?
- Welchen Einfluss haben die Szenarien auf den Ressourcenverbrauch?



- 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 Rahmen-daten wurden in die bei Prognos vorhandenen sektoralen und integrierten Modelle<sup>10</sup> 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.

<sup>10</sup> 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 CO<sub>2</sub>-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 Zufußgehen. 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.<sup>11</sup> 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.

<sup>11</sup> 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.

- **Schienerverkehr:**

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.<sup>12</sup> Insgesamt zeichnet sich dieses Szenario durch das Fortbestehen der aktuellen Mobilitätsmuster aus.

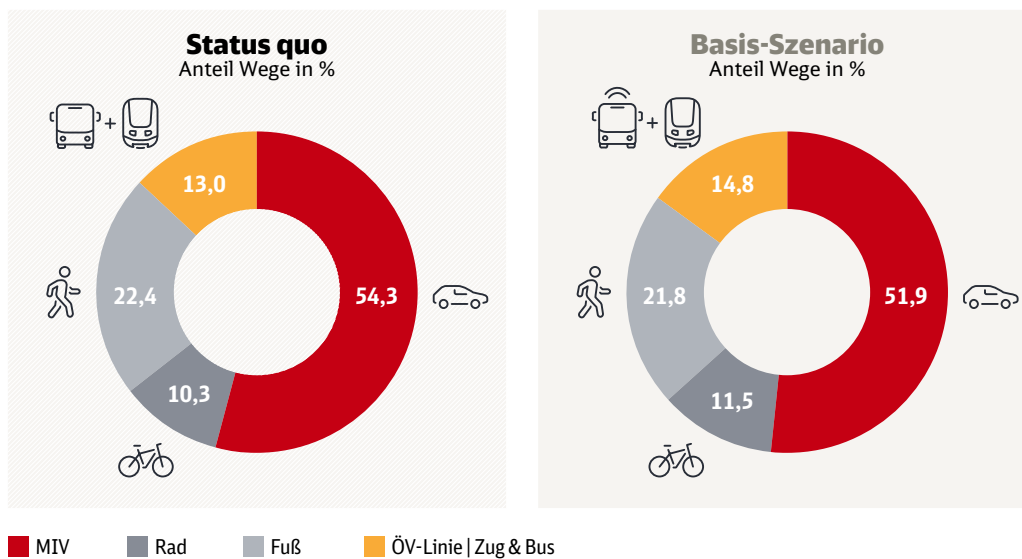


Abbildung 11: Modal Split Verkehrsaufkommen Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

<sup>12</sup> 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.

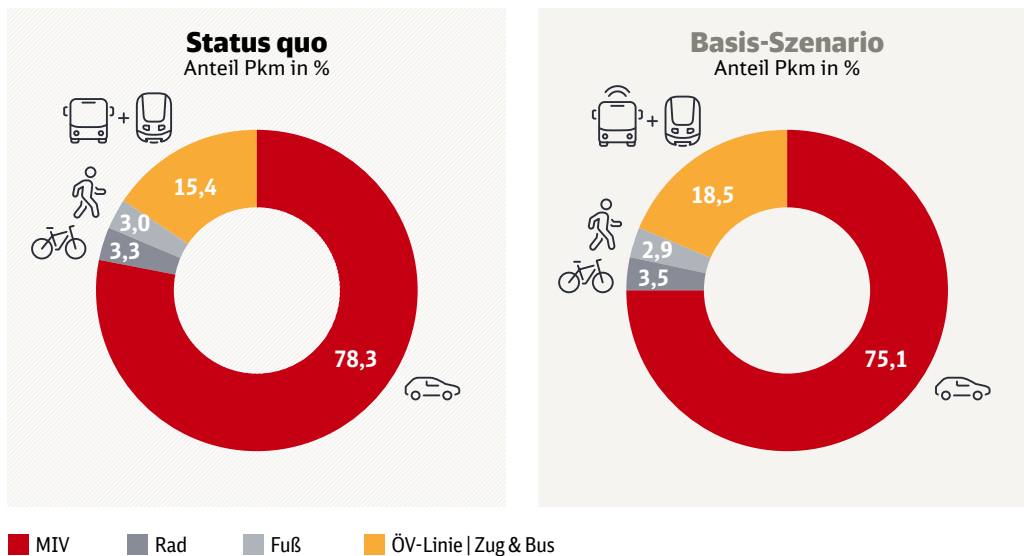


Abbildung 12: Modal Split Verkehrsleistung Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

## 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.

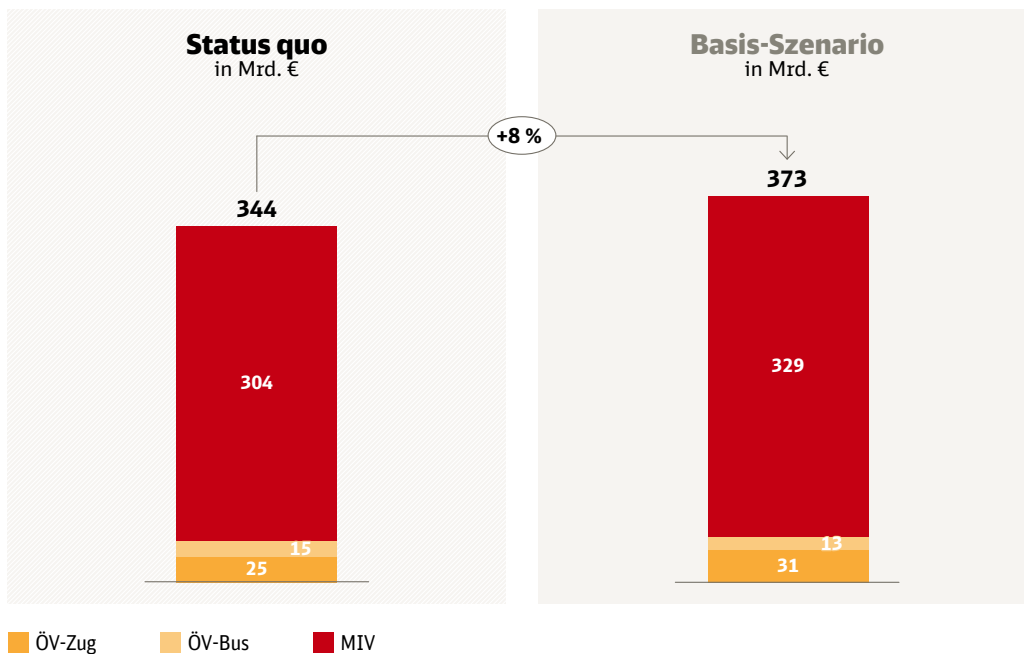


Abbildung 13: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

### 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.

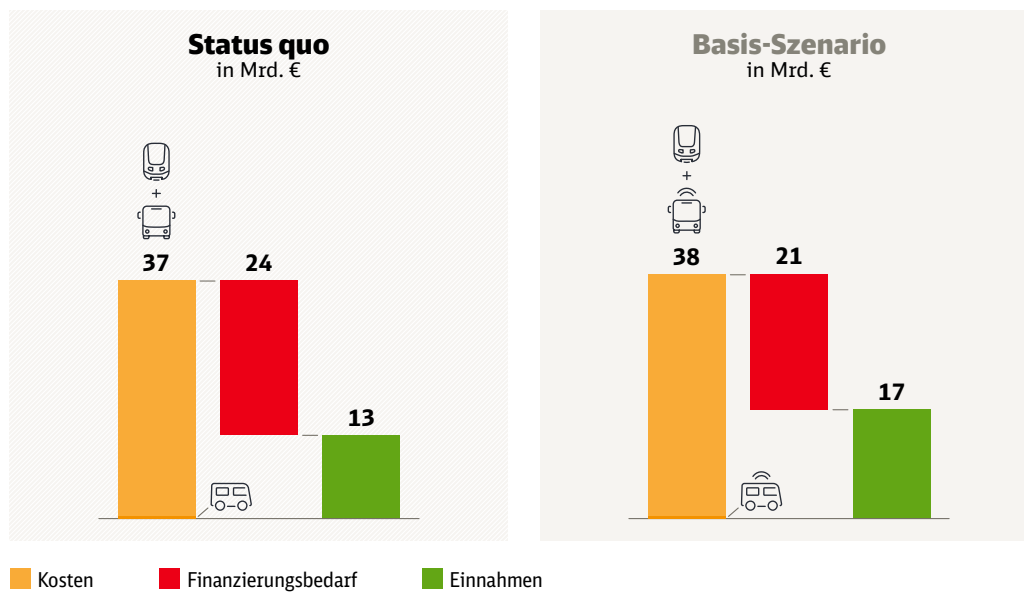


Abbildung 14: Angebotskosten und -einnahmen im ÖPNV sowie staatlicher Finanzierungsbedarf im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro

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.

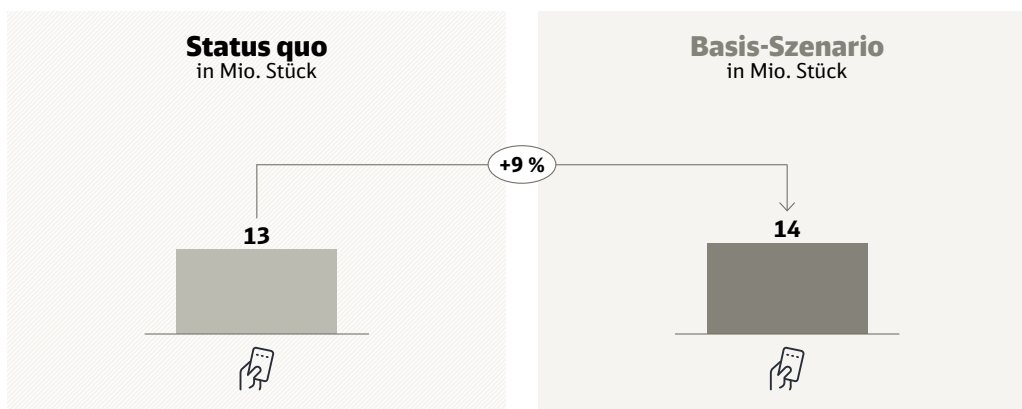


Abbildung 15: Anzahl Abo-Tickets im ÖPNV im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

### 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.

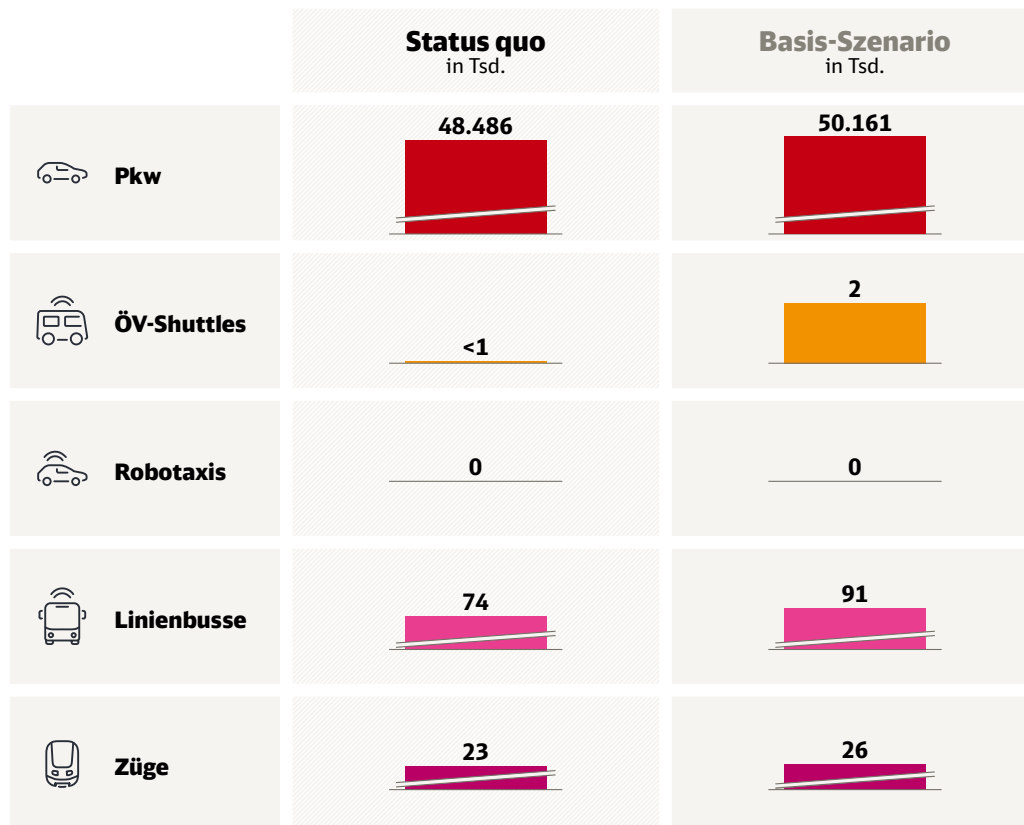


Abbildung 16: Entwicklung Fahrzeugbestand im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen

### **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.

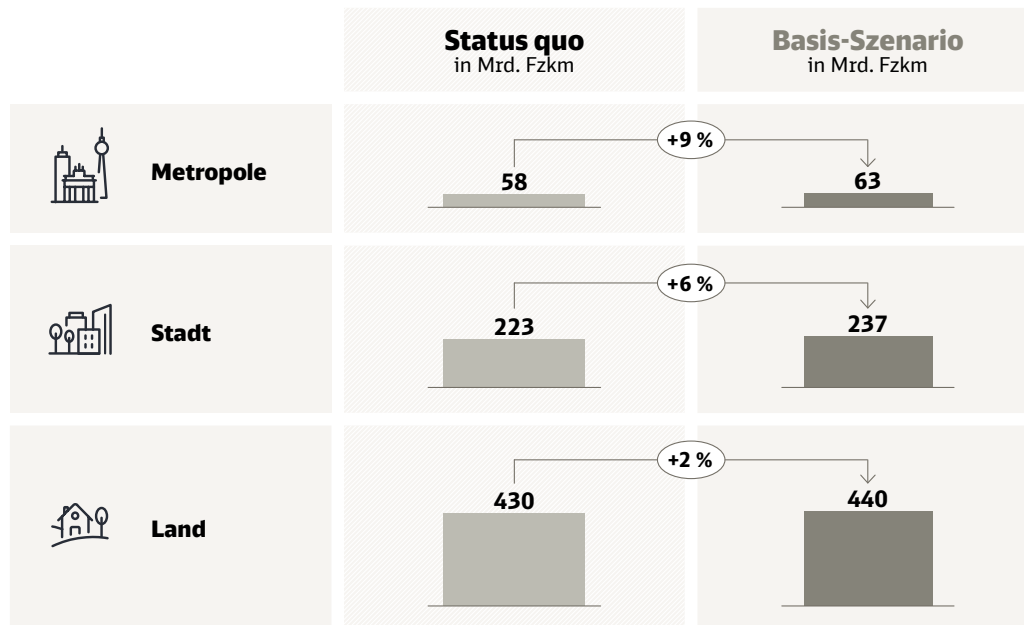


Abbildung 17: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

## 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.

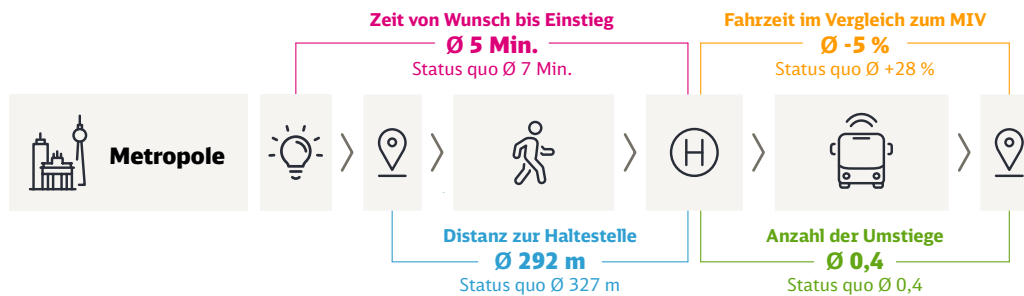


Abbildung 18: Darstellung der Angebotsqualität für den Raumtyp Metropole im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo

### 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 km<sup>2</sup> 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.<sup>13</sup> Dadurch sinkt die Nachfrage nach Robotaxis überproportional, da insbesondere längere – und damit teurere – Fahrten im ländlichen Raum häufiger mit dem eigenen Auto zurückgelegt werden.

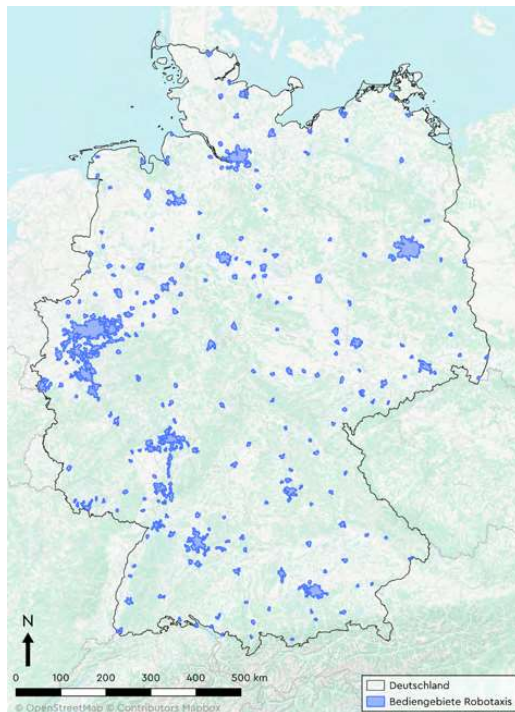


Abbildung 21: Geografische Darstellung der Bediengebiete für Robotaxi-Verkehre in Deutschland, gemäß definierter Wirtschaftlichkeitsgrenze von 2.000 Einwohner:innen pro Quadratkilometer, im Wettbewerb-Szenario

<sup>13</sup> 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 Tarifiedifferenzierungen 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.

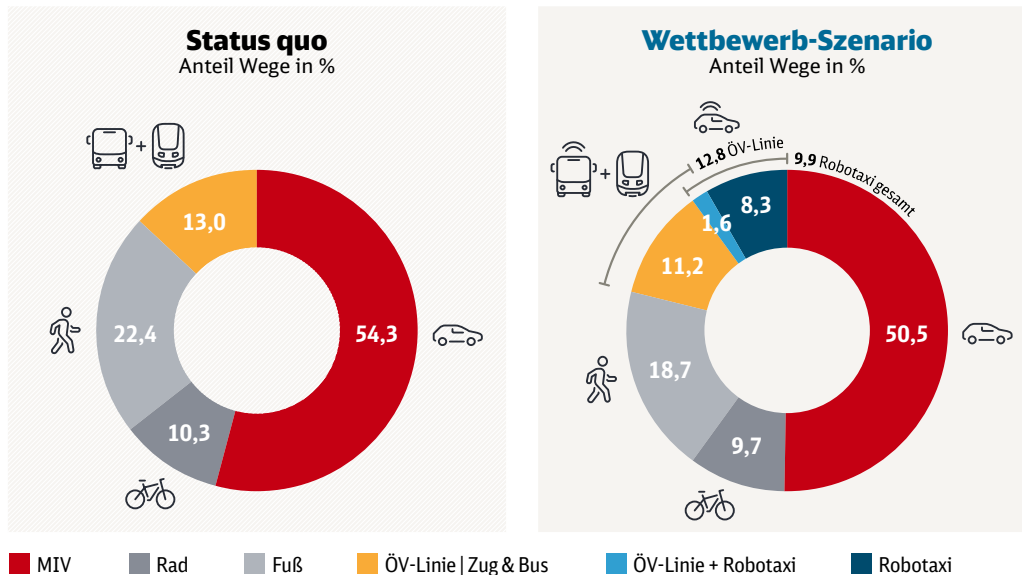


Abbildung 22: Modal Split Verkehrsaufkommen Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

#### 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-Linienverkehr 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.

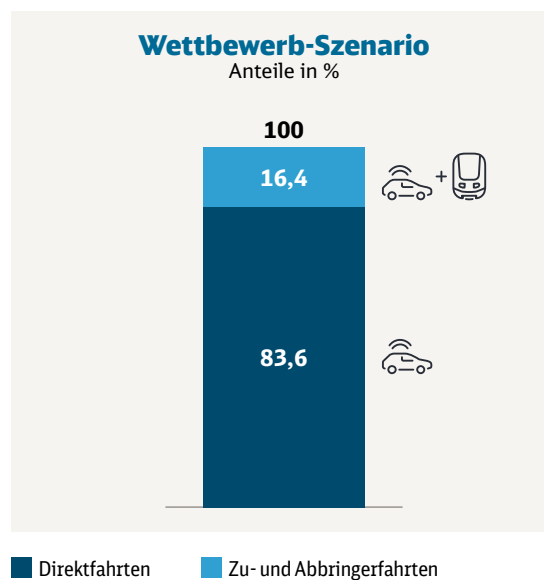


Abbildung 23: Grafische Darstellung zur Verteilung kombinierter Wege und Direktfahrten im Wettbewerb-Szenario, Anteile in Prozent

### 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.

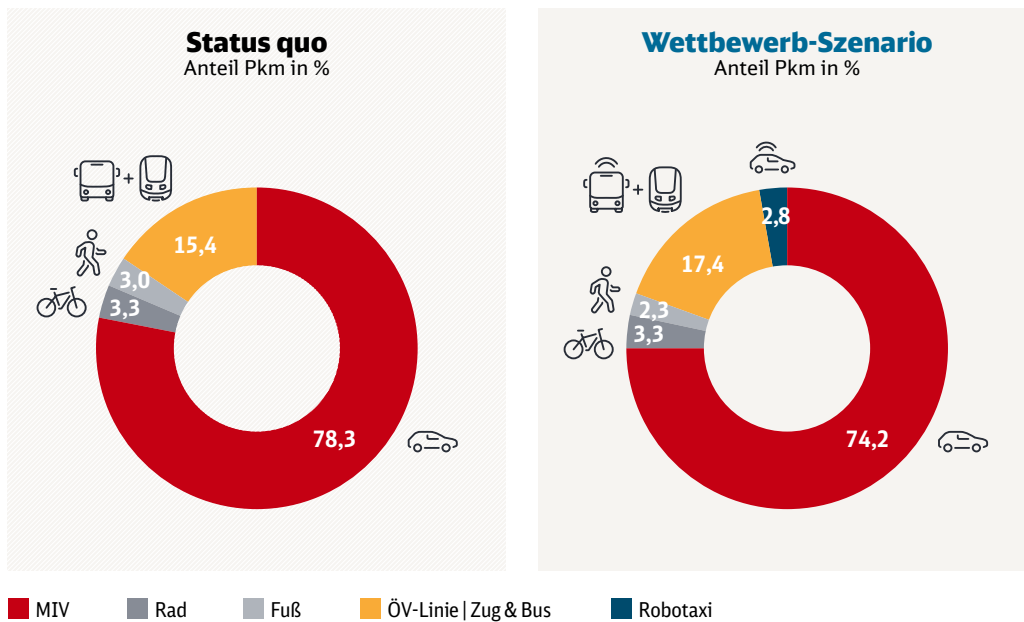


Abbildung 24: Modal Split Verkehrsleistung Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

## 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.

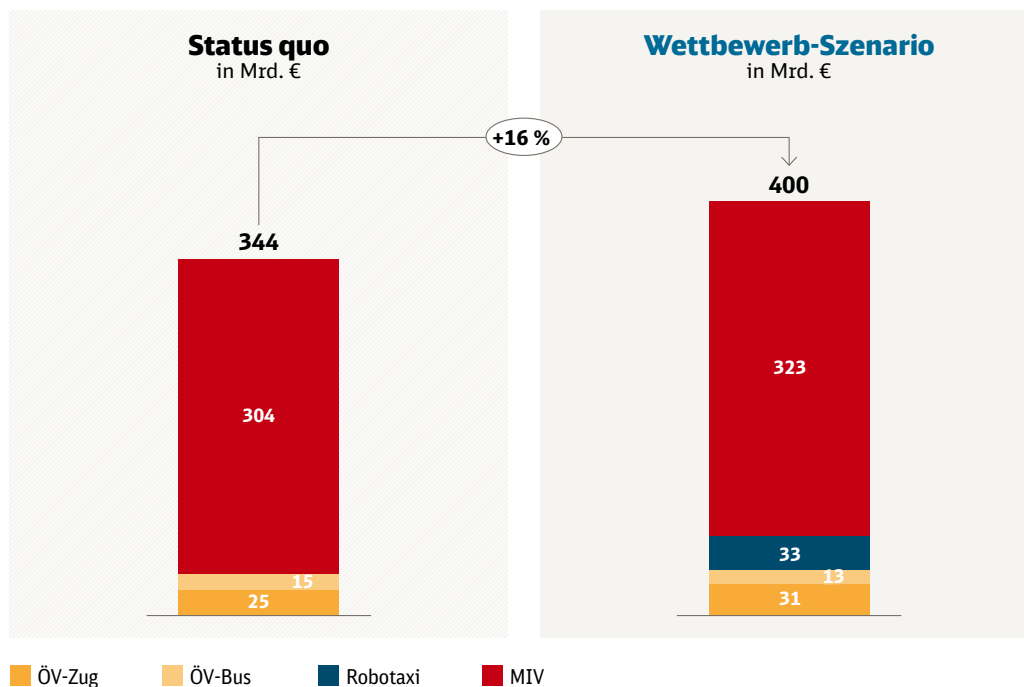


Abbildung 25: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

### 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.

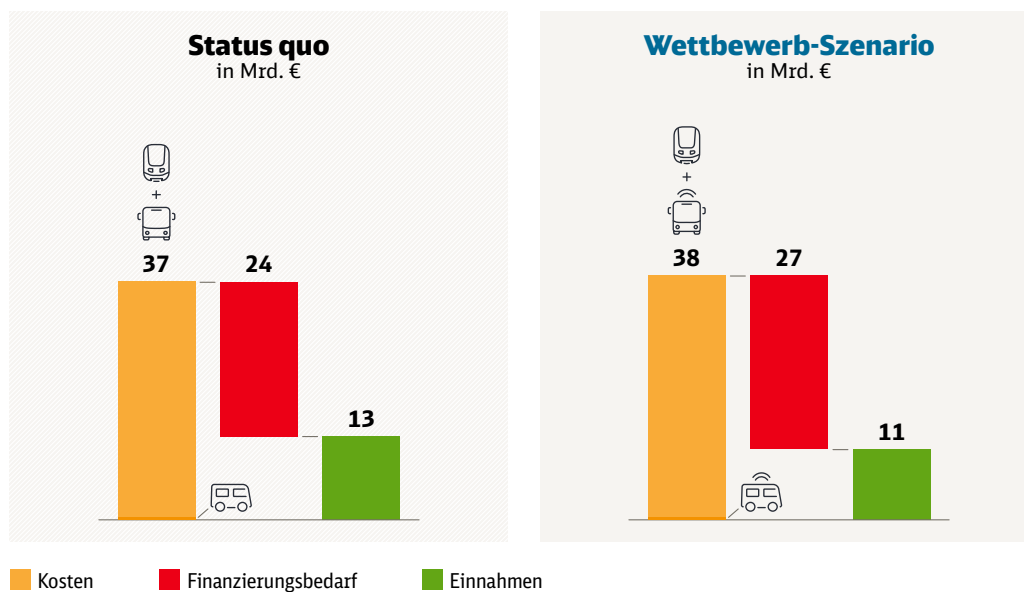


Abbildung 26: Angebotskosten und -einnahmen sowie Finanzierungsbedarf im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro

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.

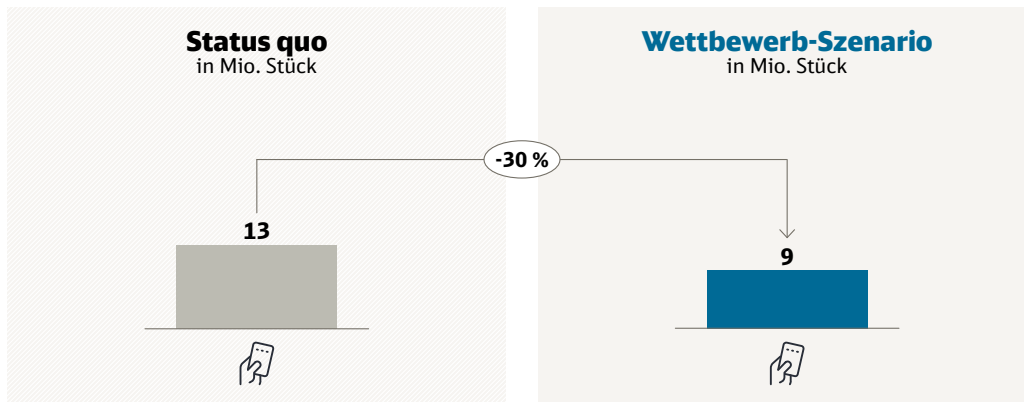


Abbildung 27: Anzahl Abo-Tickets im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

### 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.

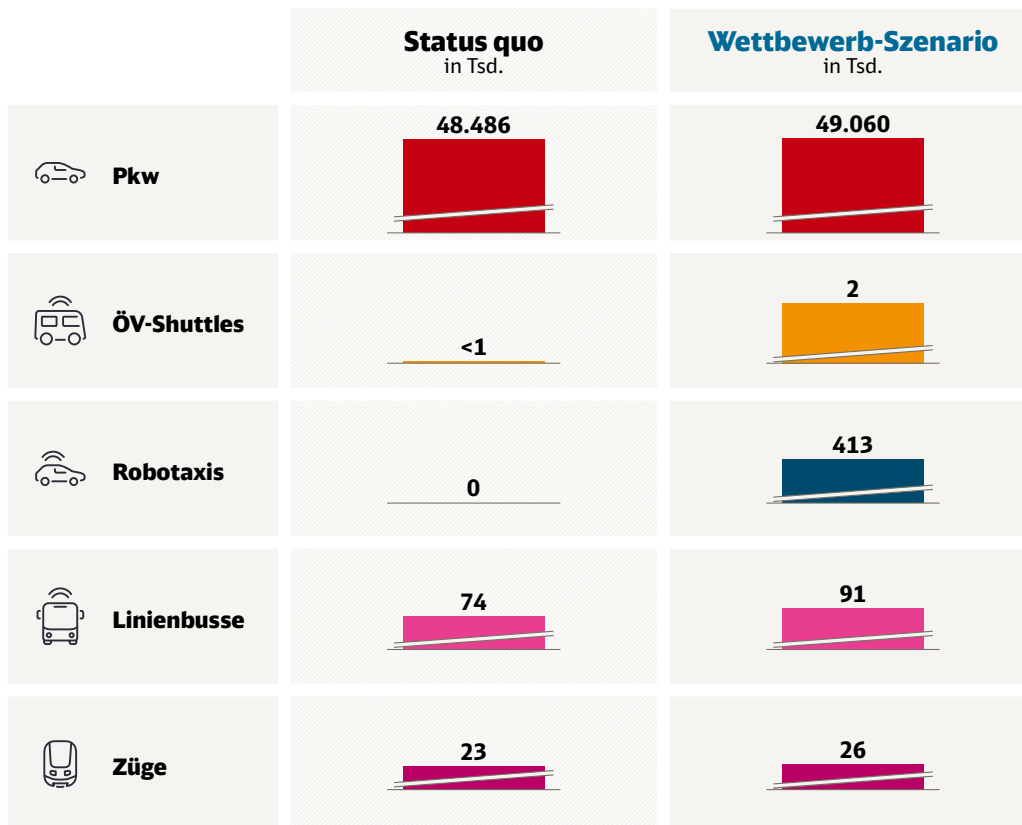


Abbildung 28: Entwicklung Fahrzeugbestand im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen

## 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.

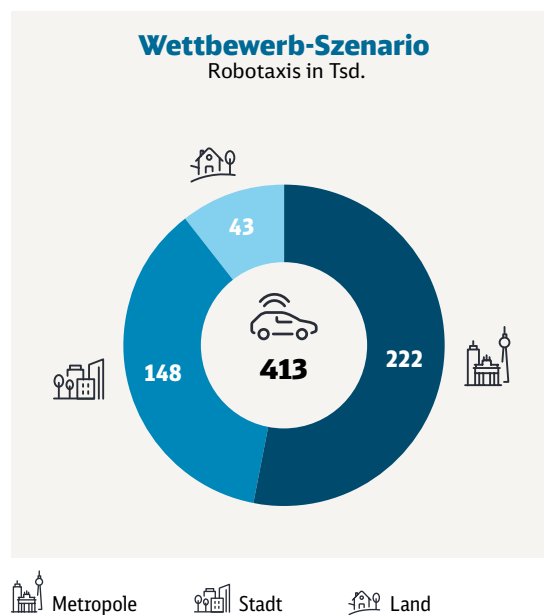


Abbildung 29: Verteilung der Robotaxis nach Raumtyp



**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.

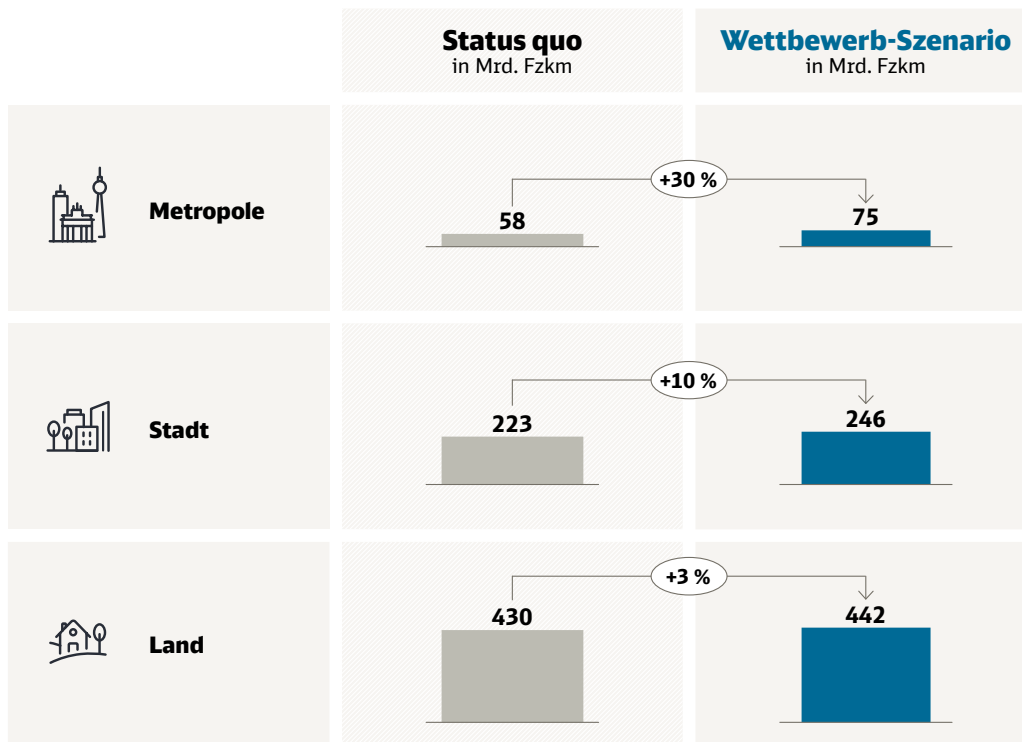


Abbildung 30: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Wettbewerb-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

## 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 Bundesregierung<sup>14</sup>: 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.

<sup>14</sup> 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-Württemberg<sup>15</sup>, 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.<sup>16</sup>

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.<sup>17</sup> Ebenso wurde die Empfehlung des VDV berücksichtigt, wonach Haltestellen in städtischen Gebieten einen maximalen Einzugsbereich von 300 Metern nicht überschreiten sollten.<sup>18</sup>

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

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

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

<sup>17</sup> Vgl. Verkehrsministerium Baden-Württemberg (2024).

<sup>18</sup> 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

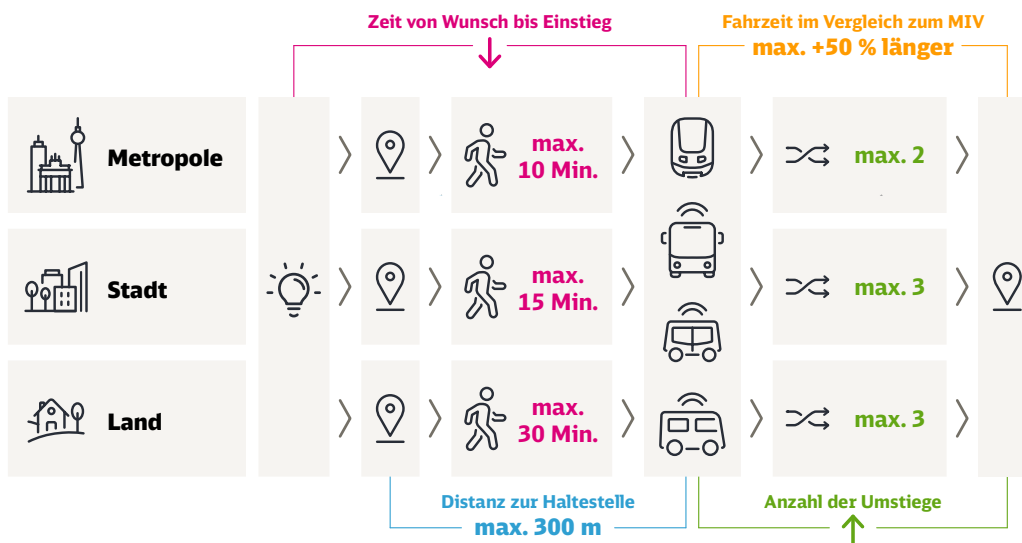


Abbildung 31: Kriterien der für das Daseinsvorsorge-Szenario definierten Mobilitätsgarantie

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.

#### • **Schienerverkehr:**

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 Shuttlefahrzeuge 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.

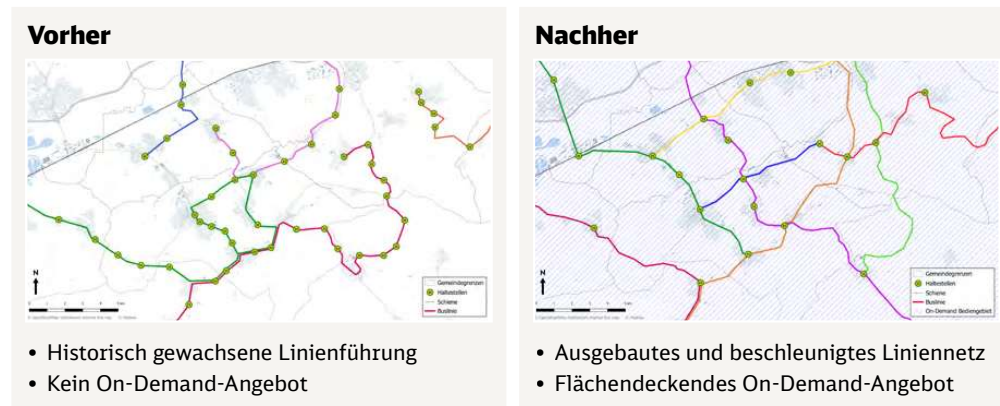


Abbildung 35: Illustrative Darstellung der Verkehrsoptimierung

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 Tarifsystem 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. Nuttzende sollen – entsprechend ihrer individuellen Preissensibilität – eigenständig zwischen den verfügbaren Mobilitätsoptionen wählen können.

	Klassische Angebote		Flexible Angebote		Individuelle Mobilitätsangebote
<b>Verkehrsmittel</b>		+		+	
<b>Anwendungsfall</b>	Volumentransportmittel in Regionen mit hoher Nachfrage	+	Zu- und Abbringerverkehr Direktverkehr in Regionen mit schwacher Nachfrage	+	Tür-zu-Tür-Service Alleinige Nutzung
<b>Preis</b>	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.<sup>19</sup>

Zusätzlich wird angenommen, dass Anreize in der Arbeitgebermobilität – etwa Mobilitätsbudgets oder Jobtickets – zunehmen und das Kostenbewusstsein künftig schärfen.<sup>20</sup> 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.

<sup>19</sup> Vgl. Andor, Gerster, Gillingham und Horvath (2020).

<sup>20</sup> 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.

**Daseinsvorsorge-Szenario**

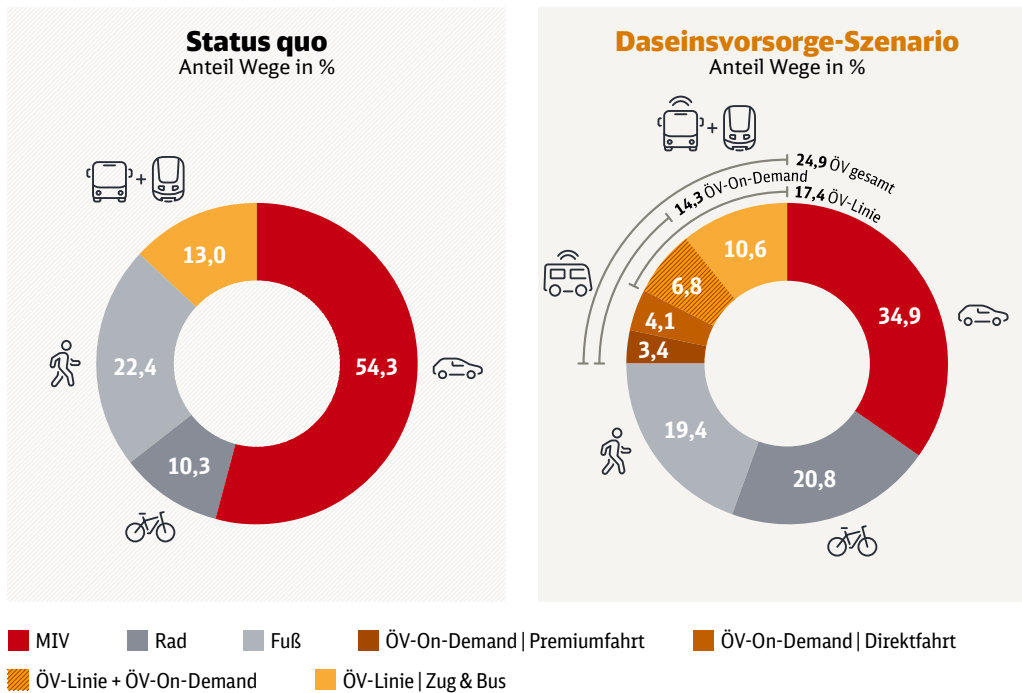


Abbildung 37: Modal Split Verkehrsaufkommen Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

**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 deutlicher 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 niedrighwelligen 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.

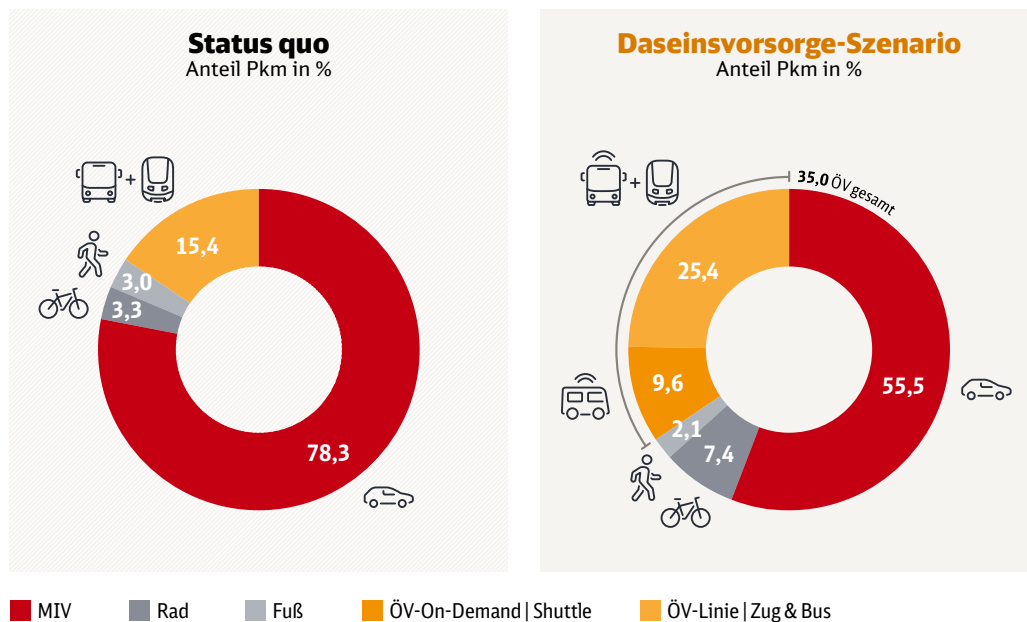


Abbildung 38: Modal Split Verkehrsleistung Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

## 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 kapazitiven Restriktionen des Systems. Aktuell sind beispielsweise wenige Projekte angekündigt, die den dafür notwendigen Ausbau der schienengebundenen 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.

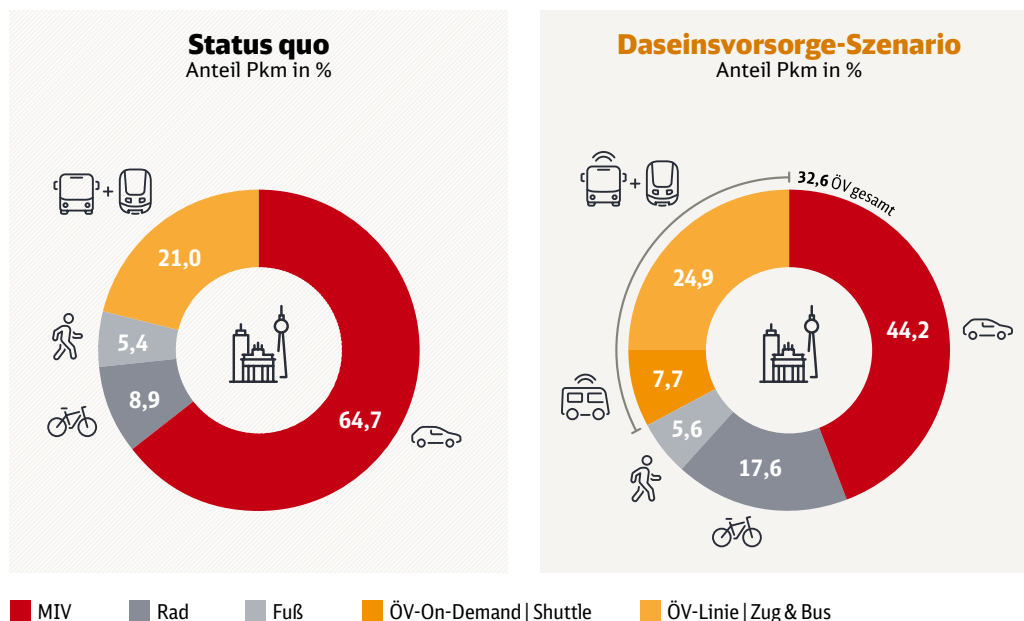


Abbildung 39: Modal Split Verkehrsleistung im Raumtyp Metropole im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteil der Verkehrsträger in Prozent

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.

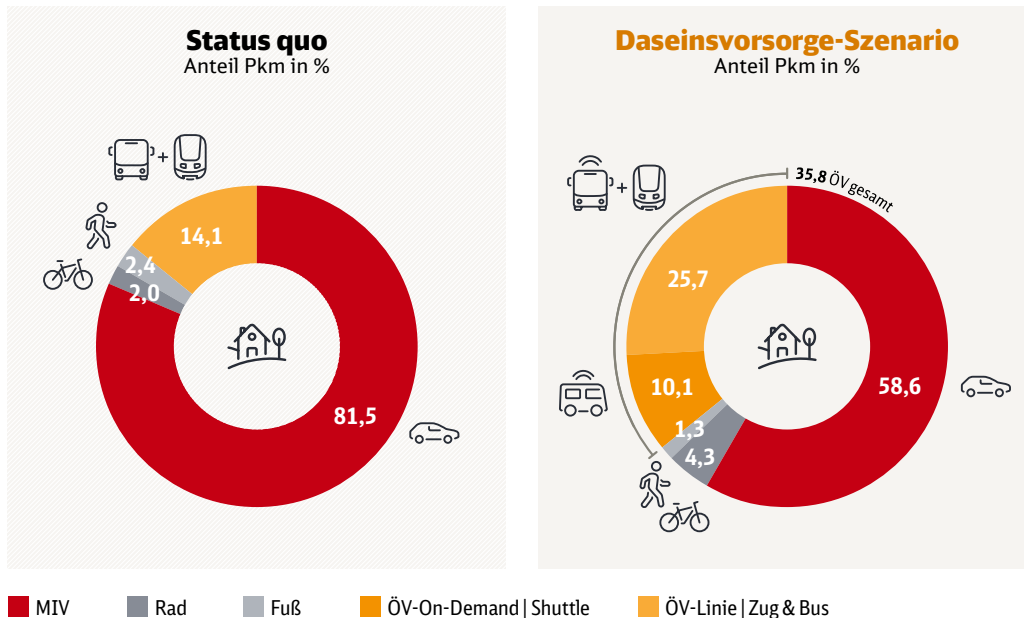


Abbildung 40: Modal Split Verkehrsleistung im Raumtyp Land im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, Anteil der Verkehrsträger in Prozent

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.

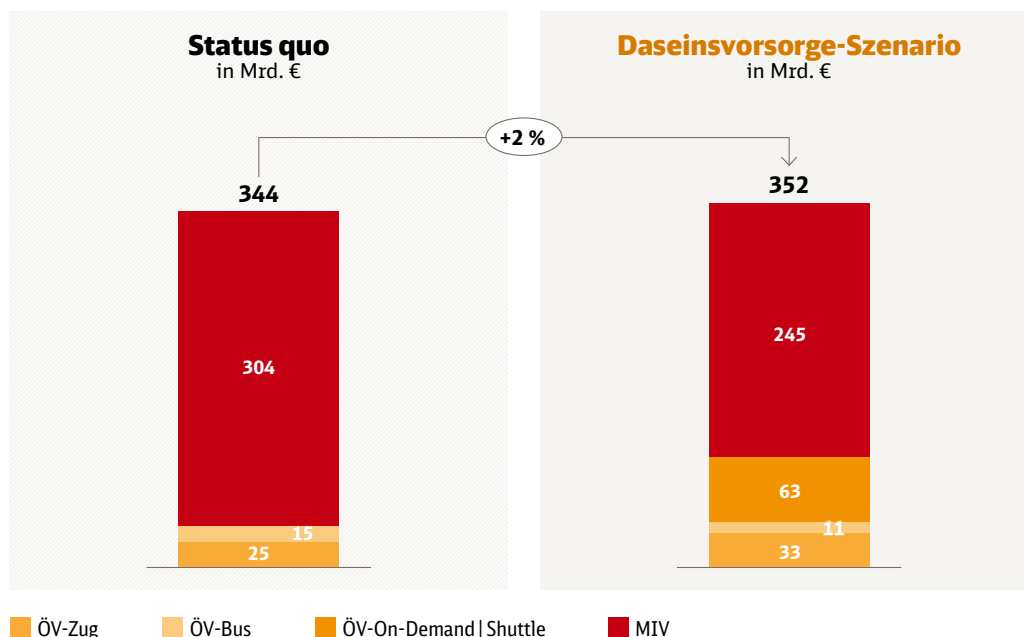


Abbildung 41: Gesellschaftliche Gesamtausgaben für Mobilität im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro

### 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.

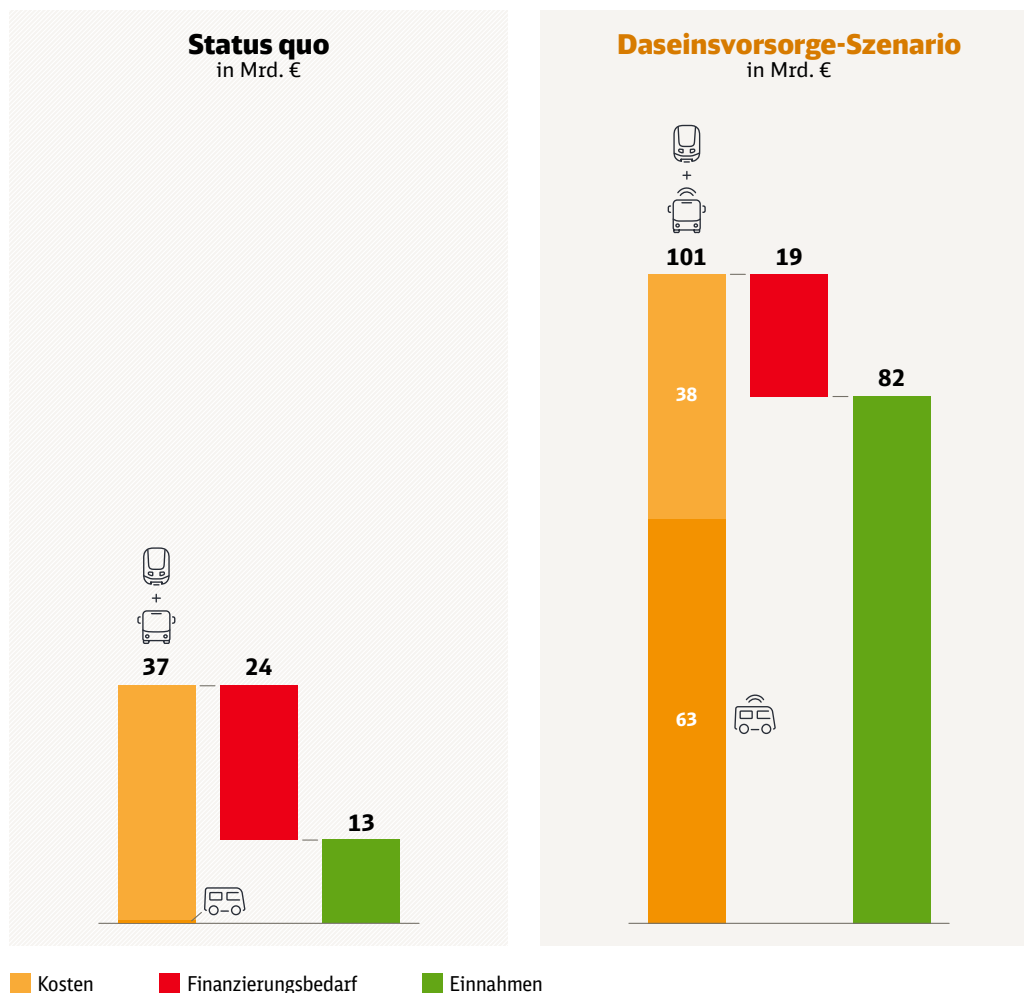


Abbildung 42: Angebotskosten und -einnahmen sowie Finanzierungsbedarf im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Euro



**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.

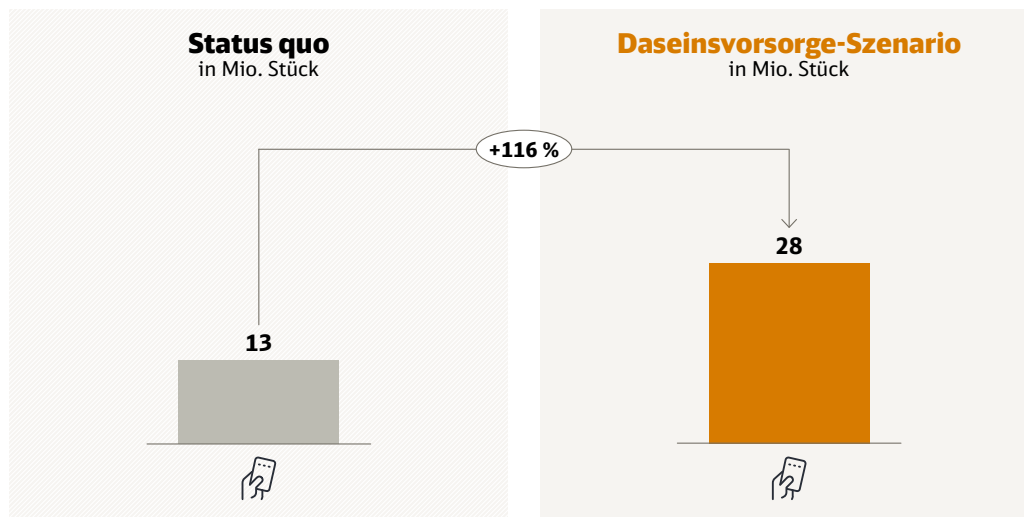


Abbildung 43: Anzahl Abo-Tickets im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Millionen Tickets; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

## 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.

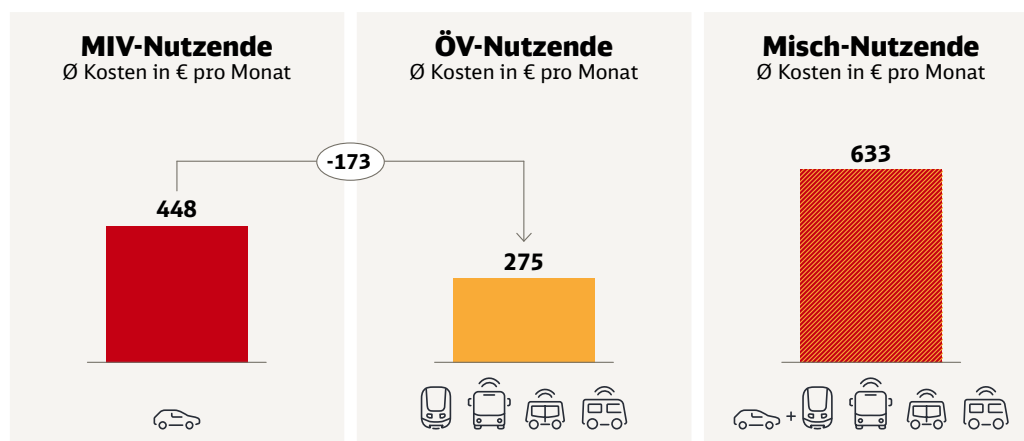


Abbildung 44: Durchschnittliche individuelle Mobilitätskosten pro Monat je nach Nutzungsart, Kosten in Euro pro Monat

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.

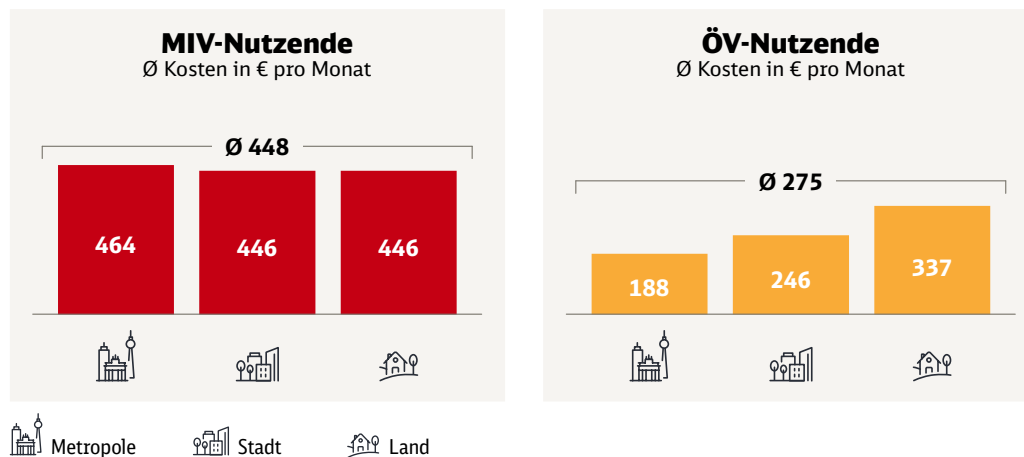


Abbildung 45: Differenzierte Darstellung der durchschnittlichen individuellen Mobilitätskosten nach Raumtyp für MIV- und ÖV-Nutzende, Kosten in Euro pro Monat

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.

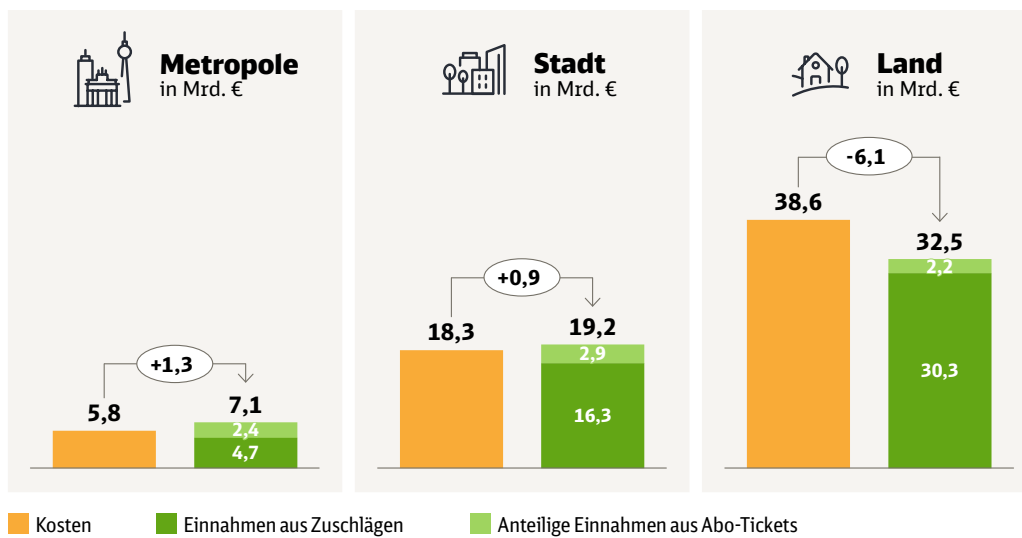


Abbildung 46: Kostendeckung autonomer On-Demand-Angebote in Metropolen, urbanen und ländlichen Räumen im Daseinsvorsorge-Szenario

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 Flächenschließung 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.

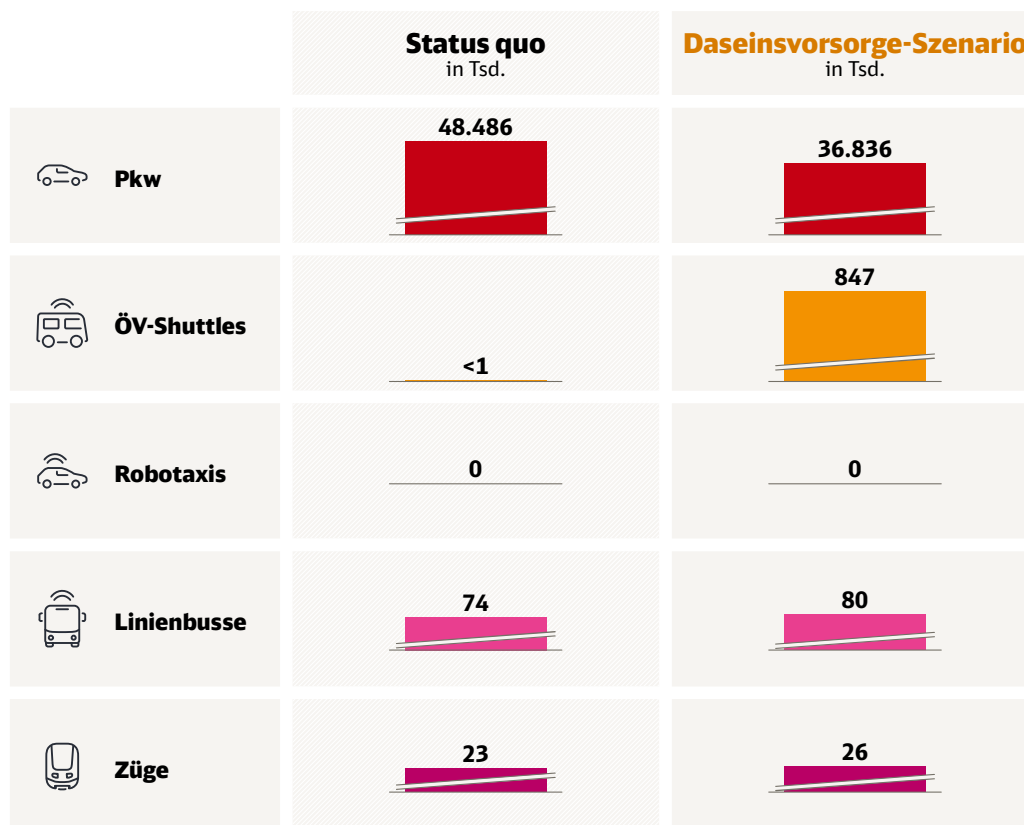


Abbildung 47: Entwicklung Fahrzeugbestand im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Tausend Fahrzeugen

## 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.

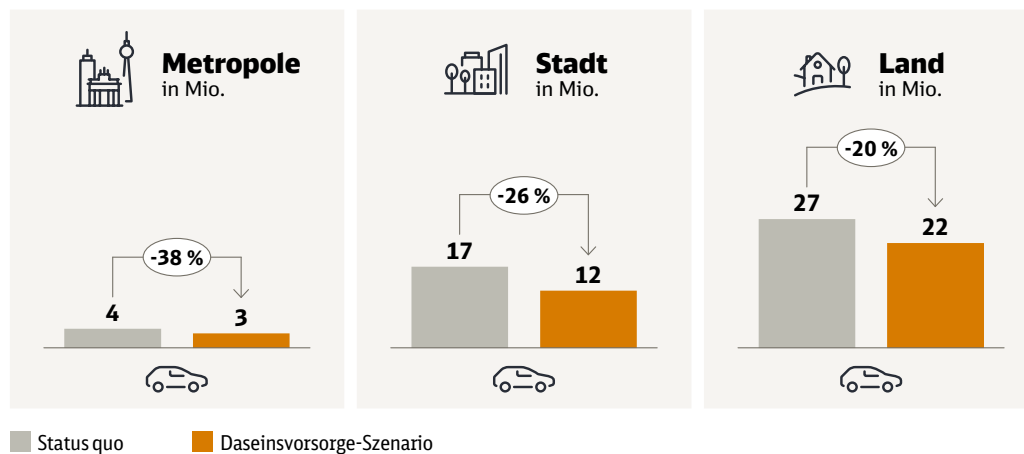


Abbildung 48: Pkw-Bestand nach Raumtypen, in Status quo und Daseinsvorsorge-Szenario, Pkw in Millionen und Entwicklung in Prozent; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

## 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.

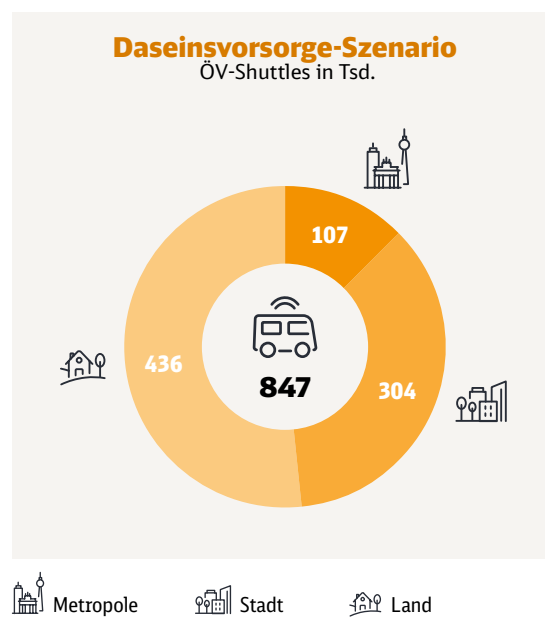


Abbildung 49: Verteilung der ÖV-Shuttles nach Raumtyp

### **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.

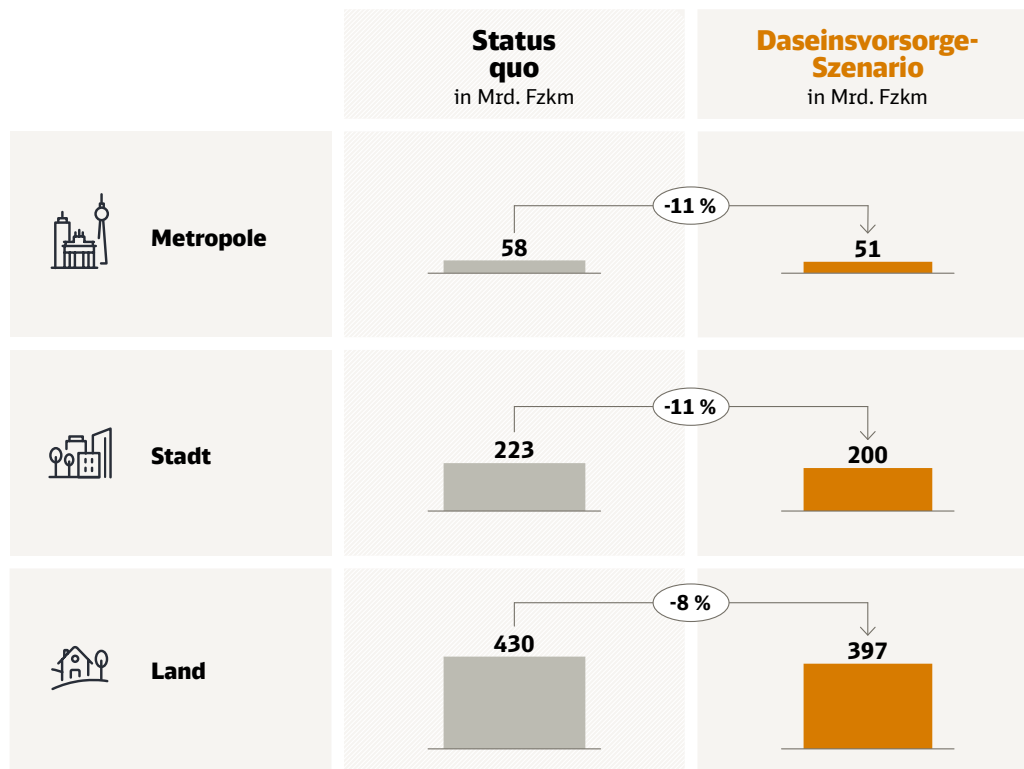


Abbildung 50: Straßenverkehrsbelastung nach Raumtypen im Daseinsvorsorge-Szenario im Vergleich zum Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern; absolute Zahlen gerundet; Prozentwerte auf Basis der exakten Ausgangswerte berechnet

## 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
 <b>Metropole</b>	<b>Status quo</b>	<b>7 Min.</b>	<b>+28 %</b>	<b>327 Meter</b>	<b>0,4</b>
	Basis-Szenario	7 Min.	+13 %	313 Meter	0,4
	<b>Wettbewerb-Szenario</b>	<b>5 Min.</b>	<b>-5 %</b>	<b>292 Meter</b>	<b>0,4</b>
	<b>Daseinsvorsorge-Szenario</b>	<b>5 Min.</b>	<b>-11 %</b>	<b>191 Meter</b>	<b>0,3</b>
 <b>Stadt</b>	<b>Status quo</b>	<b>14 Min.</b>	<b>+66 %</b>	<b>327 Meter</b>	<b>0,7</b>
	Basis-Szenario	14 Min.	+48 %	318 Meter	0,7
	<b>Wettbewerb-Szenario</b>	<b>11 Min.</b>	<b>+11 %</b>	<b>306 Meter</b>	<b>0,6</b>
	<b>Daseinsvorsorge-Szenario</b>	<b>7 Min.</b>	<b>+7 %</b>	<b>187 Meter</b>	<b>0,5</b>
 <b>Land</b>	<b>Status quo</b>	<b>26 Min.</b>	<b>+112 %</b>	<b>344 Meter</b>	<b>0,9</b>
	Basis-Szenario	25 Min.	+78 %	336 Meter	0,9
	<b>Wettbewerb-Szenario</b>	<b>24 Min.</b>	<b>+60 %</b>	<b>332 Meter</b>	<b>0,8</b>
	<b>Daseinsvorsorge-Szenario</b>	<b>13 Min.</b>	<b>+21 %</b>	<b>181 Meter</b>	<b>0,7</b>

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 Fahrgast-  
verbandes 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 %
 <b>Metropole</b>	15,0	30,8	16,0	37,1	84,1	100
 <b>Stadt</b>	31,3	15,5	31,4	19,7	63,8	100
 <b>Land</b>	37,3	6,9	37,3	10,3	17,9	100
	<b>83,6</b>	<b>13,8</b>	<b>84,7</b>	<b>18,3</b>	<b>46,2</b>	<b>100</b>

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.

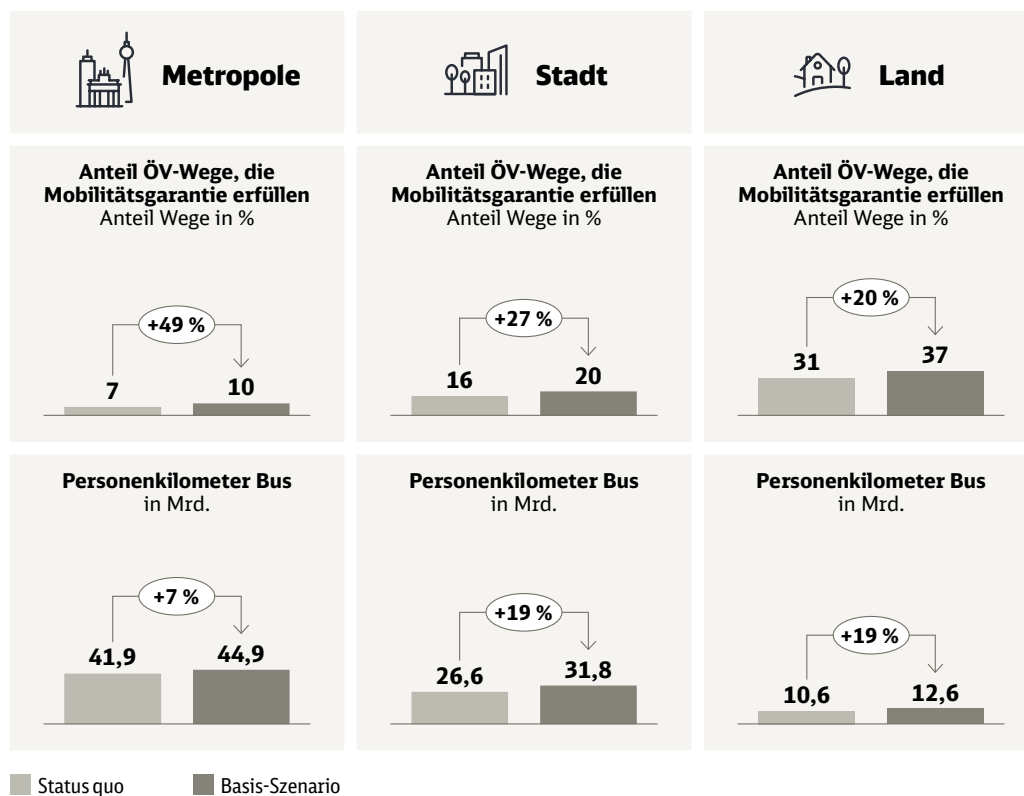


Abbildung 53: ÖPNV-Angebotsverbesserung und Nutzung von Busverkehren im Basis-Szenario im Vergleich zum Status quo



## 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.<sup>21</sup> 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.

<sup>21</sup> Vgl. OECD/ITF (2015).

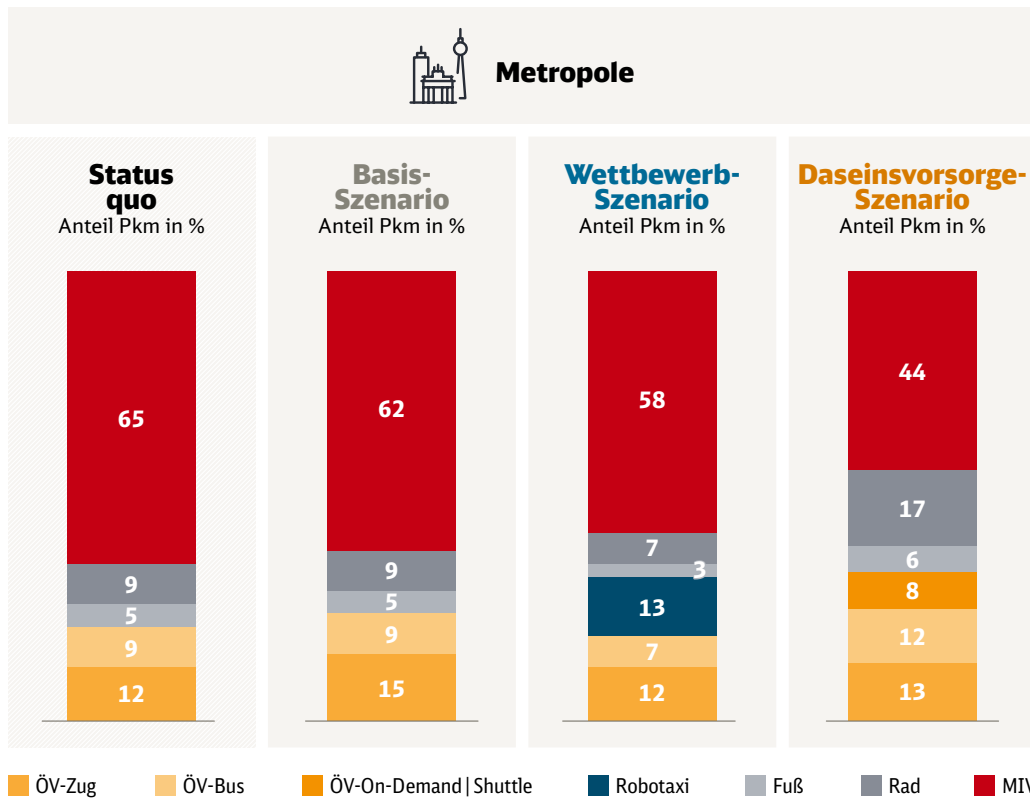


Abbildung 54: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung in den Metropolen, Anteile in Prozent

**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.

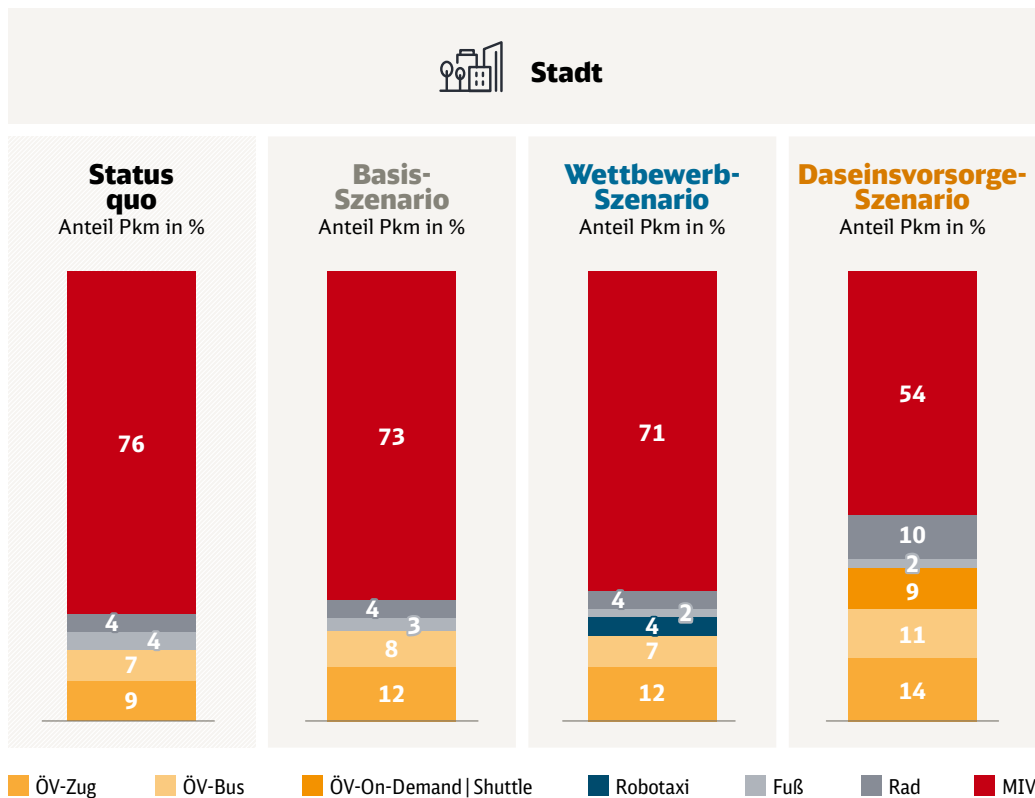


Abbildung 55: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung in den Städten, Anteile in Prozent

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.

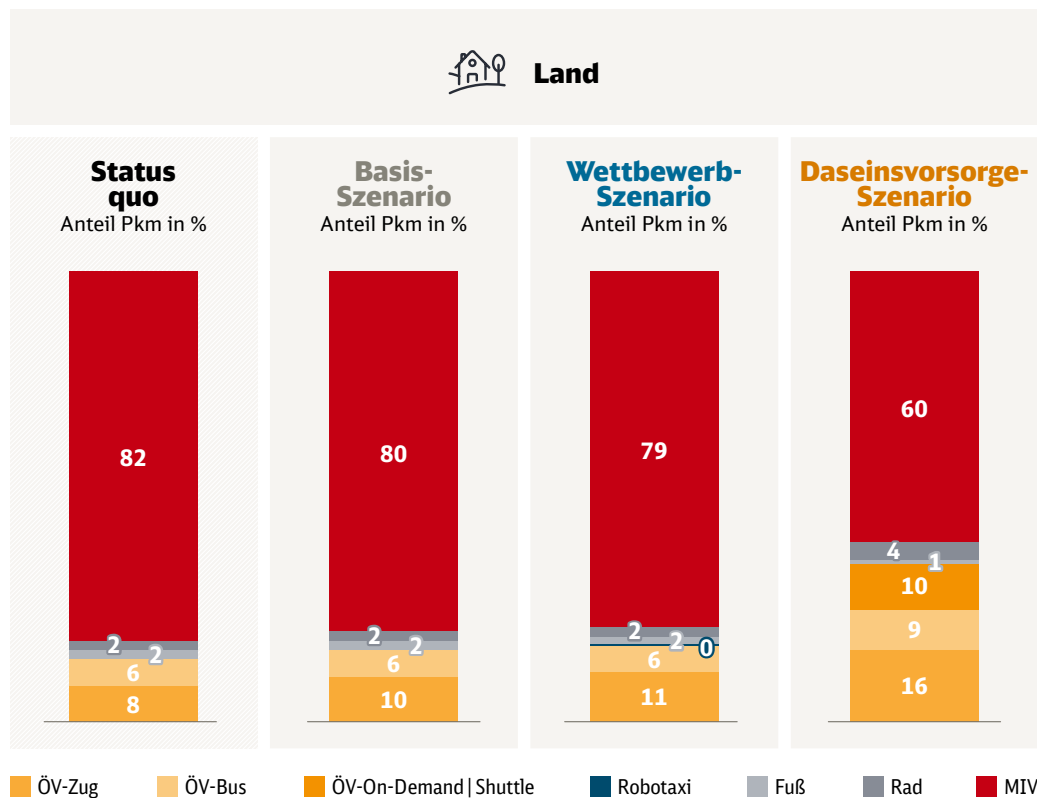


Abbildung 56: Vergleich der Szenarien in Bezug auf die Verkehrsleistung im ländlichen Raum, Anteile in Prozent

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.

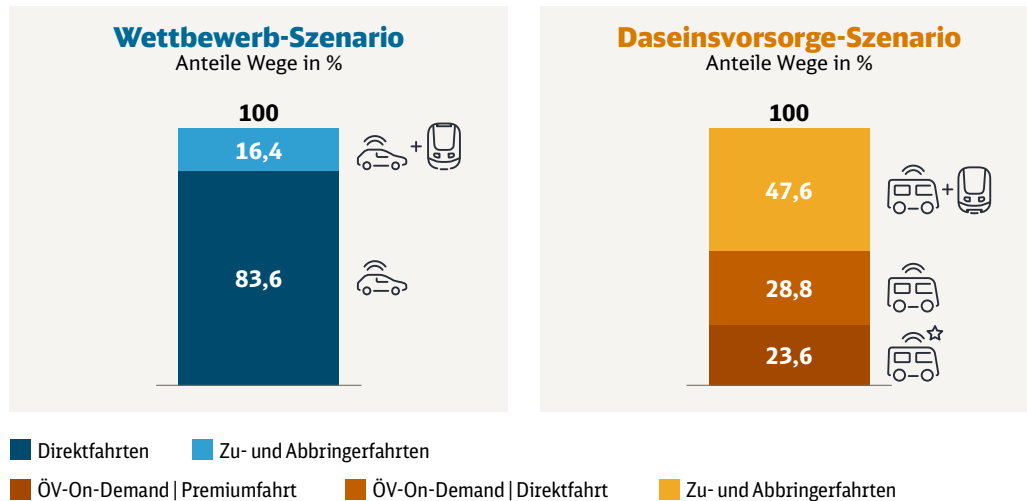


Abbildung 57: Verteilung des Fahrtentyps flexibler Mobilitätsangebote im Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anteile in Prozent

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 ausgebauteres und integriertes ÖPNV-Angebot aus On-Demand- und Linienverkehren die Straßenverkehrsbelastung circa 20 Prozent geringer sein kann als im **Basis-Szenario**.

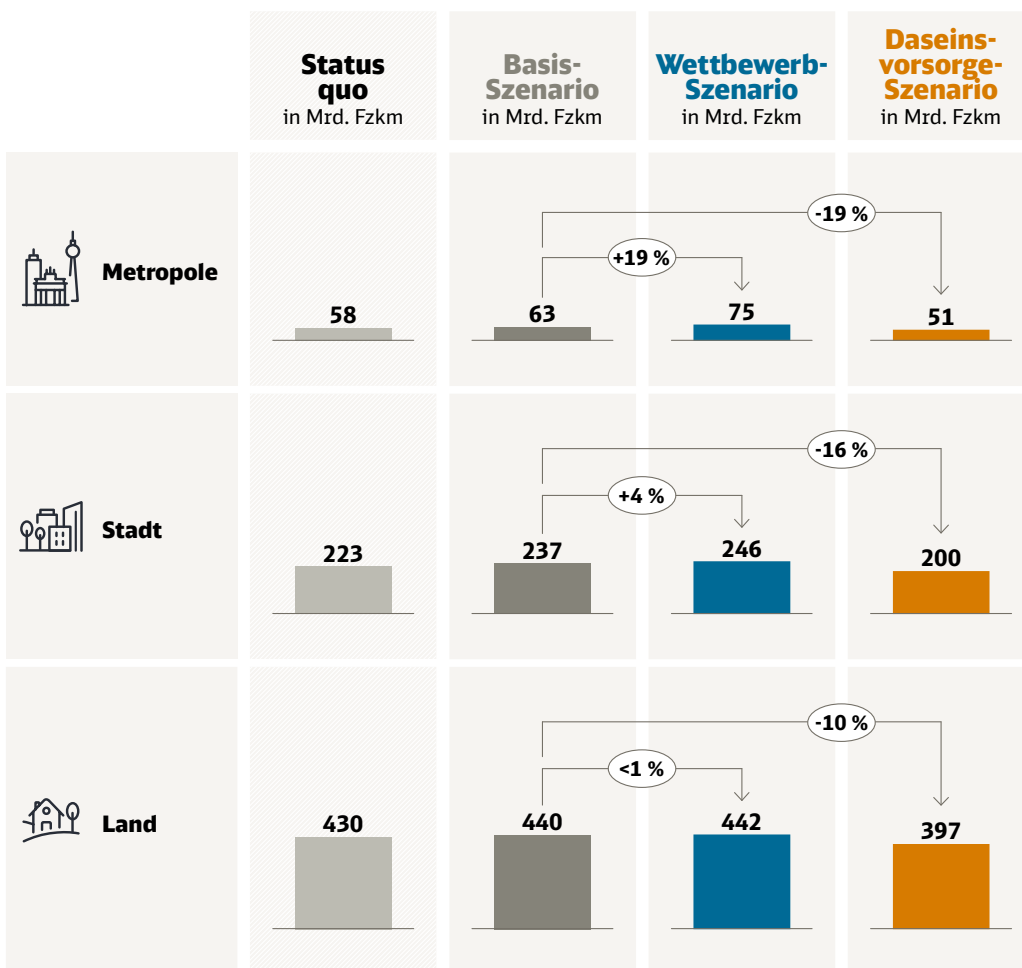


Abbildung 58: Straßenverkehrsbelastung, in den Szenarien und im Status quo, in Milliarden Fahrzeugkilometern

## 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.

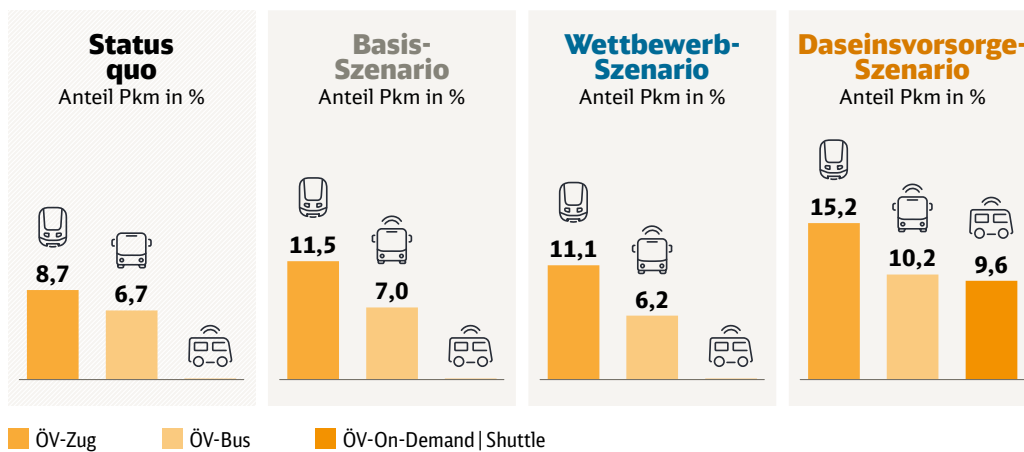


Abbildung 59: Grafische Darstellung der Anteile ÖV-Zug, -Bus und -On-Demand an der Verkehrsleistung des ÖV, für die einzelnen Szenarien und im Status quo, Anteile der Verkehrsträger in Prozent

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 kannibalisieren.
- 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**.

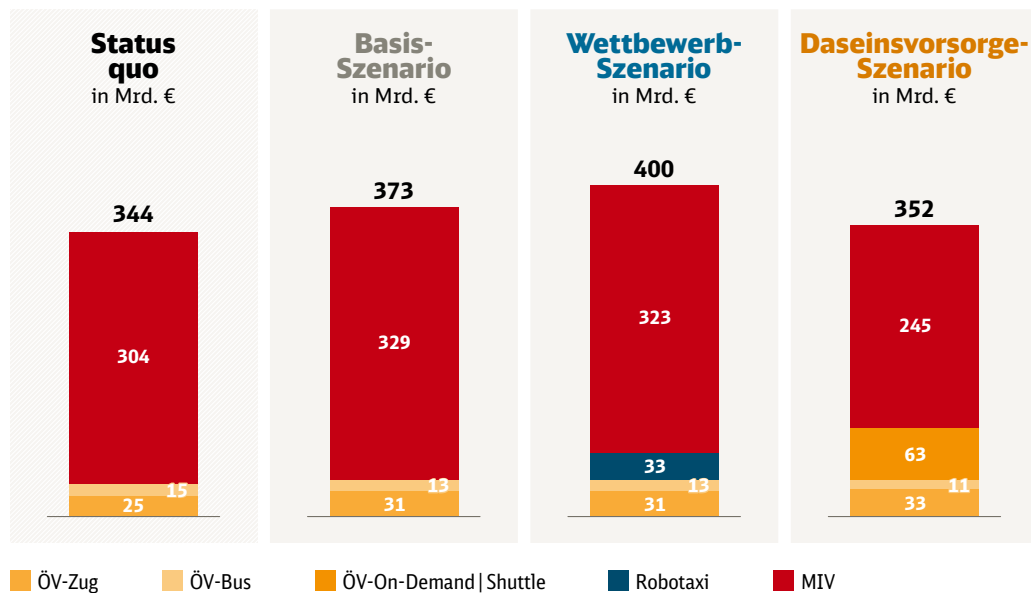


Abbildung 60: Vergleich der gesellschaftlichen Ausgaben zwischen den Szenarien, in Milliarden Euro

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 digitalgestützte 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 Selbstfahrssysteme, 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.

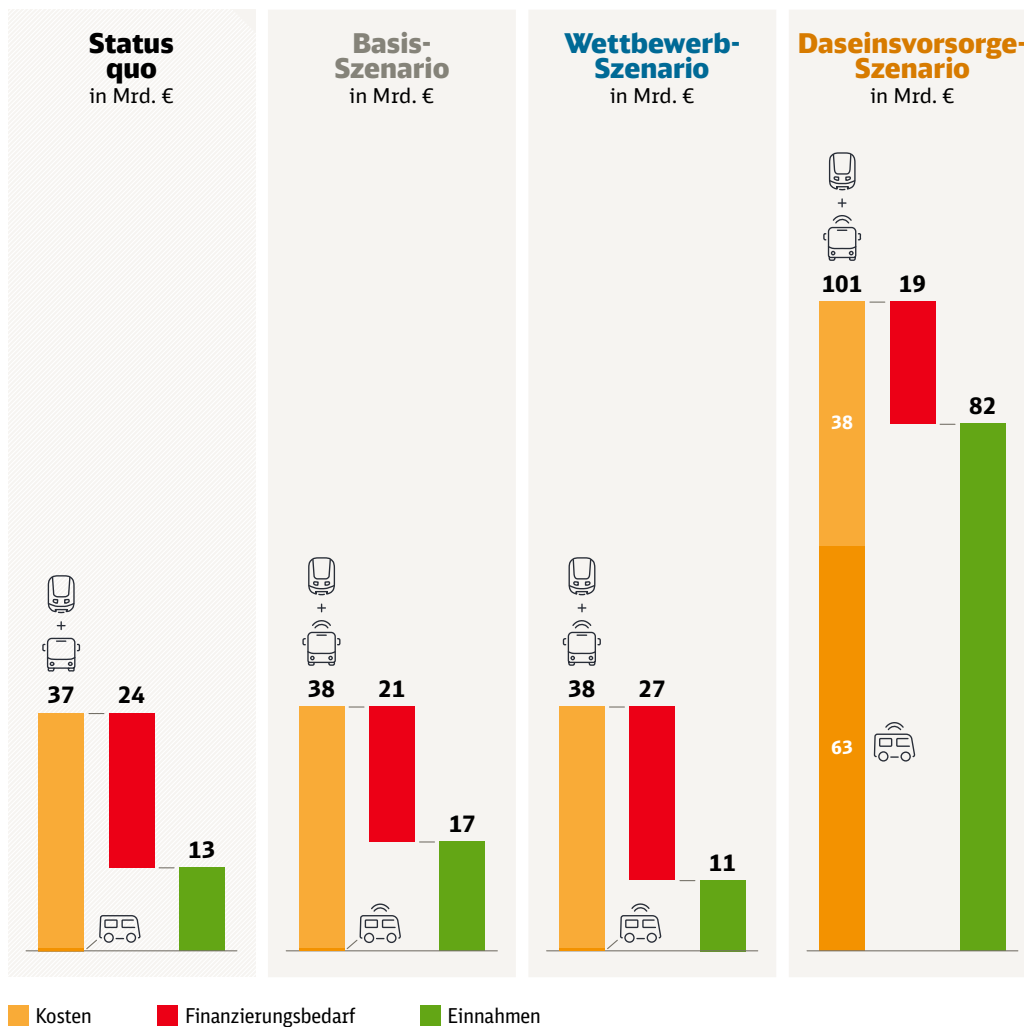


Abbildung 61: Vergleich der Finanzierungsbedarfe des ÖPNV je Szenario, in Milliarden Euro

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.

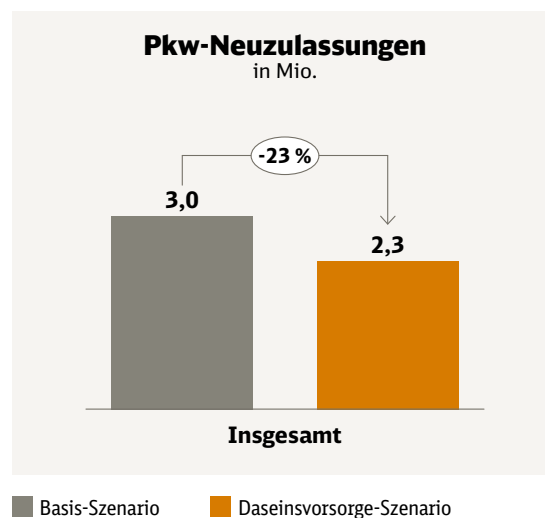


Abbildung 62: Entwicklung der Neuzulassungen in Deutschland, Basis- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anzahl Fahrzeuge in Tausend und Entwicklung in Prozent

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 Kompaktwagensegment – mit entsprechenden Auswirkungen auf Marktanteile und Geschäftsmodelle deutscher Automobilhersteller. Folgende Veränderungen wurden dabei auf Basis der getroffenen Annahmen je Fahrzeugsegment ermittelt:

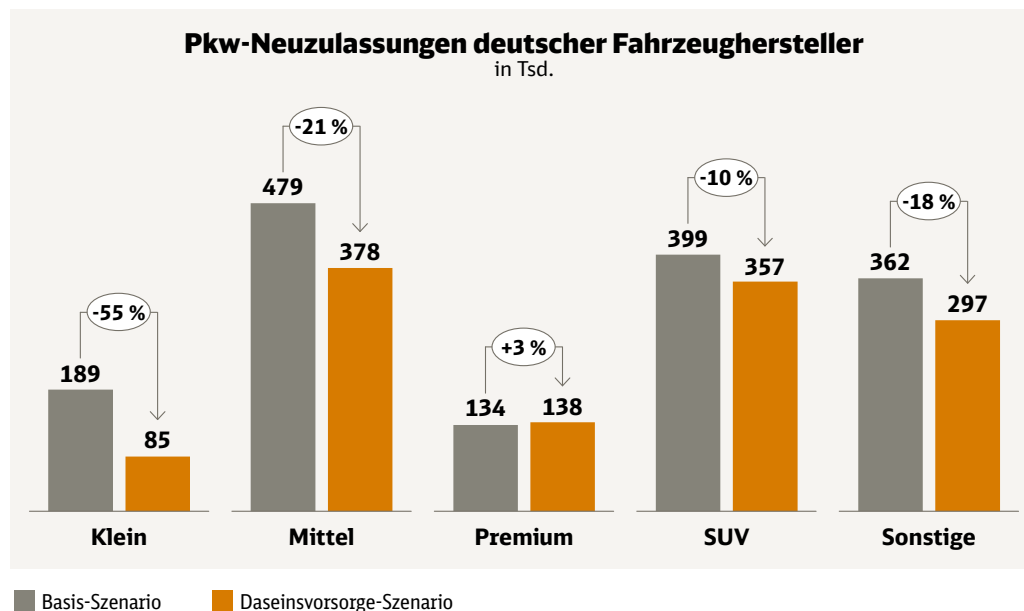


Abbildung 63: Entwicklung der Neuzulassungen deutscher Fahrzeughersteller nach Fahrzeugsegmenten in Deutschland, Basis- und Daseinsvorsorge-Szenario, Anzahl Fahrzeuge in Tausend und Entwicklungen in Prozent

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.

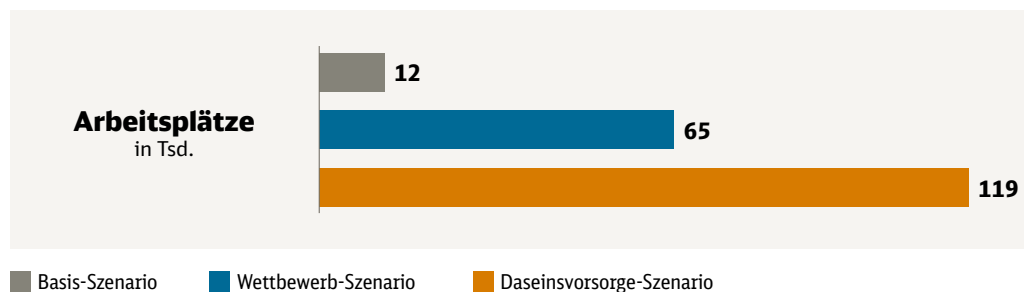


Abbildung 64: Arbeitsplatzeffekte im ÖPNV, in den Szenarien, Anzahl Arbeitsplätze in Tausend

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.

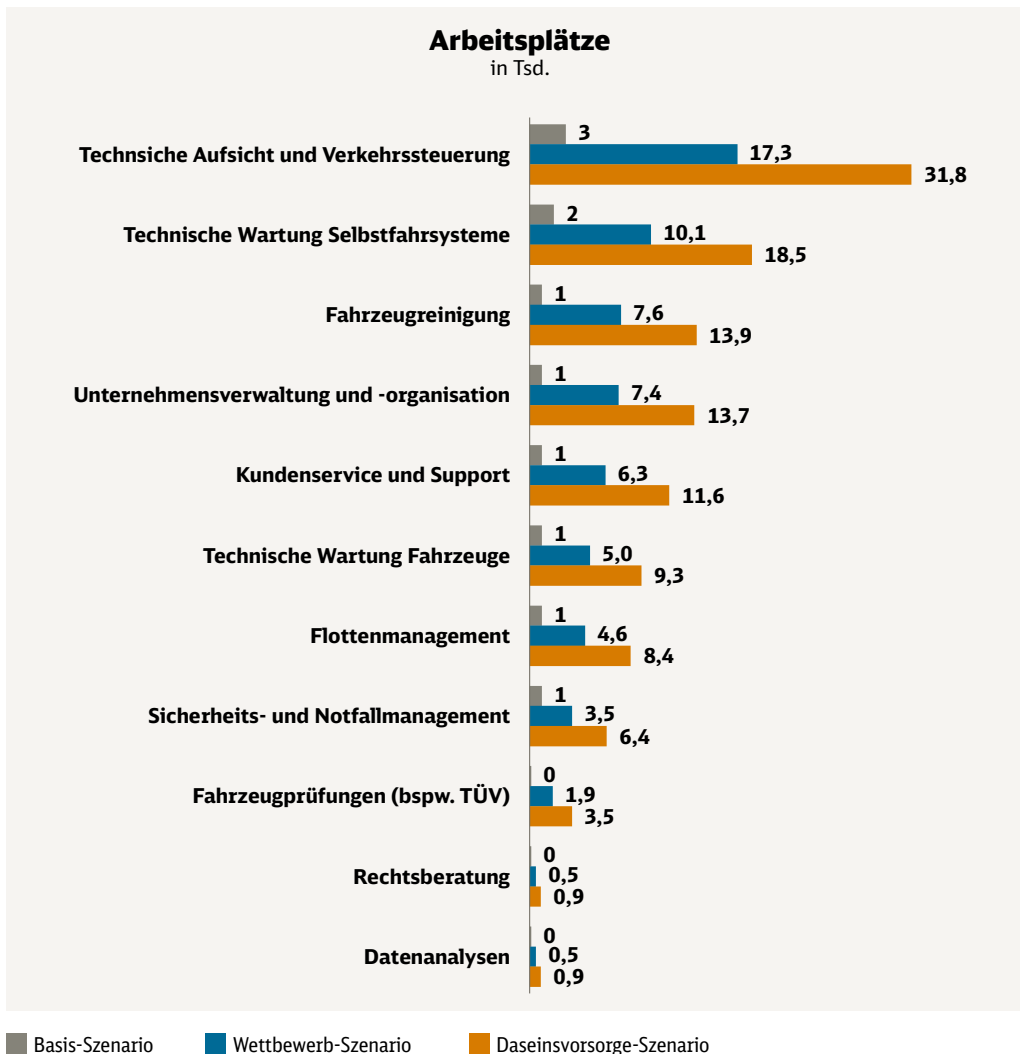


Abbildung 65: Arbeitsplatzeffekte im ÖPNV nach Jobprofilen, in den Szenarien, Anzahl Arbeitsplätze in Tausend

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.

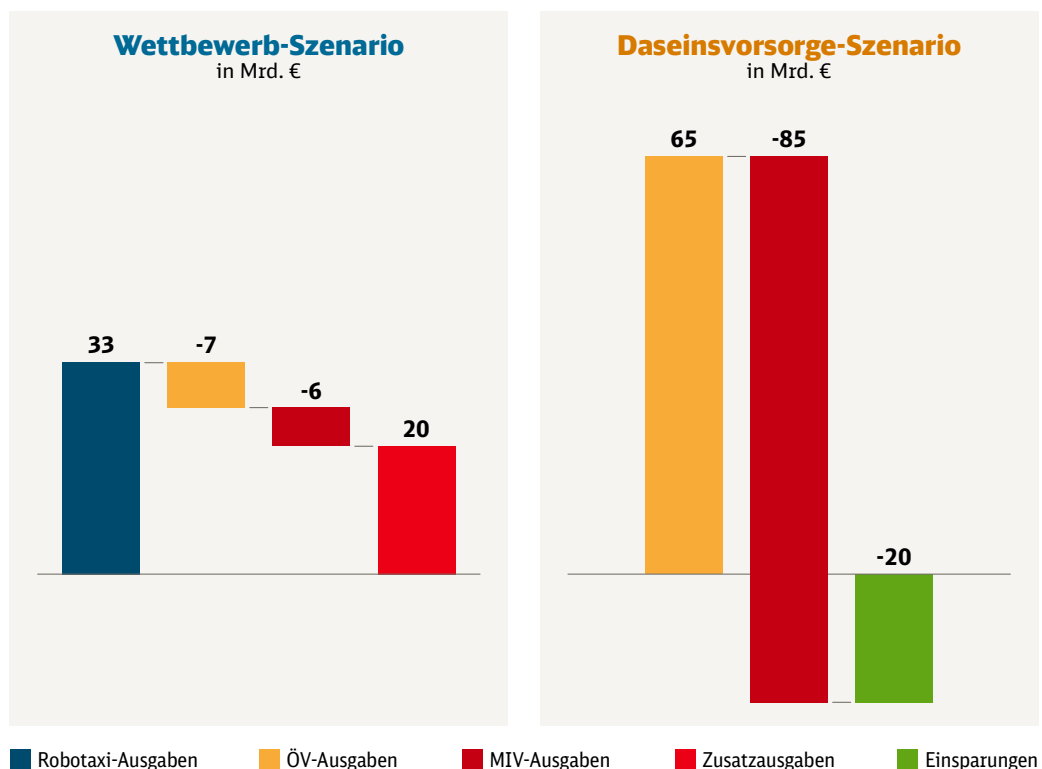


Abbildung 66: Ausgaben privater Haushalte, Wettbewerb- gegenüber Daseinsvorsorge-Szenario, in Milliarden Euro

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.

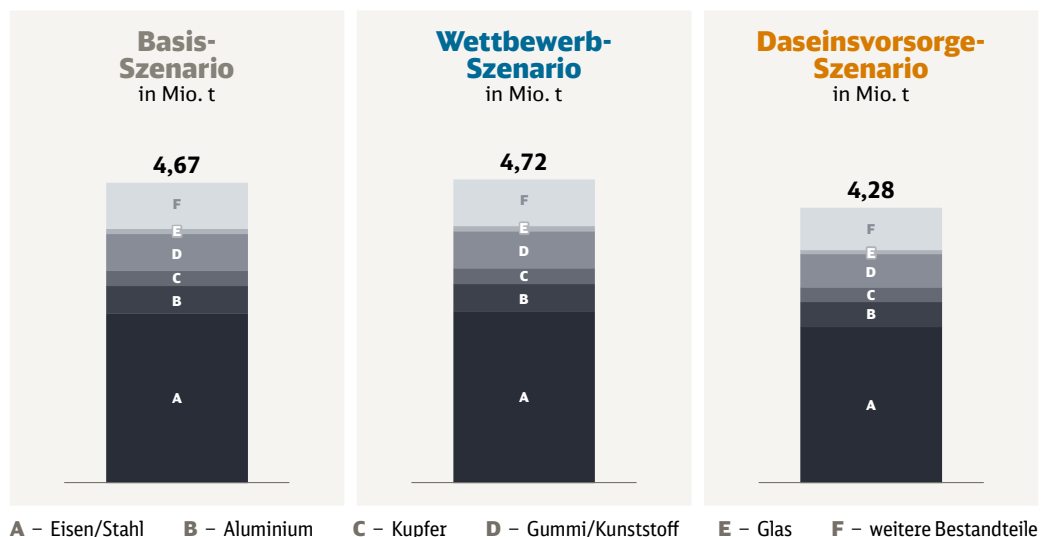


Abbildung 67: Ressourcenbedarf der jährlich zugelassenen Neufahrzeuge (Pkw und ÖSPV), in den Szenarien, in Millionen Tonnen

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 CO<sub>2</sub>-Fußabdruck<sup>22</sup> 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 CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr.

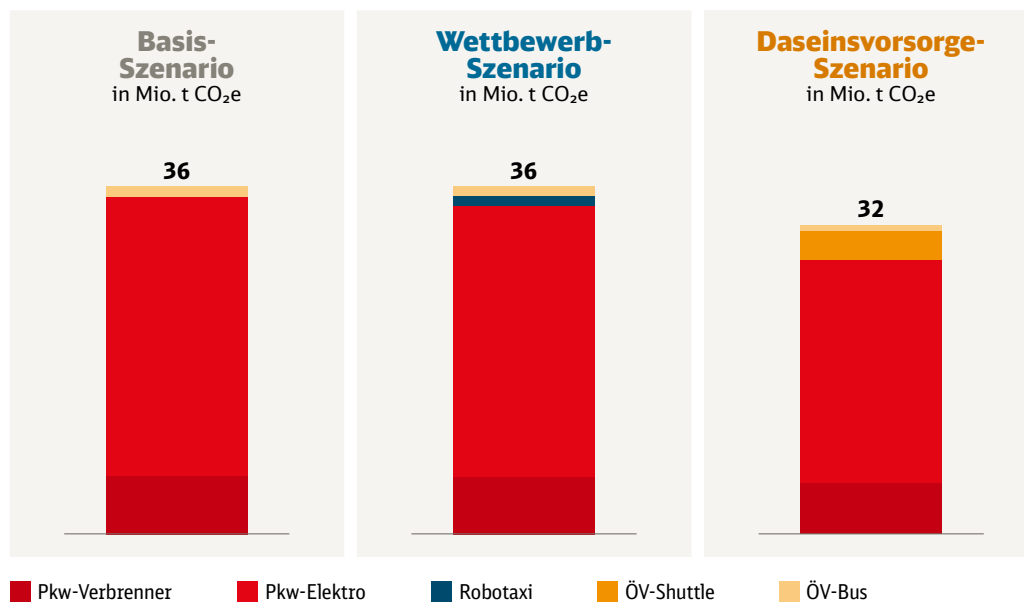


Abbildung 68: Produktionsemissionen der jährlich zugelassenen Neufahrzeuge (Pkw und ÖSPV), in den Szenarien, in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e

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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub>-Einsparungen aus der Fahrleistung hinzu, die im **Daseinsvorsorge-Szenario** gegenüber den anderen Szenarien etwa 2,9 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> 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.

<sup>22</sup> Der CO<sub>2</sub>-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.

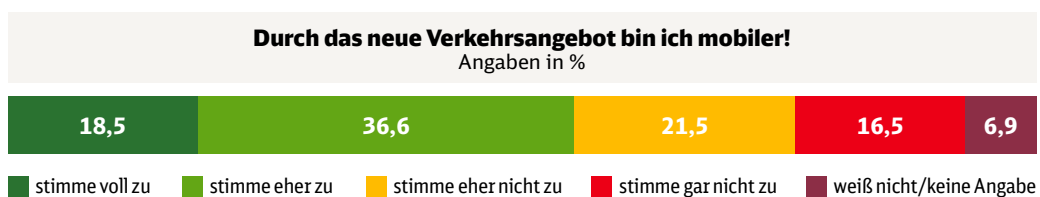


Abbildung 69: Antworten zur sozialen Teilhabe im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent

Jüngere Altersgruppen äußern diese Zustimmung deutlich häufiger als ältere.

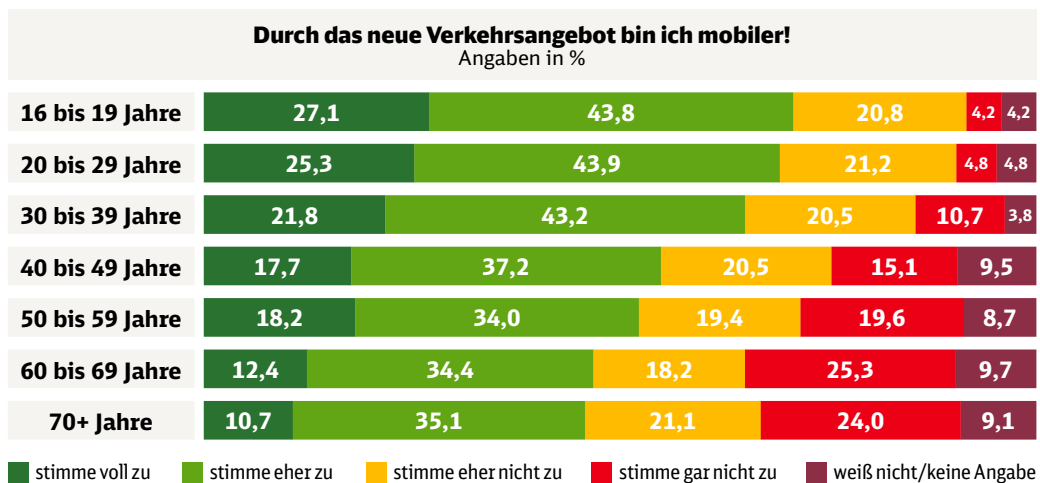


Abbildung 70: Antworten zur sozialen Teilhabe im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, nach Altersgruppen, in Prozent

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.

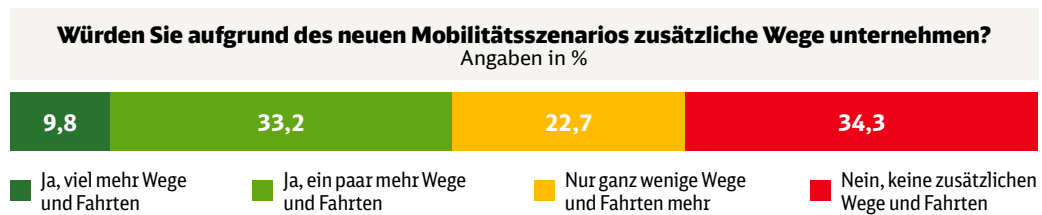


Abbildung 71: Antworten zu Mehrwegen im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent

## 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.

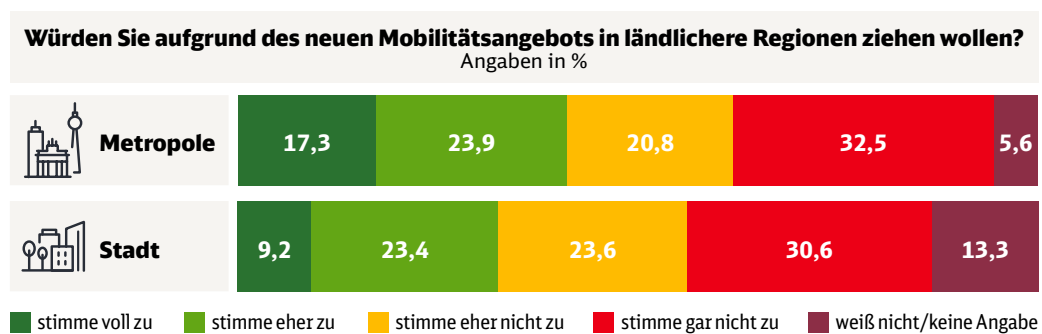


Abbildung 72: Antworten zur Umzugsbereitschaft in ländlichere Regionen im Daseinsvorsorge-Szenario in der Bevölkerungsbefragung, in Prozent

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.

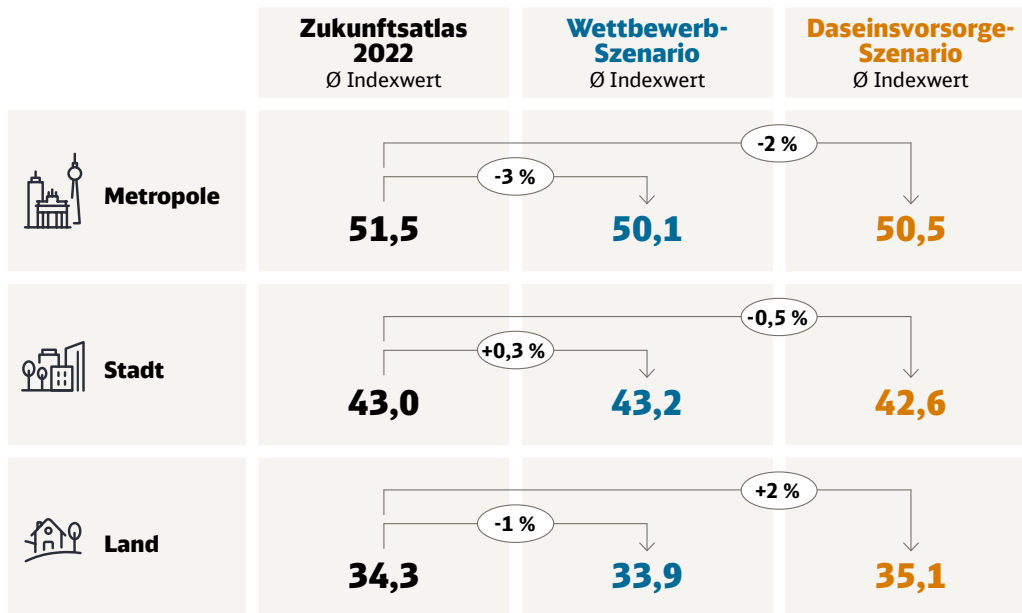


Abbildung 73: Indexwerte des Zukunftsatlas®, Zukunftsatlas 2022 und in Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, Veränderungen in Prozent

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.

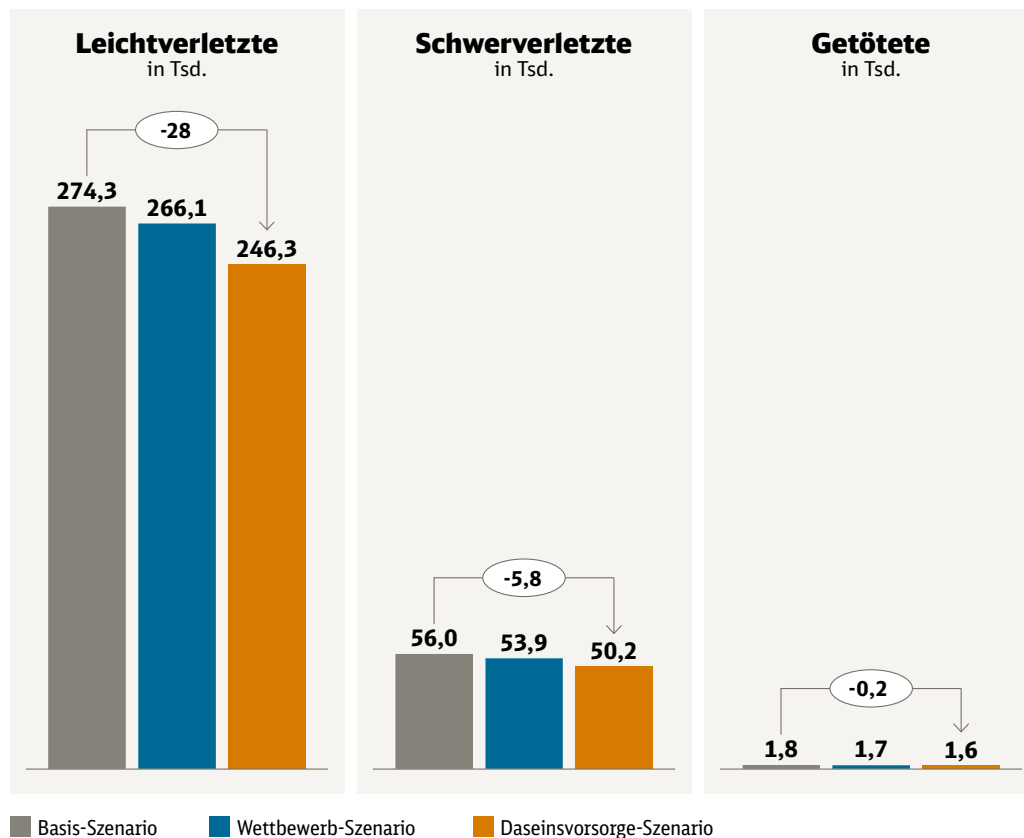


Abbildung 74: Personenschäden im Verkehr nach Schwere, Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Anzahl Unfälle

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 Euro<sup>23</sup> 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.

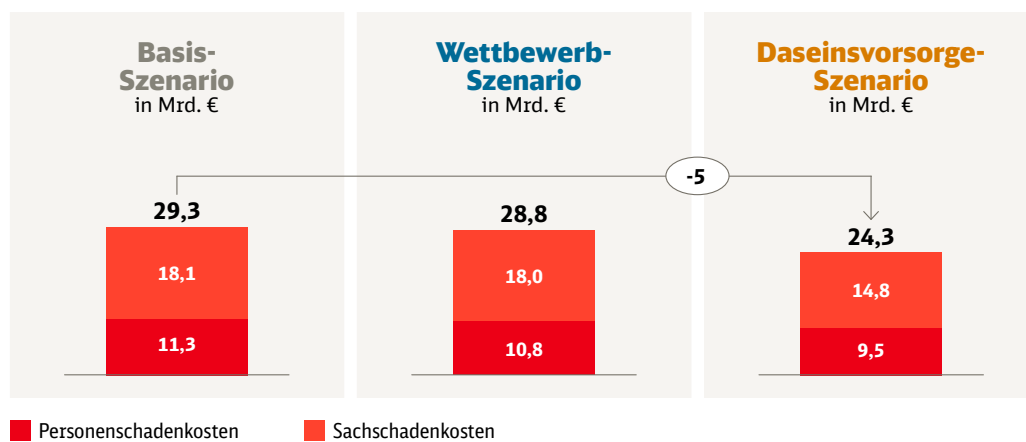


Abbildung 75: Unfallkosten im Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Milliarden Euro

<sup>23</sup> 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**.

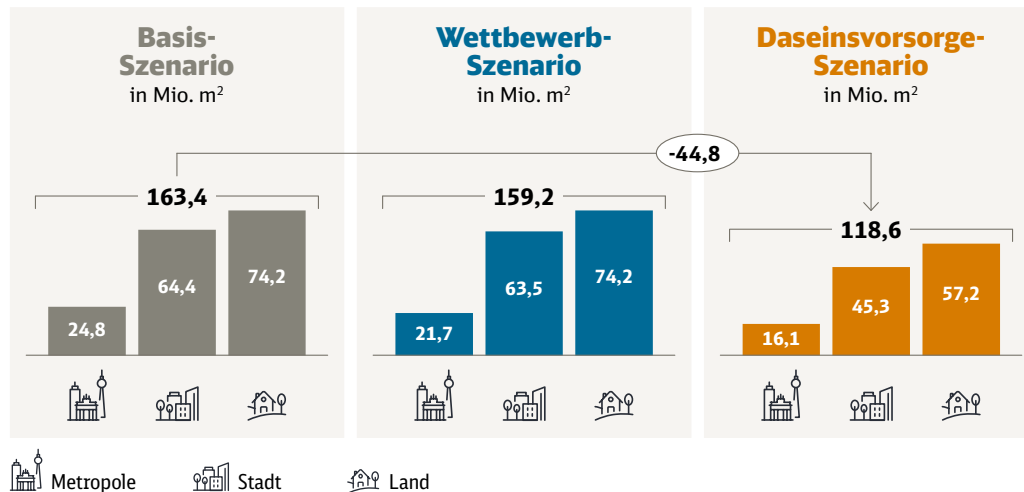


Abbildung 76: Öffentlicher Parkflächenbedarf im Basis-, Wettbewerb- und Daseinsvorsorge-Szenario, in Millionen Quadratmeter

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 Nutzendendenfinanzierung 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 <sub>2e</sub> .....	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](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](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](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/praesentation-verkehrsentwicklung-in-deutschland.pdf?\\_blob=publicationFile](https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/praesentation-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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/Ergebnisdokumentation_Mobilitaetsgarantie_barrierefrei.pdf) (letztmalig aufgerufen am: 24.07.2025).

**Gert Hildebrand, Freier Experte, Riedenerstrasse 17, 81475 München**

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich möchte meine Stellungnahme zum Thema autonomes Fahren bewusst zugespitzt formulieren:

Autonomes Fahren kommt – ob wir vorbereitet sind oder nicht.

Die entscheidende Frage ist nicht mehr ob, sondern wie schnell und wie gut Bayern darauf vorbereitet ist. Der aktuelle Zustand ist aus meiner Sicht unzureichend.

---

1. Politisches und strukturelles Versäumnis Die größten Herausforderungen sind nicht technischer Natur, sondern politisch, rechtlich und ethisch.  
Es fehlt an klaren Entscheidungen, verbindlichen Zeitplänen und konkreten Umsetzungsmaßnahmen.

---

2. Infrastruktur: Bayern ist aktuell nicht vorbereitet (Kernpunkt) Ohne geeignete Infrastruktur wird autonomes Fahren weder effizient noch sicher funktionieren. Hier besteht akuter Handlungsbedarf.

Ich fordere daher:

- Sofortiges Moratorium zur Flächensicherung Zentral gelegene Flächen dürfen nicht weiter unkoordiniert bebaut oder verkauft werden.

Insbesondere zu sichern sind:

- ehemalige Bahnflächen (Ex-DB)
- ehemalige Militärflächen (Ex-BW)
- innerstädtische Areale wie Großmarkt-, Schlachthof- oder Industrieflächen

- Aufbau eines flächendeckenden Netzes an Logistik- und Mobilitätshubs Diese müssen strategisch geplant werden:

- An Autobahnen:

- große Logistikflächen für autonomen Fernverkehr (Lkw)
- Umschlagplätze zwischen autonomen und konventionellen Transportketten
- Lade-, Tank- und Wartungsinfrastruktur

- In urbanen Räumen:

- Hubs an Bahnhöfen und Verkehrsknotenpunkten
- innerstädtische Verteilzentren für die „letzte Meile“
- Flächen bei großen Unternehmens- und Industrieumschlagplätzen

- Konkrete Infrastrukturbausteine:

- Park- und Wartezonen für autonome Fahrzeuge
- definierte Übergabepunkte zwischen autonomem und fahrergeführtem Verkehr
- Service- und Wartungszentren
- konsequenter Ausbau der Lade- und Energieinfrastruktur

---

**Gert Hildebrand, Freier Experte, Riedenerstrasse 17, 81475 München**

3. Arbeitsmarkt: Massive Umbrüche werden ignoriert Die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt werden derzeit politisch unterschätzt:

- Wegfall von Arbeitsplätzen im Bereich:
  - Lkw-Fahrer
  - Taxi- und Ride-Hailing-Dienste
  - Bus- und teilweise Bahnverkehr
- Gleichzeitig entstehen neue Anforderungen:
  - Betrieb und Wartung von Mobilitätshubs
  - Steuerung und Überwachung autonomer Systeme
  - Service- und Infrastrukturpersonal

Ohne frühzeitige Umschulungs- und Qualifizierungsprogramme drohen strukturelle Verwerfungen am Arbeitsmarkt.

---

4. Fazit: Jetzt handeln oder dauerhaft ins Hintertreffen geraten Bayern hat aktuell noch die Chance, eine führende Rolle einzunehmen.

Ohne sofortige Maßnahmen bei Flächensicherung, Infrastrukturplanung und Arbeitsmarktstrategie wird diese Chance verspielt.

Ich fordere daher:

- sofortige politische Priorisierung des Themas
- verbindliche Zeitpläne
- konkrete Flächensicherungsprogramme
- und eine integrierte Gesamtstrategie aus Infrastruktur, Wirtschaft und Arbeitsmarktpolitik

Mit freundlichen Grüßen  
Gert Hildebrand Freier Experte.  
Riedenerstrasse 17  
81475 München.



# Ausschuss für Wohnen, Bau und Verkehr

Anhörung zum Thema „Autonomes Fahren“ am 05.05.2026

Bayerischer Landtag

— Diese Stellungnahme ordnet das autonome Fahren sowohl im motorisierten Individualverkehr als auch im öffentlichen Personennahverkehr aus technischer Sicht ein. Während der flächendeckende Einsatz im Individualverkehr weiterhin mit langfristigen technischen und rechtlichen Herausforderungen verbunden ist, liegen die kurzfristig realisierbaren Potenziale insbesondere im ÖPNV, etwa bei autonomen Bussen und Shuttle-Systemen. Diese Anwendungen können einen erheblichen gesellschaftlichen Nutzen entfalten, insbesondere durch verbesserte Mobilitätsangebote in ländlichen Regionen und eine Stärkung der sozialen und wirtschaftlichen Teilhabe.

— Entscheidend für eine erfolgreiche Einführung sind gezielte Investitionen in geeignete Infrastruktur, realistische Test- und Erprobungsmöglichkeiten sowie ein innovationsfreundlicher rechtlicher Rahmen. Die folgende Einschätzung basiert auf Erfahrungen aus mehreren Forschungsprojekten im Bereich des autonomen Fahrens.

## 1. Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektive

Bereits heute sind automatisierte Fahrzeuge bis Automatisierungsstufe 3 im Straßenverkehr im Einsatz. Höhere Automatisierungsstufen stellen jedoch weiterhin erhebliche technische und rechtliche Herausforderungen dar. Nationale und internationale Studien, unter anderem des World Economic Forum<sup>1</sup>, zeigen, dass die dynamischsten Anwendungsfelder des autonomen Fahrens derzeit nicht im klassischen Individualverkehr liegen, sondern insbesondere im Bereich von Robotaxis sowie autonomen Bussen und Shuttle-Systemen.

Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass in Nordamerika und Asien innerhalb der nächsten zehn Jahre in über 40 Städten Robotaxi-Dienste angeboten werden. Der ÖPNV eignet sich besonders für einen frühen Einsatz autonomer Systeme, da Einsatzgebiete, Fahrzeugrouten und Betriebsbedingungen deutlich stärker strukturiert sind als im allgemeinen Straßenverkehr.

## 2. Risiko und Sicherheit

Trotz erheblicher technischer Fortschritte können autonome Systeme heute noch nicht alle Verkehrssituationen vollständig bewältigen. Zentrale technische Herausforderungen bestehen unter anderem in der Umgebungswahrnehmung bei schlechten Wetterbedingungen, der Prädiktion der Intentionen anderer Verkehrsteilnehmender, einer durchgängigen Kommunikationsabdeckung sowie der sicheren Reaktion auf unerwartete Ereignisse.

---

<sup>1</sup> Autonomous Vehicles: Timeline and Roadmap Ahead, White Paper, Apr. 2025. [Online]. Available: [https://reports.weforum.org/docs/WEF\\_Autonomous\\_Vehicles\\_2025.pdf](https://reports.weforum.org/docs/WEF_Autonomous_Vehicles_2025.pdf) [Accessed: 23-Apr-2026]



Manche dieser Situationen können durch dedizierte Betriebsbereiche reduziert werden, in denen ausschließlich autonome Fahrzeuge interagieren. Beispielsweise können Lichtsignalanlagen ihre Zustände kommunizieren, Fahrzeuge ihre Intentionen austauschen und Manöver koordinieren. Dadurch werden Risiken reduziert, die insbesondere im Mischverkehr entstehen.

Unabhängig davon sind kontrollierte, aber realitätsnahe Testfelder essenziell. Einerseits muss praktische Erfahrung gesammelt werden, andererseits lassen sich Risiken gezielt reduzieren, etwa durch Anpassung der Betriebsbedingungen oder eine klar definierte Betriebsdefinitionsbereich. Solche Erprobungsräume sind unerlässlich, um Technik weiterzuentwickeln und Vertrauen aufzubauen.

### **3. Rechtlicher Rahmen, insbesondere Haftungsfragen**

Aus technischer Sicht ist es notwendig, den regulatorischen Rahmen stärker auf Forschung und Entwicklung auszurichten. Zulassungsverfahren für autonome Systeme bis mindestens Automatisierungsstufe 4 sollten nach anderen Kriterien erfolgen als Serienzulassungen für den Massenmarkt.

Experimentierfreundlichere Genehmigungsverfahren, klare Zuständigkeiten und realistische Haftungsregelungen können die Entwicklung beschleunigen, ohne Sicherheitsstandards zu vernachlässigen. Entscheidend ist dabei eine eindeutige Rollenverteilung zwischen Herstellern (Systemdesign), Betreibern (Einsatzgebiet und Betrieb) und der öffentlichen Hand (Infrastruktur). Eine system- und betriebsorientierte Haftung ist dabei sachgerechter als eine pauschale Vollverschuldung.

### **4. Ausbau der Infrastruktur, Einfluss auf Verkehrs- und Stadtplanung**

Auch wenn autonome ÖPNV-Systeme nicht immer die wirtschaftliche Lösung darstellen, entfalten sie einen hohen gesellschaftlichen Nutzen. Insbesondere in ländlichen und strukturschwächeren Regionen können autonome Bus- und Shuttle-Systeme einen wichtigen Beitrag zur Daseinsvorsorge leisten. Sie verbessern die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, Bildungseinrichtungen sowie kulturellen und sozialen Angeboten und erhöhen damit die Attraktivität ganzer Regionen. Autonome ÖPNV-Angebote können zudem einen Beitrag zur Reduzierung von Pendelbelastungen leisten und neue Formen flexibler Mobilität ermöglichen.

Autonome Busse weisen im Vergleich zum Schienenverkehr deutlich geringere Investitions- und Betriebskosten auf und sind zudem flexibler, da sie keine exklusive, fest installierte Infrastruktur benötigen und daher ergänzend eingesetzt werden können. Investitionen in die dafür erforderliche Infrastruktur sind dennoch eine zentrale Voraussetzung für die Implementierung. Dabei geht es nicht nur um digitale Kommunikation oder Mobilfunknetze, sondern auch um physische Leitsysteme, eine klare Straßenraumgestaltung sowie priorisierte oder zeitweise exklusive Fahrspuren und Ladeinfrastruktur. Diese Fahrspuren sollten gezielt und zeitlich begrenzt für



autonome Fahrzeuge vorgesehen werden, um die jeweiligen Sicherheits- und Betriebsanforderungen zu erfüllen.

#### **5. Ethik und Akzeptanz des autonomen Fahrens**

Akzeptanz entsteht in erster Linie durch Erfahrung. Je mehr Menschen mit autonomen Systemen in Kontakt kommen, desto mehr Vertrauen entsteht. Vor diesem Hintergrund kommt Test- und Pilotbetrieben eine zentrale Bedeutung zu.

#### **6. Partnerschaften und Modellprojekte zwischen Unternehmen und öffentlichen Trägern, Erfahrungen aus Pilotprojekten oder Best Practice Beispielen**

Wie oben erwähnt, ist es wichtig, kontrollierte, aber realitätsnahe Testfelder zu schaffen. So können praktische Erfahrungen gesammelt, Risiken reduziert und die Technologie weiterentwickelt werden.

Frühere Projekte wie die Shuttle-Modellregion Oberfranken I und II haben gezeigt, wie komplex Inbetriebnahme, Betrieb und Akzeptanzprozesse sind. Nachhaltige Optimierungen lassen sich insbesondere durch dauerhafte Betriebsformen erzielen.

#### **7. Nötige Forschungsinvestitionen auf Landesebene**

Investitionen in Forschung, insbesondere in robuste Perzeptionsalgorithmen, erklärbare KI und effiziente Kommunikationsprotokolle, sowie in begleitende gesellschaftliche Einbindungsprozesse, sind weiterhin erforderlich, um höhere Automatisierungsstufen langfristig unter europäischen Rahmenbedingungen zu realisieren.

#### **8. Internationale Harmonisierung (der Vorschriften)**

Regulatorische Vorgaben sollten technologische Entwicklungen unterstützen und nicht behindern. Aus technischer Sicht ist daher eine stärkere, zugleich innovations- und experimentierfreundliche internationale Harmonisierung der Regelwerke notwendig.



# **Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG**

**Dr. Jörg Rheinländer**

Anhörung von Sachverständigen  
Ausschuss für Wohnen, Bau und Verkehr

5. Mai 2026



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

---

**Inhaltsverzeichnis**

Kernaussage.....	2
1 Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektive .....	3
2 Risiko und Sicherheit .....	5
3 Rechtlicher Rahmen, insbesondere Haftungsfragen .....	7
3.1 Die Kfz-Haftpflichtversicherung ist seit Jahrzehnten das selbstverständliche Fundament der Mobilität .....	7
3.2 Warum ist dieses System gerade für autonomes Fahren unverzichtbar? .....	7
3.3 Versicherer sind stabile, beaufsichtigte und risikokompetente Partner .....	8
3.4 Zugang zu sicherheits- und unfallrelevanten Fahrzeugdaten notwendig .....	8
3.5 Vertrauen in den Straßenverkehr ist ein volkswirtschaftlicher Faktor .....	9
3.6 Technologieoffenheit ist der Schlüssel für die weitere Entwicklung .....	9
3.7 Fazit .....	10
4 Ausbau der Infrastruktur und Einfluss auf Verkehrs- und Stadtplanung .....	11
5 Ethik und Akzeptanz des autonomen Fahrens.....	12
6 Partnerschaften und Modellprojekte zwischen Unternehmen und öffentlichen Trägern, Erfahrungen aus Pilotprojekten oder Best Practice Beispielen .....	13
7 Nötige Forschungsinvestitionen auf Landesebene.....	13
8 Internationale Harmonisierung (der Vorschriften).....	14



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

---

## Kernaussage

Autonomes Fahren wird die Mobilität und das Kfz-Versicherungsgeschäft in Zukunft strukturell verändern. Der Schutz von Verkehrsopfern muss dabei auch in Zukunft im Mittelpunkt stehen – unabhängig davon, ob die Schadenursache auf menschliches Fehlverhalten oder ein technisches Systemversagen zurückzuführen ist. **Das effektivste Instrument zum Schutz von Unfallopfern bleibt die Kfz-Haftpflichtversicherung.**

Entscheidend für eine erfolgreiche Einführung autonomer Mobilität sind ein klarer und **praktikabler Rechtsrahmen**, ein **diskriminierungsfreier Zugang zu sicherheits- und unfallrelevanten Fahrzeugdaten** sowie der **Aufbau von Kompetenzen im Umgang mit neuen, insbesondere systemischen Risiken**. Versicherer bleiben ein zentraler Bestandteil dieses Systems, müssen sich jedoch technologisch und hinsichtlich ihrer Geschäftsmodelle weiterentwickeln.

Uns ist bewusst, dass das autonome Fahren einen signifikanten Einfluss auf unser Kerngeschäft haben wird. Wir sind entschlossen, diese Transformation aktiv mitzugestalten.

Aus unserer Sicht sind insbesondere folgende Erfolgsfaktoren entscheidend:

- **Strategisch ausgerichtete Partnerschaften zwischen Politik, Industrie und Versicherungswirtschaft**
- **Der Übergang vom Pilotbetrieb in einen dauerhaften Regelbetrieb**
- **Die Abdeckung aller relevanten Verkehrsformen – sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum**



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

## 1 Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektive

Autonomes Fahren entwickelt sich schrittweise und wird auf absehbare Zeit durch einen Mischverkehr aus Mensch und Maschine geprägt sein.

Laut unserer jährlichen Mobilitätsstudie sehen die Menschen u. a. zu hohe Kosten, mangelnde Verlässlichkeit bei der Zeitplanung und mangelnde Flexibilität als wesentliche Hemmnisse für Mobilität in Deutschland. Um diesen Herausforderungen entgegenzuwirken, bedarf es neuer Mobilitätslösungen wie z. B. das autonome Fahren.

**Frage:** „Egal, ob Sie zu Fuß gehen, mit dem Rad, dem Auto oder der Bahn fahren: Was sind Ihrer Meinung nach die aktuell größten Hemmnisse für Mobilität in Deutschland?“ (Auswahl bis zu vier der größten Hemmnisse)



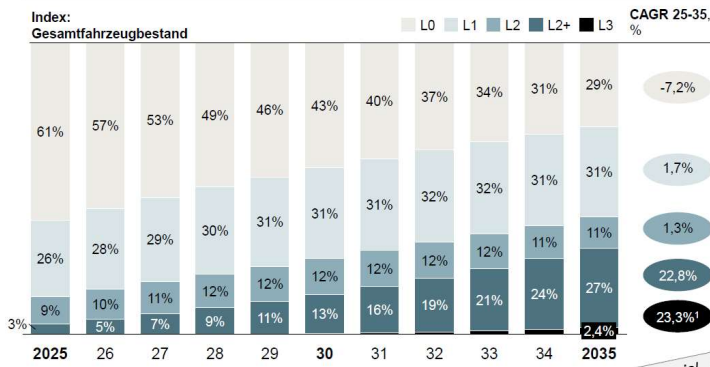
Quelle: HUK-Mobilitätsstudie 2025 mit repräsentativer Online-Umfrage im YouGov Panel unter 4222 Personen ab 16 Jahren vom 24.01. bis 18.02.2025

Das autonome Fahren entwickelt sich derzeit entlang von zwei parallelen Pfaden. Im motorisierten Individualverkehr (MIV) sind Fahrerassistenzsysteme auf Level 2 bzw. 2+ bereits breit verfügbar und werden sich in den kommenden Jahren weiter im Fahrzeugbestand verbreiten. Erste Anwendungen hochautomatisierter Systeme (Level 3) kommen in klar abgegrenzten Szenarien, beispielsweise auf Autobahnen, zum Einsatz. Eine kurzfristige flächendeckende Einführung von hoch- oder vollautonomen Systemen (Level 4/5) im Privatkundensegment ist jedoch nicht zu erwarten.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

Zusammensetzung Fahrzeugbestand nach SAE leveln, %



Implikationen

- **Signifikanter Anstieg L2+ Fahrzeuge** erwartet bis 2035 mit >20% Wachstum p.a. auf 27% des Bestands
- **L3 Systeme mit hoher Wachstumsrate** auf 2-3% des Bestands bis 2035
- **L0,1 Systeme weiterhin ~60% des Bestands** in 2035 trotz starkem Wachstum L2 Systeme

Quelle: McKinsey Center for Future Mobility

Im öffentlichen Verkehr sowie bei Flottenanwendungen, etwa im ÖPNV, bei Shuttle-Diensten oder Robotaxi-Konzepten, existieren bereits Pilotprojekte mit Level-4-Fahrzeugen in definierten Betriebsgebieten. Der Fokus liegt hierbei insbesondere auf Shuttleverkehren und ersten urbanen On-Demand-Systemen. Eine breite Skalierung dieser Anwendungen in Deutschland ist derzeit jedoch noch begrenzt.

Aus unserer Sicht verläuft die Entwicklung insgesamt inkrementell und nicht disruptiv. Der Mischverkehr aus menschlich gesteuerten und automatisierten Fahrzeugen wird auf absehbare Zeit dominieren. Der größte strukturelle Umbruch entsteht dabei weniger durch die Technologie selbst als vielmehr durch neue Geschäftsmodelle, insbesondere Plattformmodelle und den zunehmenden Flottenbetrieb.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

## 2 Risiko und Sicherheit

Autonomes Fahren reduziert die Schadenhäufigkeit, führt jedoch gleichzeitig zu komplexeren und potenziell systemischen Risiken.

Mit der zunehmenden Verbreitung automatisierter Fahrfunktionen ist ein Rückgang der Schadenfrequenz zu erwarten, da Fahrerassistenzsysteme menschliche Fehler reduzieren. Erste internationale Erfahrungen zeigen bereits **signifikante Rückgänge von Unfällen im Vergleich zu menschlichen Fahrern**. So meldet z. B. Waymo, dass automatisierte Fahrzeuge 80-90% weniger Unfälle verursachen als menschliche Fahrer.



Quelle: <https://waymo.com/safety/>

Gleichzeitig ist jedoch von einem **Anstieg der durchschnittlichen Schadenhöhe** auszugehen. Dies ist insbesondere auf die zunehmende Komplexität von Fahrzeugen, hochpreisige Sensorik sowie softwarebasierte Systeme zurückzuführen. Darüber hinaus entstehen neue Risikokategorien, insbesondere im Bereich von Softwarefehlern, Cyberrisiken sowie potenziellen systemischen Kumulereignissen, bei denen mehrere Fahrzeuge gleichzeitig betroffen sein können.

Insgesamt verschiebt sich das Risiko somit von fahrerinduzierten hin zu systeminduzierten Ursachen. Dies erfordert eine **Weiterentwicklung klassischer Risikomodelle, insbesondere im Hinblick auf Software- und Systemrisiken sowie auf korrelierte Schadenereignisse**. Dies gelingt nur mit einer ausreichenden Datenbasis, wofür u. a. ein klarer, standardisierter und diskriminierungsfreier Zugang zu sicherheits- und unfallrelevanten Fahrzeugdaten erforderlich ist.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

Autonomes Fahren birgt eine neue Risikorealität für Versicherer:

Traditionelle Risikobewertung	Risikobewertung - Autonomes Fahren
 <p>Fahrer</p>	 <p>Fahrer      Fahrzeug-Technik      Kontext</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>› Die traditionelle Risikobewertung basiert stark auf dem Fahrer</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>› Im Fokus stehen nun Fahrzeugsoftware, Sensorik und der genaue Nutzungskontext (z.B. Stadt, Autobahn, Tageszeit, Wetter)</li><li>› Besonders kritisch sind die Übergabesituationen zwischen Mensch und Maschine</li></ul>

Quelle: HUK-COBURG



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

### 3 Rechtlicher Rahmen, insbesondere Haftungsfragen

Ein klarer, verlässlicher und verständlicher Haftungsrahmen beim autonomen Fahren ist entscheidend, um Vertrauen und Effizienz im System zu gewährleisten - die Kfz-Haftpflichtversicherung als Pflichtversicherung ist dafür eine starke Basis.

Für die Kfz-Versicherung ist ein klarer, standardisierter und diskriminierungsfreier Zugang zu sicherheits- und unfallrelevanten Fahrzeugdaten eine zentrale Voraussetzung für funktionierende Risikobewertung, Haftungsklä rung und Versicherungsprozesse.

Autonomes Fahren ist wie dargestellt keine reine Zukunftsvision mehr, sondern wird als technologische Entwicklung zur neuen Realität. Damit diese Transformation sicher und gesellschaftlich akzeptiert gelingt, braucht es einen klaren, verlässlichen und für alle Beteiligten verständlichen Haftungsrahmen.

Genau hier zeigt sich die **Stärke des bestehenden und bewährten deutschen Systems der Kfz-Haftpflichtversicherung als Pflichtversicherung**.

#### 3.1 Die Kfz-Haftpflichtversicherung ist seit Jahrzehnten das selbstverständliche Fundament der Mobilität

Das Grundprinzip der Kfz-Haftpflichtversicherung als Pflichtversicherung ist einfach und überzeugend: Jedes Opfer eines Verkehrsunfalls mit einem Kraftfahrzeug kann einen direkten Anspruch gegen den Versicherer des beteiligten Fahrzeugs geltend machen - unabhängig davon, ob der Schaden durch menschliches Fehlverhalten des Fahrers dieses Fahrzeugs, einen dortigen technischen Defekt oder eben durch einen Fehler in einem komplexen Zusammenspiel verschiedener technischer Systeme im Zusammenhang mit dem Fahrzeug verursacht wurde.

Dieses Prinzip schafft Rechtssicherheit und Vertrauen. Es entlastet Geschädigte davon, Ursachenforschung betreiben zu müssen. Das Verkehrsoffer kann sich an einen einzigen, verlässlichen und solventen Ansprechpartner - den Versicherer - wenden.

#### 3.2 Deutsches System der Kfz-Haftpflichtversicherung ist gerade für autonomes Fahren unverzichtbar

Mit zunehmender Automatisierung steigt die technische Komplexität. Bei einem Unfall wäre es für Betroffene kaum noch möglich festzustellen, ob nun der Fahrer, ein Sensor, ein Algorithmus, ein Steuergerät oder ein externes System (GPS o. ä.) versagt hat. Um etwa Ansprüche aus Produkthaftung geltend machen zu können, wäre die Abgrenzung erforderlich, wer Hersteller ist. Die Produkthaftung setzt voraus, dass ein Fehler des



#### Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

Produkts durch den Geschädigten nachgewiesen wird – ein für Laien kaum zu erfüllender Anspruch.

Im System der Kfz-Haftpflichtversicherung wird dieses Problem eleganter gelöst. Ist klar, welches Fahrzeug am Unfall „schuld“ war, reguliert dessen Kfz-Haftpflichtversicherung den Schaden gegenüber dem Geschädigten zuerst. Mögliche Regresse, Produkthaftungsfragen usw. klärt danach der Kfz-Haftpflichtversicherer mit möglichen Verantwortlichen.

**Damit bleiben die Verkehrsteilnehmer geschützt, ohne dass die Komplexität des Systems auf sie abgewälzt wird.**

### **3.3 Versicherer sind stabile, beaufsichtigte und risikokompetente Partner**

Versicherer unterliegen einer strengen Finanzdienstleistungsaufsicht. Sie unterliegen soliden und regulierten Kapitalanforderungen, die die Regulierung der Schadenfälle garantiert. Sie nutzen professionelle Risikomodelle und Rückversicherungssysteme, die auch Groß- und Kumulschäden beherrschbar machen.

Damit ist sichergestellt, dass Geschädigte auch bei seltenen, aber schweren Schadensereignissen ein leistungsfähiges Gegenüber haben.

Ein reines Hersteller- oder Systemhaftungsmodell könnte diese Stabilität nicht garantieren – insbesondere nicht bei Insolvenzen oder global verteilten Verantwortlichkeiten.

### **3.4 Zugang zu sicherheits- und unfallrelevanten Fahrzeugdaten notwendig**

Wie dargestellt wird die Komplexität der Haftungsabgrenzung deutlich zunehmen. Insbesondere die Differenzierung zwischen menschlichem und systembedingtem Verhalten sowie zwischen Softwarefehlern und fehlerhafter Nutzung stellt neue Herausforderungen dar. Die Beweisführung wird dabei zunehmend datenabhängig.

Ein **klarer, standardisierter und diskriminierungsfreier Zugang zu sicherheits- und unfallrelevanten Fahrzeugdaten** ist daher eine zentrale Voraussetzung für eine funktionierende Risikobewertung, Haftungsklärung und Versicherungsprozesse. Nur so profitieren alle Verkehrsteilnehmer auch in Zukunft von den Vorteilen des Kfz-Haftpflichtversicherungssystems.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

---

### **3.5 Vertrauen in den Straßenverkehr ist ein volkswirtschaftlicher Faktor**

Mobilität ist ein zentraler Bestandteil wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit. Menschen nutzen Verkehrsmittel nur dann selbstverständlich, wenn sie darauf vertrauen können, dass im Schadensfall schnelle und faire Hilfe gewährleistet ist.

Die **Kfz-Haftpflichtversicherung ist seit Jahrzehnten ein Vertrauensanker im Straßenverkehr**. Sie übersetzt komplexe Risiken in verständliche Produkte und ermöglicht damit Innovation, ohne Sicherheit zu gefährden.

Gerade in der Transformation hin zum Autonomen Fahren braucht es dieses Vertrauen mehr denn je.

### **3.6 Technologieoffenheit ist der Schlüssel für die weitere Entwicklung**

Ein Haftungsrahmen darf Innovation nicht behindern. Die Kfz-Haftpflichtversicherung etwa der HUK ist deshalb seit Jahren bewusst technologieoffen ausgestaltet:

Sie schützt unabhängig davon, wie ein Fahrzeug gesteuert wird – manuell, teilautomatisiert oder vollautonom. Im Übrigen schützt sie auch unabhängig von der Antriebsart.

Damit schafft sie die Grundlage, dass neue Mobilitätsformen sicher in den Straßenverkehr integriert werden können. Versicherer wie die HUK zeigen bereits heute, dass solche Produkte praxistauglich und marktfähig sind.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

---

### 3.7 Fazit

Das bestehende und bewährte deutsche **System der Kfz-Haftpflichtversicherung schützt Geschädigte und entlastet sie von komplexen Nachweispflichten, gewährleistet finanzielle Stabilität der Kfz-Haftpflichtversicherer und ermöglicht Innovation.** Es ist damit die stabile Basis, auf der autonomes Fahren in Deutschland sicher und gesellschaftlich akzeptiert wachsen kann.

Die zunehmende Komplexität autonomer Systeme führt dazu, dass es für Unfallopfer immer schwieriger wird, eigenständig festzustellen, wer für einen Schaden verantwortlich ist.

In der öffentlichen Diskussion wird häufig die Rolle der Produkthaftung betont. Diese allein greift jedoch zu kurz, da insbesondere die Abgrenzung zwischen Fahrzeugherstellern, Technologieanbietern und Betreibern nicht eindeutig ist. Zudem wird die Beweislast auf den Geschädigten abgewälzt.

Aus unserer Sicht ist daher eine pragmatische, einfache und schnelle Regelung mit einem klaren Direktanspruch für Geschädigte erforderlich, die Transparenz und Vertrauen schafft. **Die bestehende Systematik der Kfz-Haftpflichtversicherung hat sich bewährt und sollte auch im Kontext autonomer Fahrzeuge fortgeführt werden:** Die Halterhaftung bleibt bestehen, ebenso die zentrale Rolle der Kfz-Pflichtversicherung, während bei Produktfehlern die Herstellerhaftung greift.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

## 4 Ausbau der Infrastruktur und Einfluss auf Verkehrs- und Stadtplanung

Eine leistungsfähige und standardisierte Infrastruktur ist ein zentraler Hebel für Sicherheit, Skalierung und Effizienz autonomer Mobilität.

Für die Entwicklung des autonomen Fahrens sind verschiedene Infrastrukturkomponenten von zentraler Bedeutung. Dazu zählen insbesondere digitale Infrastrukturen wie 5G und Edge Computing, hochpräzise Karten sowie moderne Verkehrsmanagementsysteme. Ergänzend können auch dedizierte Fahrspuren oder die Nutzung bestehender Busspuren eine sinnvolle Rolle spielen.

**Im Kontext des öffentlichen Verkehrs bieten autonome Systeme erhebliche Potenziale**, insbesondere im Hinblick auf eine effizientere Flächendeckung sowie eine verbesserte Anbindung ländlicher Räume. Von besonderer Relevanz sind hierbei On-Demand- und Shuttle-Systeme.

Aus Sicht eines Versicherers hat die Qualität und Standardisierung der Infrastruktur einen direkten Einfluss auf das Risikoniveau und die Schadenverteilung. **Eine hochwertige und standardisierte Infrastruktur trägt wesentlich zur Reduktion von Gefahrenstellen und systembedingten Fehlern bei.**



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

## 5 Ethik und Akzeptanz des autonomen Fahrens

Akzeptanz entsteht durch nachweisbare Sicherheit, klare Haftungsregeln und Vertrauen in transparente Systeme.

Zentrale ethische Fragestellungen betreffen insbesondere Entscheidungslogiken in kritischen Situationen, die Transparenz von Algorithmen sowie das Vertrauen der Nutzer in autonome Systeme. Darüber hinaus spielt auch die technologische Souveränität Europas und Deutschlands im geopolitischen Kontext eine wichtige Rolle.

**Die gesellschaftliche Akzeptanz autonomer Systeme steigt insbesondere dann, wenn deren Sicherheit nachweisbar ist und klare regulatorische Rahmenbedingungen bestehen.** Gleichzeitig bestehen Vorbehalte, vor allem im Hinblick auf den wahrgenommenen Kontrollverlust sowie bei ungeklärten Haftungsfragen.

Die zunehmende Komplexität des Systems aus Fahrzeugherstellern, Technologieanbietern und Betreibern macht es Unfallopfern unzumutbar, Haftungsfragen eigenständig zu klären.

**Technologie-offene Kfz-Versicherungen können hier eine zentrale Rolle als Vertrauensanker und „Vereinfacher“ einnehmen.** Sie tragen dazu bei, Risiken verständlich zu machen, diese in geeignete Produkte zu übersetzen und so als „Enabler“ die Transformation aktiv zu begleiten. Dabei ist es wichtig, dass Versicherer von Beginn an in Vorhaben rund um das autonome Fahren involviert werden, so dass die neuen Risiken für die Gesellschaft und neue Geschäftsmodelle tragbar werden.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

## 6 Partnerschaften und Modellprojekte zwischen Unternehmen und öffentlichen Trägern, Erfahrungen aus Pilotprojekten oder Best Practice Beispielen

Der nächste Entwicklungsschritt erfordert den Übergang von Pilotprojekten zu dauerhaft integrierten Systemen im Regelbetrieb.

In Deutschland existiert bereits eine Vielzahl von Pilotprojekten, insbesondere im Bereich von Shuttle- und ÖPNV-Anwendungen. Diese entstehen in enger Zusammenarbeit zwischen Automobilherstellern, Technologieunternehmen, Kommunen, Verkehrsbetrieben und Mobilitätsplattformen.

Für einen nachhaltigen Entwicklungsschub ist es jedoch entscheidend, den Schritt von Pilotprojekten hin zu einer dauerhaften Integration autonomer Fahrzeuge in den regulären Verkehr zu vollziehen. **Modellregionen können hierbei eine zentrale Rolle spielen, insbesondere wenn sie den öffentlichen Verkehr als Anwendungsfeld in den Mittelpunkt stellen.** Essenziell ist dabei, dass Modellregionen **sowohl urbane als ländliche Einsatzgebiete** abdecken.

## 7 Nötige Forschungsinvestitionen auf Landesebene

Gezielte Investitionen in Sicherheit, Dateninfrastruktur und Systemintegration sind entscheidend für eine erfolgreiche Skalierung.

Auf Landesebene sind insbesondere Investitionen in zentrale Zukunftsfelder erforderlich. Dazu zählen vor allem die Sicherheit und Systemrobustheit autonomer Systeme, insbesondere im Verhalten in Grenzsituationen sowie in der Interaktion im Mischverkehr.

Darüber hinaus ist der Ausbau einer leistungsfähigen Dateninfrastruktur von großer Bedeutung, einschließlich der Standardisierung von Fahrzeugdaten und der Schaffung sicherer Datenräume. Weitere zentrale Felder sind Cybersecurity sowie die Verkehrs- und Systemintegration, insbesondere im Zusammenspiel mit dem öffentlichen Verkehr sowie in urbanen und ländlichen Mobilitätskonzepten.



Autonomes Fahren - Stellungnahme der HUK-COBURG

## 8 Internationale Harmonisierung (der Vorschriften)

Internationale Harmonisierung ist eine zentrale Voraussetzung für Skalierung, Investitionssicherheit und belastbare Risikobewertung.

Die internationale Ausgangslage ist durch unterschiedliche regulatorische Ansätze geprägt. Während die USA einen stärker marktorientierten Ansatz verfolgen und China staatlich gesteuert agiert, ist die Regulierung in Europa vor allem sicherheits- und regelgetrieben. Gleichzeitig besteht sowohl innerhalb der Europäischen Union als auch innerhalb Deutschlands eine erhebliche Fragmentierung, insbesondere bei Testgenehmigungen, Fahrzeugzulassungen und Betriebsbereichen.

Diese Unterschiede führen zu Herausforderungen, etwa durch divergierende Haftungsregime, unterschiedliche Regelungen zum Datenzugang sowie variierende Zulassungsverfahren. Eine stärkere **internationale Harmonisierung ist daher eine zentrale Voraussetzung für die Skalierung autonomer Systeme** sowie für eine konsistente und belastbare Risikobewertung.

**Deutschland verfügt mit seiner Kfz-Haftpflichtversicherung bereits heute über eine solide rechtliche Grundlage, die geeignet ist, die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge zu unterstützen.**

### **Stellungnahme von Reinhard Stolle, Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS, München**

*zur Anhörung gemäß § 173 der Geschäftsordnung für den Bayerischen Landtag zum Thema „Autonomes Fahren“ im Ausschuss für Wohnen, Bau und Verkehr des bayerischen Landtags am Dienstag, 5. Mai 2026*

Die Entwicklung des Autonomen Fahrens hat in den letzten Jahren rasante Fortschritte gemacht und wird die Mobilität der Menschen und damit auch den Kontext der Automobilindustrie massiv verändern. Diese Entwicklung eröffnet massive Chancen, birgt aber auch Risiken. Das Thema „Sicherheit“ wird dabei oft unter der Rubrik „Risiko“ eingeordnet. **Aus industriepolitischer Sicht besteht aber gerade eine große Chance darin, sich in der Beherrschung der Sicherheit einen Innovationsvorsprung zu erarbeiten.** Insbesondere der Einsatz moderner Künstlicher Intelligenz (KI) im Autonomen Fahren führt zu neuen Herausforderungen – aber eben auch neuen Chancen –, sowohl bei der **Entwicklung sicherer Systeme** wie auch beim **Nachweis der Sicherheit**.

Diese Stellungnahme beschreibt

1. Chancen durch neue Sicherheitsherausforderungen beim Einsatz künstlicher Intelligenz
2. Chancen bei zwei komplementären Ansätzen zum Autonomen Fahren: inkrementell (typischerweise Privatfahrzeug) vs. disruptiv (typischerweise Mobilitätsdienst, „Robotaxi“)
3. Chancen durch aktuelle KI-Entwicklungen
4. Weitere Chancen bei der Anwendung des Autonomen Fahrens speziell in Bayern
5. Zusammenfassung

## 1. Chancen durch neue Sicherheitsherausforderungen beim Einsatz künstlicher Intelligenz

Fahrzeuge sind sicherheitsrelevante technische Systeme und unterliegen daher in der Entwicklung und im Betrieb besonderen Sicherheitsanforderungen. Insbesondere muss auch die Fahrzeug-Software für sicherheitsrelevante Funktionen (z.B. Fahrerassistenzsysteme) mit besonderer Sorgfalt entwickelt und abgesichert werden. Dazu bestehen etablierte Methoden und internationale Standards mit dem Ziel, mögliche Fehler und Risiken zu vermeiden oder mit deren Konsequenzen kontrolliert umzugehen.

Ein beträchtlicher Teil des Fortschritts beim Autonomen Fahren beruht auf dem Einsatz von modernen KI-Methoden, also maschinellem Lernen. Maschinell gelernte Modelle (sogenannte KI-Modelle) weisen eine inhärente Unsicherheit auf. Wenn zum Beispiel eine rote Ampel in einem Kamerabild erkannt werden soll, wird ein kleiner Anteil roter Ampeln nicht als solche erkannt („false negatives“); andererseits werden einige Ampeln als rot klassifiziert, obwohl sie nicht rot zeigen („false positives“). KI-Modelle dieser Art werden für eine Vielzahl von Teilaufgaben eines autonomen Fahrzeugs eingesetzt, zum Beispiel für die Erkennung anderer Fahrzeuge, Fußgänger, Fahrbahnmarkierungen, Verkehrszeichen, etc., für die Vorhersage des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer, und möglicherweise auch für die eigene Planung und Entscheidungsfindung.

Als Folge des Einsatzes von KI in autonomen Fahrzeugen muss also zusätzlich zu den herkömmlichen Sicherheitsanforderungen auch noch die den KI-Modellen inhärente Unsicherheit betrachtet werden. Im Gegensatz zur Situation bezüglich der herkömmlichen Sicherheitsanforderungen gibt es bezüglich

der durch KI verursachten Unsicherheit noch kaum etablierte Standards oder einheitliche Vorgehensweisen. Aufgrund der Innovationskraft der bayerischen Industrie, Universitäten und Forschungseinrichtungen in den Domänen Automobil, Mobilität, Maschinenbau und Robotik bietet sich die Chance, sich bei der Entwicklung sicherer Systeme mit KI an die Spitze zu setzen.

Es gilt also einerseits, sichere KI-behaftete Systeme zu entwickeln, und andererseits, einen Vorsprung bei der Sicherheits-Bewertung KI-behafteter Systeme zu erarbeiten. Je verlässlicher und präziser die Methodik der Sicherheitsbewertung, umso größer das Spektrum sicherer Produktentwicklung. Kurz gesagt: **Ein tiefes und präzises Verständnis des Safety Engineering für KI ermöglicht schnelle Innovation, ohne dabei die Sicherheit zu opfern.**

## 2. Zwei komplementäre Ansätze zum Autonomen Fahren: inkrementell vs. disruptiv

Es gibt im Wesentlichen zwei unterschiedliche Ansätze für das autonome Fahren: den inkrementellen und den disruptiven Ansatz. Hersteller, die den inkrementellen Ansatz verfolgen, bauen auf Fahrerassistenzsysteme (FAS) der Stufe 2 auf und entwickeln die Fahrzeuge immer weiter, bis sie die Stufen 3, 4 und irgendwann 5 erreichen.

Beim disruptiven Ansatz wird ein möglichst überschaubares Anwendungsszenario zugrunde gelegt, also etwa ein eingegrenztes Gebiet in einer Stadt mit vorhersehbaren Witterungsbedingungen, genau beobachtetem typischen Verhalten der Verkehrsteilnehmer etc. Als Anwendung setzt man hier meist auf einen Mobilitätsdienst, der die Fahrzeuge auslastet, damit sich die nötige teure Technik – Rechner und Sensorik – lohnt.

Die Begriffe „inkrementell“ und „disruptiv“ sind in keiner Weise wertend gemeint. Sie beschreiben zwei sinnvolle, sich gegenseitig ergänzende Ansätze, die beide substantielle Chancen bieten.

Was die Sicherheit betrifft, wird beim inkrementellen Ansatz auf absehbare Zukunft der Fahrer die Rückfallabsicherung bleiben. Hier besteht die Chance für bayerische Akteure darin, die bekannten Methoden des Safety Engineering auf innovative Art zu erweitern, um dem Einsatz von KI-Modellen Rechnung zu tragen.

Der disruptive Ansatz unterscheidet sich in der Sicherheitsbetrachtung gänzlich vom inkrementellen Ansatz: Der Fahrer als Rückfalllösung fällt weg. Typischerweise werden diese Fahrzeuge nur in einem sehr begrenzten, eindeutig definierten Betriebsbereich, der sogenannten Operational Design Domain (ODD), eingesetzt. Das bedeutet, dass die Fahrzeuge nur in einem bestimmten geographischen Bereich, nur auf bestimmten Strecken, nur bei bestimmten Witterungsbedingungen fahren, und ggf. auch den Zustieg und den Ausstieg nur an bestimmten Haltepunkten zulassen. In Ausnahmesituationen unterstützen zusätzlich menschliche „Operators“ in einem Remote Guidance Center („Technische Aufsicht“). Die Sicherheitsargumentation beruht hier sowohl auf der detaillierten Kenntnis des Fahrzeugs (Basisfahrzeug, Sensoren, Aktoren, Computer, Software) wie auch auf der detaillierten Kenntnis der Verkehrsszenarien, die das Fahrzeug beherrschen muss. Die Erfahrung im Betrieb fließt zurück in die Entwicklung und ermöglicht, dass der Betriebsbereich sukzessive erweitert wird. Das bedeutet, dass die Analyse der im Test-Betrieb und Produktiv-Betrieb gesammelten Daten als zusätzliche Evidenz in der Sicherheitsbetrachtung für den erweiterten Betriebsbereich dient.

Eine Chance für Bayern besteht in der Entwicklung eines ganzheitlichen Rahmenwerks zur Sicherheitsbewertung von Systemen, die nach dem disruptiven Ansatz entwickelt werden.

In der öffentlichen Wahrnehmung stehen bezüglich der Sicherheit autonomer Mobilität oft Metriken im Vordergrund, die auf der Anzahl der gefahrenen Testkilometer oder Vergleichen mit menschlichen Fahrern bzgl. Unfallraten beruhen. Solche Metriken sind zwar wichtig, aber für sich allein nicht aussagekräftig.

Zusätzlich benötigt wird eine gesamthafte Betrachtung und Bewertung der folgenden Kategorien:

- Das technische System und die Entwicklungsmethodik dieses technischen Systems (Fahrzeug, Sensoren, Aktuatoren, Computer, Software, Remote Guidance Infrastruktur, etc.).
- Verhalten des Fahrzeugs und die Absicherungsmethodik für das Verhalten (Unfälle, Beinahe-Unfälle, Beachtung von Verkehrsregeln, Interaktion mit Verkehrsteilnehmern, etc.), Evidenz aus Simulation, aus Tests im nicht-öffentlichen Testgelände, aus Tests im öffentlichen Betrieb und aus dem Produktbetrieb. Vergleich mit menschlichen Fahrern (nicht nur „total risk balance“, sondern auch Vergleich pro Verkehrssituation).
- Betrieb (Risikomanagement, Incident-Response, Training der Technischen Aufsicht, etc.).

Die Entwicklung eines einheitlichen methodischen Rahmens, wie die Sicherheit entlang dieser Kategorien bewertet werden kann, würde bayerische Akteure an die Spitze der verantwortungsvollen Entwicklung nachweislich sicherer autonomer Mobilität setzen.

### 3. Chancen durch aktuelle KI-Entwicklungen

Zwei aktuelle Entwicklungen in der KI sind vielversprechend für den Einsatz in autonomen Fahrzeugen:

- Foundation Models: Diese Modelle sind nicht für einen speziellen Einsatz (z.B. Fußgängererkennung) trainiert, sondern beinhalten große Mengen an „Allgemeinwissen“. Beispiele sind große Sprachmodelle (LLMs), aber auch multi-modale Modelle, z.B. sogenannte Vision-Language-Models. Wissen, das in diesen Modellen verfügbar ist, könnte auf geeignete Weise beim Autonomen Fahren genutzt werden, ohne entsprechende Spezial-Modelle trainieren zu müssen. Beispiel: „Wie schnell kann man in der Stadt an parkenden Autos vorbeifahren?“
- End-to-end-Learning: Bisherige KI-Lösungen für Autonomes Fahren kombinieren KI-Modelle für unterschiedliche Teilaufgaben (z.B. Ampelerkennung, Fußgängererkennung, Pfadplanung). Neuere Ansätze trainieren ein Gesamtmodell, das die gesamte Abbildung von Sensordaten zu gewünschtem Verhalten (Beschleunigung, Bremse, Lenkung) lernt. Es gibt Anzeichen, dass dieser Ansatz in vielen Fällen zu besseren Ergebnissen führt als bisherige Lösungen. Die Sicherheitsbewertung wird durch diesen Ansatz jedoch wesentlich schwieriger.

## 4. Chancen bei der Anwendung des Autonomen Fahrens speziell in Bayern

Bayern ist gleichzeitig Flächenland und Industrieland. Daraus ergeben sich neben den bekannten Anwendungen des autonomen Fahrens auf der Autobahn und in der Stadt folgende spezielle Chancen für die Entwicklung in Bayern:

- **Autonome Personen-Mobilität im nicht-urbanen Raum:** Durch den Betrieb geeigneter autonomer Fahrzeuge auf bestimmten Strecken können spezifische Mobilitätsbedarfe im ländlichen Raum gedeckt werden und eine ergänzende Brücke zum ÖPNV geschaffen werden.
- **Autonome Fahrzeuge in Industrieanlagen, Logistikzentren etc.:** In diesen Anwendungsfällen sind die Eigenschaften des Betriebsbereichs (ODD) oft sehr präzise bekannt und unterliegen der Kontrolle der Betreiber. Dadurch kann der disruptive Ansatz für Autonomie hier angemessen sein und substantielle Innovationen und Effizienzsteigerungen ermöglichen.

## 5. Zusammenfassung

Ein wichtiger Aspekt der Entwicklung und des Betriebs autonomer Mobilität ist die Sicherheit. Ein tiefes und präzises Verständnis des Safety Engineering für KI erlaubt es, Risiken in Chancen zu verwandeln und schnelle Innovationen zu schaffen, ohne dabei die Sicherheit zu opfern. Chancen für wirtschaftlich wirksame Innovationen in Bayern eröffnen sich durch die Förderung von Forschung und Entwicklung in den folgenden Bereichen:

- Sichere Fahrerassistenz und sichere hochautomatisierte Fahrzeuge (inkrementeller Ansatz)
  - Methoden zum sicheren Einsatz von KI in Fahrerassistenzsystemen und hochautomatisierten Fahrzeugen
  - Methoden zur Sicherheitsbewertung des KI-Einsatzes in Fahrerassistenzsystemen und hochautomatisierten Fahrzeugen
- Fahrerlose Fahrzeuge für sichere autonome Mobilitätsdienste (disruptiver Ansatz)
  - Methoden für das „Kontinuierliche Safety Engineering“ in Entwicklung und Betrieb von fahrerlosen Fahrzeugen für die autonome Mobilität
  - Schaffen eines einheitlichen Rahmenwerks zur kontinuierlichen Sicherheitsbewertung autonomer Mobilitätsdienste
- Methoden zur Sicherheitsbewertung des Einsatzes von Foundation Models und End-to-end-Learning für autonome Mobilität
- Sichere autonome Personen-Mobilität im nicht-urbanen Raum
- Sichere Autonome Fahrzeuge in Industrieanlagen, Logistikzentren

**Prof. Dr. Markus Lienkamp, Technische Universität München**

### **I. Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektive**

Derzeit sind die strategisch kritischen Punkte der Softwarestack und die erforderliche Erprobung. Da sind nur Waymo, Weride und Baidu quasi in Serie. Dies auch nur in China, USA und außerhalb der EU. Diese Firmen haben darin zweistellige Milliardenbeträge investiert. Diese Firmen umgehen derzeit die EU aus zwei Gründen:

- Der Erprobungs- und Freigabeaufwand wird als zu hoch eingeschätzt, weil die EU hohe Anforderungen stellt, die teilweise auslegungsbedürftig sind und bisher, zumindest in Deutschland, noch niemand eine Zulassung erlangt hat.
- Die o.g. Firmen haben sich auf das Robotaxi konzentriert. In D und EU möchte man dieses nicht in den Innenstädten haben, weil es 40% Mehrverkehr (durch die Zubringerfahrten und die Verlagerung vom ÖPNV in das Robotaxi) verursacht.

### **II. Risiko und Sicherheit**

Waymo hat nachgewiesen, dass das Robotaxi in den USA achtmal sicherer ist als ein Mensch. Somit ist ein guter Softwarestack (Waymo ist Benchmark) in der Lage, die Sicherheit zu erhöhen. In den USA gibt es die Selbstzertifizierung, sodass jede Firma für sich entscheiden kann, ob das Produkt in Serie gebracht wird. In China entscheidet das der Staat mit. In der EU haben wir eine Fremdzertifizierung, bei der z.B. der TÜV entscheidet, ob die Gesetze eingehalten werden. Somit übernimmt er eine Mitverantwortung, wenn nachher Unfälle passieren. Derzeit scheint noch keiner der Zertifizierer bereit zu sein, einen Weg dazu zu öffnen. Diskussionen dazu laufen bei KBA.

### **III. Rechtlicher Rahmen, insbesondere Haftungsfragen**

In Deutschland liegen Gesetze vor. Derzeit werden die Umsetzung und die Freigabe nach diesen Gesetzen diskutiert (s.o.).

### **IV. Ausbau der Infrastruktur, Einfluss auf Verkehrs- und Stadtplanung**

Die autonomen Fahrzeuge sollen ohne Ausbau der Infrastruktur nutzbar sein. Natürlich hat der Ausbau des ÖPNV (Stadtbusse auf fixen Routen und flexible Shuttles)

### **V. Ethik und Akzeptanz des autonomen Fahrens**

Ethisch sehe ich mit der erhöhten Sicherheit der autonomen Fahrzeuge gegenüber dem Menschen kein Problem. Natürlich wird bei jedem einzelnen Unfall geprüft, ob ein aufmerksamer und guter Fahrer diesen hätte verhindern können.

### **VI. Partnerschaften und Modellprojekte zwischen Unternehmen und öffentlichen Trägern, Erfahrungen aus Pilotprojekten oder Best Practice Beispielen**

Die Entwicklung und Erprobung von autonomen Fahrzeugen kosten mehr als 1 Mrd€. Das können nur kapitalstarke Unternehmen leisten. Kleine Firmen mit wenigen Millionen Euro zu fördern, ergibt keinen Sinn, sofern sie nicht als Zulieferer großer Unternehmen dienen.

**Prof. Dr. Markus Lienkamp, Technische Universität München**

### **VII. Nötige Forschungsinvestitionen auf Landesebene**

Das geplante DZM-Projekt zur Automatisierung von Stadtbussen, gefördert vom BMV, ist der Kern der Forschung und Entwicklung in München. Hier kommen MAN, LHM, MVG, MVV und TUM zusammen, um das Thema gesamtheitlich anzugehen. Hier ist die Unterstützung aller Akteure wichtig. Die Ausstattung mit 20 Mio. € ist ein sehr guter erster Schritt. Ende 2027 müssen dann gemeinsam die weiteren Schritte gemeinsam überlegt werden. Die LHM muss sich dann auch als Kunde zur Abnahme solcher Bussen verpflichten, damit MAN die Technologie in Serie bringt.

### **VII. Internationale Harmonisierung (der Vorschriften)**

Die USA, China und die EU haben unterschiedliche Vorschriften. Wenn, muss sich die EU den USA oder China anpassen. Das würde aber den Markteintritt von US- oder chinesischen Firmen erleichtern.

Prof. Dr. Markus Lienkamp

Technische Universität München

School of Engineering and Design

Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

Zweitmitglied School of Computation,

Information and Technology

Munich Institute of Robotics and

Machine Intelligence (MIRMI)

Boltzmannstr. 15

85748 Garching