

Schmal, Wolfgang Benedikt; Sues, Gunther

Research Report

Mobilität 2040: Warum Smart Mobility den ÖPNV nicht ersetzt, sondern rettet

FORMOE Policy Impuls, No. 7

Provided in Cooperation with:

FORMOE - Forschungsforum Mobilitätsökonomik

Suggested Citation: Schmal, Wolfgang Benedikt; Sues, Gunther (2025) : Mobilität 2040: Warum Smart Mobility den ÖPNV nicht ersetzt, sondern rettet, FORMOE Policy Impuls, No. 7, FORMOE - Forschungsforum Mobilitätsökonomik, Ilmenau

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/324881>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Mobilität 2040: Warum Smart Mobility
den ÖPNV nicht ersetzt, sondern rettet

FORMOE Policy Impuls #7

W. Benedikt Schmal & Gunther Sues

Executive Summary

Die urbane Mobilität befindet sich in einem fundamentalen Wandel. Digitalisierung, Klimaziele und neue Nutzerpräferenzen treiben die Entwicklung integrierter, datengestützter Mobilitätsangebote voran – von Mobility-as-a-Service (MaaS) über autonome Flotten bis hin zu smarterer Fahrradinfrastruktur. Gleichzeitig geraten klassische ÖPNV-Modelle unter ökonomischen Druck: Sie basieren auf statischer Planung, hohen Fixkosten und benötigen für ihre Effizienz eine kritische Auslastung.

Dieser Policy Impuls zeigt: Der ÖPNV kann seine Stärken – Raumeffizienz, Klimaverträglichkeit, hohe Beförderungskapazitäten – nur dann entfalten, wenn er sich auf stark frequentierte Kernnetze fokussiert. In weniger stark genutzten Relationen drohen Fehlallokationen. Hier braucht es die intelligente Ergänzung durch geteilte Mobilitätsangebote, die flexibler, digital integrierbar und weitgehend privatwirtschaftlich organisiert sind.

Die Zukunft liegt in einer funktionalen Arbeitsteilung: Kernnetze des ÖPNV bilden das Rückgrat urbaner Mobilität, während Shared Mobility als dezentrales, adaptives Komplement dient. Voraussetzung ist eine tiefe physische und digitale Integration beider Systeme. Nur so lassen sich Effizienz, Nutzerfreundlichkeit und Nachhaltigkeit in Einklang bringen – und eine ökonomisch tragfähige Mobilitätswende realisieren.

Einleitung

Die urbane Mobilität steht vor einem doppelten Strukturwandel: Einerseits erfordern Klimaziele, Urbanisierung und demografischer Wandel eine tiefgreifende Neuordnung bestehender Verkehrssysteme. Andererseits verändern Digitalisierung, Plattformökonomie und neue Nutzerpräferenzen die Angebotslogik: Autonome Flotten, Ridepooling-Dienste und integrierte Mobilitätsplattformen machen Mobilität flexibler, datenbasiert und zunehmend nutzerzentriert. Diese Entwicklung erzeugt strukturellen Anpassungsdruck auf den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), dessen Stärken –

hohe Beförderungskapazität, Flächeneffizienz und Klimaverträglichkeit – nur dann zur Geltung kommen, wenn er wirtschaftlich tragfähig und gut ausgelastet betrieben wird.

Genau daran bestehen zunehmend Zweifel. Mit der Einführung des Deutschlandtickets ist es zwar gelungen, die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel für viele Bevölkerungsgruppen attraktiver zu gestalten und gesellschaftlich gewünschte Lenkungseffekte zu erzielen. Doch ökonomisch wächst die Diskrepanz zwischen Einnahmen und Ausgaben: Die politischen Zielvorgaben erfordern mehr Angebot, insbesondere in Randlagen und zu Randzeiten, wo kaum Auslastung zu erwarten ist. Gleichzeitig geraten die bestehenden Systeme finanziell unter Druck, da das pauschale Preismodell des Deutschlandtickets auf zusätzliche öffentliche Zuschüsse angewiesen ist – bei tendenziell stagnierenden Einnahmen.

Dieser Policy Impuls analysiert in zwei Teilen, wie ein tragfähiger Weg aus diesem Dilemma aussehen kann. Teil I zeigt die technologischen und gesellschaftlichen Veränderungen, die urbane Mobilität bis 2040 prägen werden – insbesondere durch Digitalisierung, Mikromobilität und datengetriebene Plattformen. Teil II nimmt die ökonomische Perspektive ein und argumentiert, dass der ÖPNV seine strukturellen Vorteile nur dann entfalten kann, wenn er sich auf gut ausgelastete Kernnetze konzentriert. Eine dezentrale, privatwirtschaftlich getragene Smart Mobility wird dabei nicht als Ersatz, sondern als notwendige Ergänzung verstanden – vorausgesetzt, sie wird intelligent integriert und regulatorisch eingebettet. Nur so lassen sich Kapazität, Nutzerorientierung und finanzielle Tragfähigkeit in Einklang bringen.

Die Zukunft der Mobilität in urbanen Räumen

Die Mobilität von morgen steht im Zentrum tiefgreifender gesellschaftlicher, ökologischer und wirtschaftlicher Transformationsprozesse. Der folgende Teil I erläutert, warum Städte das wichtigste Versuchsfeld der Verkehrswende sind, stellt die drei prägenden Megatrends Demografie, Urbanisierung und Klimapolitik heraus, beschreibt den Wandel von Angebot und Nachfrage durch Mobility-as-a-Service und Robotaxi-

Flotten, zeigt die Bedeutung von Fahrrad- und Mikromobilität samt smarter Infrastruktur für lebenswerte Städte auf und leitet daraus eine vor allem daten- und servicegetriebene Wertschöpfungslogik ab.

1. Städte als Treiber der Mobilitätswende

Urbane Räume sind aufgrund ihrer spezifischen Herausforderungen und ihrer Dichte an Nutzern und Infrastruktur die primären Innovationsmotoren und Experimentierfelder für die Mobilität der Zukunft. Die erfolgreiche Transformation des Verkehrssystems wird maßgeblich in den Städten entschieden.

1.1 Die Schlüsselrolle urbaner Räume für die Verkehrswende

Städte sind von den negativen Auswirkungen des gegenwärtigen Verkehrssystems besonders betroffen, bieten aber gleichzeitig die größten Potenziale für Effizienzsteigerungen und Emissionsminderungen. In der Europäischen Union leben über 75 % der Bevölkerung in städtischen Gebieten (Statista, 2025), und diese verursachen etwa 55 % aller verkehrsbedingten CO₂-Emissionen (European Environment Agency, n.d.; eigene Berechnung). Eine hohe Bevölkerungs- und Verkehrsdichte führt in Metropolen wie Paris und London zu durchschnittlichen täglichen Stauzeiten - definiert als Zeitverlust gegenüber dem freien Verkehrsfluss - von rund 30 Minuten pro Pendler (INRIX Research, 2020; eigene Berechnung). Hinzu kommen erhebliche Belastungen durch Feinstaub, wobei die Grenzwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in rund 60 % der EU-Städte überschritten werden (WHO, 2024), sowie Lärmbelastungen, die Gesundheitskosten von schätzungsweise 100 Milliarden Euro pro Jahr verursachen (European Environment Agency, n.d.).

Dieser Problemdruck macht Städte zu idealen Testfeldern für innovative Mobilitätslösungen. Shared-Mobility-Systeme, On-Demand-Shuttles und KI-gestützte Verkehrssteuerungssysteme können hier kurzfristig spürbare Entlastungen bewirken und Emissionen reduzieren. Die folgende Tabelle verdeutlicht die unterschiedliche Leistungsfähigkeit verschiedener Verkehrsmodi im urbanen Kontext und unterstreicht die Notwendigkeit einer Stärkung des öffentlichen Verkehrs sowie der aktiven Mobilität:

Diese Kapazitätsunterschiede verdeutlichen, warum insbesondere der öffentliche Verkehr sowie die Fahrrad- und Fußgänger mobility essenzielle Bestandteile zukunfts-fähiger urbaner Mobilitätskonzepte für 2040 sind. Nur sie können den steigenden Transportbedarf in wachsenden Städten effizient, platzsparend und emissionsarm bewältigen.

Verkehrsmodus	Kapazität (Personen/Stunde je Spur)
Pkw	600 - 1.600
Bus (BRT-Spur)	10.000 - 25.000
Fußweg	9.000
Fahrrad (Radinfrastruktur)	7.500

Tabelle 1: Kapazitätsvergleich von Verkehrsträgern (Quelle: eigene Darstellung nach Hermann, Jungwirth, Huber, Mobilität für Alle, Campus, 2022).

1.2 Erfolgsbeispiele, Pilotprojekte und Governance als Wegweiser

Zahlreiche Modellprojekte in führenden Metropolen veranschaulichen bereits heute das Potenzial smarter Mobilitätskonzepte. Amsterdam setzt erfolgreich auf Quartierslösungen mit E-Lastenrädern, wodurch der Pkw-Anteil deutlich gesenkt werden konnte (mobil.nrw, o.J.). In Wien fördern urbane Mobilitätslabore multimodale Verkehrsangebote und autonome Shuttle-Systeme mit messbaren Erfolgen (AustriaTech, o.J.; ftimobilitaetswende.at, o.J.). Paris wiederum demonstriert mit seinem „Plan Vélo“, wie massiver Radwegeausbau den Kfz-Modal-Split-Anteil signifikant reduzieren kann (Deutschlandfunk, o.J.; Euronews, 2023.). Die Londoner Ultra Low Emission Zone (ULEZ) zeigt, wie Zufahrtsbeschränkungen das Verkehrsaufkommen und die Luftverschmutzung verbessern (Eoleaf, o.J.; Green-Zones.eu, o.J.; mutmacherei.net, o.J.). Ridepooling-Dienste wie „MOIA“ in Hamburg (12.000 Fahrten täglich), mittlerweile als Linienbedarfsverkehr in die ÖPNV-App integriert, belegen das Potenzial geteilter, elektrischer Flotten (MOIA, o.J.; mobil.nrw, o.J.). Diese Projekte demonstrieren, wie

koordinierte Infrastrukturmaßnahmen, Technologieeinsatz und anpassungsfähige Governance-Strukturen Erfolge erzielen und sind Blaupausen für die Skalierung zukünftiger urbaner Mobilität.

Die Transformation urbaner Mobilitätssysteme erfordert dabei eine koordinierte Zusammenarbeit verschiedener Akteure. Erfolgreiche Smart-Mobility-Programme basieren daher auf integrierten Governance-Modellen und Public-Private Partnerships (PPPs) (European Commission, o.J.; [publicgovernance.de](https://www.publicgovernance.de), o.J.). Erfahrungen aus Städten wie Barcelona deuten darauf hin, dass zentrale Koordinierungseinheiten die Datenanalyse und adaptive Verkehrssteuerung verbessern können, wobei diese Adaptivität natürlich flexible Mobilitätsangebote benötigt. „Transport for London“ (TfL), die zentrale öffentliche Einrichtung zur Organisation des städtischen Verkehrssystems, reinvestiert Einnahmen aus dem Umweltzonenprogramm ULEZ in den ÖPNV und Abwrackprämien, was Akzeptanz und Compliance erhöht ([electrive.net](https://www.electrive.net), 2020; TfL, o.J.). Hamburgs regulatorische Einbettung von MOIA als Linienbedarfsverkehr fördert die Integration in das ÖPNV-System und unterstützt nahtlose Mobilitätsketten (MOIA, o.J.; [mobil.nrw](https://www.mobil.nrw), o.J.). Solche Governance-Strukturen schaffen klare Verantwortlichkeiten, fördern Datentransparenz und ermöglichen flexible politische Entscheidungen, die für die urbane Mobilitätswende zentral sind.

Die hier skizzierten urbanen Symptome sind kein isoliertes Phänomen, sondern sie sind Spiegelbild von drei globalen Megatrends, die wir im nächsten Kapitel beleuchten.

2. Rahmenbedingungen und Megatrends der Mobilität

Die Transformation der Mobilität wird von übergeordneten demografischen, urbanen und ökologischen Entwicklungen sowie regulatorischen Vorgaben maßgeblich beeinflusst. Europas Bevölkerungsstruktur verändert sich signifikant: Die EU-Bevölkerung wird laut Eurostat (2023) rund 453 Millionen Einwohner umfassen, wobei der Anteil der über 65-Jährigen von 21,1 % (2022) auf etwa 27 % steigt. Der Old-Age-Dependency-Ratio erhöht sich von 33 % (2022) auf über 45 % (Bruegel, 2024). Dies beein-

flusst die Mobilitätsnachfrage: Ältere benötigen barrierefreie Angebote und On-Demand-Services, während digital-affine Nutzer flexible, datenbasierte und potenziell automatisierte Dienste erwarten.

Die globale Urbanisierung schreitet voran: In der EU lebten 2022 ca. 75 % der Bevölkerung in städtischen Regionen, bis 2040 werden es 77-78 % sein (Eurostat, DE-GURBA). Weltweit soll der Anteil der Stadtbevölkerung bis 2050 auf 68 % steigen (UN-DESA, 2022). Diese Konzentration verstärkt den Bedarf an multimodalen, raumeffizienten Verkehrskonzepten und einer Stadtplanung der „kurzen Wege“, um Verkehr zu reduzieren und Infrastrukturen effizient zu nutzen.

Die Klimaziele sind zentrale Treiber: Die EU strebt bis 2030 eine Reduktion der Netto-Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % (gegenüber 1990) und Klimaneutralität bis 2050 an (Verordnung (EU) 2021/1119).¹ Regulierungen wie CO₂-Flottengrenzwerte, ETS 2 (ab 2027),² Fahrverbote und Förderprogramme beschleunigen den Wandel zu emissionsarmen Antrieben, insbesondere batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) im urbanen Raum (BloombergNEF, 2024; International Energy Agency, 2025). Deren Ökobilanz verbessert sich durch grüneren Strom und Recycling stetig. Dies erfordert Infrastrukturinvestitionen und zwingt Hersteller zur Anpassung ihrer Geschäftsmodelle.

Diese Megatrends schaffen den Nährboden für ein neues, digitales Betriebssystem der Mobilität (Mobility-as-a-Service), das wir im folgenden Abschnitt aufschlüsseln.

3. Plattformökonomie im Verkehrssektor

Die digitale Vernetzung aller Verkehrsteilnehmer und -infrastrukturen sowie die Entstehung umfassender Mobilitätsplattformen sind zentrale Säulen der Mobilität im Jahr 2040. Daten werden zur wichtigsten Ressource und intelligente Algorithmen ermögli-

¹ Siehe Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality (European Climate Law). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>

² Beim ETS2 handelt es sich um ein für 2027 geplantes Emissionshandelssystem der Europäischen Union für die Sektoren Gebäude und Verkehr. Es ist eigenständig, aber komplementär zum existierenden ETS-1 Emissionshandelssystem für Energiegewinnung und Industrieabgase. Beide dienen dazu, auf Basis eines Marktmechanismus volkswirtschaftlich möglichst effizient den CO₂-Ausstoß der inkludierten Wirtschaftssektoren zu reduzieren (European Commission, 2024)

chen eine bisher unerreichte Effizienz, Personalisierung und Integration verschiedener Verkehrsangebote. Der Fokus verschiebt sich von der reinen Fortbewegung und dem Besitz von Verkehrsmitteln hin zum nahtlosen Zugang zu einem integrierten Ökosystem von Mobilitätsdienstleistungen, in dem autonome Fahrzeuge als Teil von Sharing-Flotten eine Schlüsselrolle spielen.

3.1 Grundlagen der digitalen Vernetzung im Verkehrssystem

Es wird eine nahezu vollständige digitale Durchdringung des Verkehrssektors erwartet: V2X-Kommunikation (Vehicle-to-Everything) wird Standard sein und auf Technologien wie C-V2X (Cellular V2X, also ein Kommunikationsstandard mit der Möglichkeit, auch ins Mobilfunknetz zu funken) und fortgeschrittenen Mobilfunkstandards (5G Advanced, 6G) basieren, was kooperatives und automatisiertes Fahren ermöglicht (5G Automotive Association, 2025). Eine massive Anzahl vernetzter IoT-Sensoren in Fahrzeugen, Infrastruktur und Endgeräten wird kontinuierlich Daten für dynamische Anpassungen und personalisierte Dienste generieren. Big Data Analytics und KI werden diese Daten verarbeiten, um Verkehrsmuster zu erkennen, Nachfrageprognosen zu erstellen, Verkehrsflüsse zu optimieren und autonome Flotten effizient zu managen.

3.2 Mobility as a Service (MaaS): Das Ökosystem der vernetzten Mobilität

MaaS repräsentiert den Paradigmenwechsel hin zu einem integrierten, nutzerzentrierten Gesamtangebot, zugänglich über eine digitale Plattform. MaaS bündelt öffentliche und private Mobilitätsdienste (ÖPNV, Ride-Hailing inkl. Robotaxis, Sharing-Dienste) zu einem nahtlosen, multimodalen Reiseerlebnis (MaaS Alliance, 2024).³ Zugang erfolgt typischerweise per App für Planung, Buchung und Bezahlung, basierend auf Abonnement- oder nutzungsorientierten Modellen.

Autonome Fahrzeuge der Stufe 4 (SAE International, 2024), insbesondere Robotaxis und autonome Shuttles, werden Schlüsselkomponenten urbaner MaaS-Angebote sein. Sie versprechen höhere Verfügbarkeit, potenziell niedrigere Betriebskosten und

³ Ride Hailing bedeutet das Nutzen von Fahrdiensten auf Anforderung hin, Beispiele sind Uber, Lyft, aber auch traditionelle Taxidienste. Die Anforderung fand früher über Taxirufsäulen, das Telefon und das traditionelle „Heranwinken“ statt. Mittlerweile haben sich daneben die Apps der Ride-Hailing-Anbieter etabliert.

optimierte Flottenauslastung. Ihre Integration in MaaS-Plattformen ermöglicht nahtlose multimodale Reiseketten. Sicherheit und Zuverlässigkeit werden durch Tests und regulatorische Freigaben gewährleistet (National Highway Traffic Safety Administration, 2025; Waymo, 2024). Ihr Erfolg hängt von Nutzerakzeptanz, effektiver Regulierung und wirtschaftlichem Betrieb ab.

MaaS-Plattformen bieten intelligente Echtzeit-Routenplanung, integrierte Buchungs- und Bezahlssysteme (Single Sign-On), umfassende Personalisierung und das Potenzial zur Verhaltensänderung hin zu nachhaltigeren Modi. MaaS-Ökosysteme nutzen verschiedene Geschäftsmodelle wie Provisionen, Nutzungsgebühren und datenbasierte Erlöse (MaaS Alliance, 2024). Akteure umfassen MaaS-Betreiber (öffentlich/privat), Mobilitätsdienstleister, Daten- und Technologieanbieter sowie die öffentliche Hand als Regulator.

Die Realisierung des vollen Potenzials von MaaS erfordert die Bewältigung von Herausforderungen in Daten-Governance, Datenschutz und IT-Sicherheit, Interoperabilität und Standardisierung, digitaler Kluft und Inklusion sowie Governance und Regulierung.

3.3 Fazit: Vernetzung als Schlüssel zu einer intelligenten und nutzerzentrierten Mobilität

Digitale Vernetzung und MaaS, unterstützt durch Robotaxi-Flotten, könnten die Mobilität grundlegend hin zu nutzerfreundlicheren, effizienteren und potenziell nachhaltigeren Systemen verändern. Erfolg erfordert Zusammenarbeit, robuste Governance und die Lösung von Herausforderungen im Bereich Datenschutz, Sicherheit und Inklusion. Die ökonomischen Implikationen sind erheblich.

Plattformen erweitern das Angebot deutlich, doch Effizienz ist nicht nur High-Tech allein: Kap. 4 zeigt, warum das (E-)Fahrrad in lebenswerten Städten einen wesentlichen Beitrag leistet.

4. Fahrradmobilität & Mikromobilität: Wichtige Bausteine der urbanen Verkehrswende

Neben den technologischen Umbrüchen bei digitalen Plattformen und autonomen Sharing-Diensten erlebt die aktive Mobilität eine Renaissance und wird einen integralen Bestandteil resilienter und lebenswerter urbaner Räume darstellen. Diese Entwicklung wird getragen vom wachsenden Bewusstsein für Gesundheit, Nachhaltigkeit und der Notwendigkeit, städtischen Raum effizienter, emissionsärmer und menschenfreundlicher zu nutzen.

4.1 Das Fahrrad im Wandel: Vom Freizeitgerät zum zentralen Verkehrsmittel

Das Fahrrad hat sich vom Freizeitgerät zum alltagstauglichen urbanen Verkehrsmittel entwickelt, ein Trend, der sich weiter verstärkt. Klassische Fahrräder bleiben populär. E-Bikes (Pedelecs und S-Pedelecs) erfahren einen enormen Schub (Zentralverband der Deutschen Zweirad-Industrie [ZIV], 2024), erweitern Reichweite sowie Nutzergruppen und werden einen erheblichen Anteil am Fahrradmarkt und urbanen Modal Split haben. E-Lastenräder ergänzen die urbane Logistik als emissionsarme Alternative und gewinnen auch im privaten Bereich an Bedeutung, was wiederum angepasste Infrastrukturen erfordert.

4.2 Mikromobilität: Flexible Lösungen für die erste und letzte Meile

Mikromobilität umfasst kleine, oft elektrisch angetriebene Leichtfahrzeuge für kurze Distanzen und die erste/ letzte Meile. E-Scooter sind etabliert und werden in Zukunft robuster und nachhaltiger (IFEU, 2023). Privatbesitz und neue LEV-Formen nehmen zu. Klare Regeln für Nutzung, Parken (ausgewiesene Flächen, Geofencing) und Anbieter-Management (Lizenzvergabe, Qualitätsstandards) sind etabliert.

4.3 Infrastruktur für aktive Mobilität: Grundlage für Sicherheit und Komfort

Die Attraktivität hängt von der Infrastrukturqualität ab, deren Ausbau erwartet wird. Städte werden über komfortable Radnetze verfügen, inklusive geschützter Radfahrstreifen, Fahrradstraßen und Radschnellwege (FGSV, 2023; CROW, 2016). Netzplanung orientiert sich an Nutzerbedürfnissen und Qualitätsstandards (ECF Bericht „State of National Cycling Strategies 2024“). Smarte Radinfrastruktur wie intelligente

Ampelschaltungen, digitale Wegweisung und hochwertige Abstellanlagen mit Ladeinfrastruktur sind Standard. Die nahtlose Kombination mit dem ÖPNV ist selbstverständlich (Bike+Ride, Integration in MaaS).

4.4 Gesellschaftliche und gesundheitliche Aspekte und Fazit

Die Förderung hat positive Auswirkungen: Gesundheitsförderung durch Bewegung und weniger Emissionen, soziale Gerechtigkeit durch kostengünstige Mobilität und höhere Lebensqualität in Städten. Fahrradmobilität und Mikromobilität sind unverzichtbare Säulen einer nachhaltigen, gesunden und effizienten urbanen Mobilität. Sie tragen zu Klimazielen, Flächeneffizienz, öffentlicher Gesundheit und Lebensqualität bei. Kontinuierliche Investitionen und eine fördernde Kultur sind entscheidend. Positive externe Effekte sind auch volkswirtschaftlich relevant.

Die skizzierten Trends verändern nicht nur Mobilität, sondern auch die Wertschöpfungskette. Diese zu erwartenden Änderungen werden im nächsten Kapitel erläutert.

5. Transformation der Wertschöpfungskette: Von der Fahrzeugproduktion zum integrierten Mobilitätsökosystem

Die analysierten technologischen und konzeptionellen Umbrüche induzieren einen deutlichen Wandel der gesamten Wertschöpfungskette im Mobilitätssektor. In den nächsten 15 Jahren könnte sich eine Transformation vollzogen haben, die traditionelle Branchengrenzen auflöst und ein neues, komplexes Ökosystem von Akteuren und Geschäftsmodellen hervorbringt, das primär auf MaaS und digitalen Geschäftsmodellen basiert.

5.1 Erosion traditioneller Grenzen und Entstehung neuer Wertschöpfungsstufen

Die klassische Wertschöpfungskette erweitert und verschiebt sich bereits heute deutlich. Das Automobil entwickelt sich mehr und mehr zum "Software-Defined Vehicle" (McKinsey, 2023; Hey & Zombek, 2025). Der Wertanteil von Software, Elektronik,

Konnektivitätsdiensten und User Experience steigt. OTA-Updates⁴ und "Features-on-Demand" werden als Einnahmequellen entdeckt. Vernetzte/ autonome Fahrzeuge generieren immense Datenmengen, die neue Geschäftsfelder eröffnen (personalisierte Versicherungen, Predictive Maintenance, Smart-City-Anwendungen) (Global Market Insights, 2024). Die Elektrifizierung führt zur Umstrukturierung bei Zulieferern: Die Nachfrage nach Komponenten für Verbrennungsmotoren sinkt, während der Markt für Batterien, E-Motoren, Sensoren, HPCs, also Computersteuergeräten fürs Auto, und Software wächst.

5.2 Neue Akteure, Rollen und Geschäftsmodelle

Das Mobilitätsökosystem wird in Zukunft von größerer Akteursvielfalt geprägt: Fahrzeughersteller müssen sich zu Mobilitätsdienstleistern entwickeln (MaaS-Plattformen, autonome Flotten, Lade-/Energiedienste), sonst droht die Reduktion auf die Rolle des reinen Hardwarelieferanten. Tech-Unternehmen (Software, KI, Cloud) spielen eine wichtige Rolle und entwickeln Betriebssysteme für Fahrzeuge, autonome Technologien oder MaaS-Plattformen. Energieversorger gewinnen an Bedeutung (Lade-/H2-Infrastruktur, V2G).⁵ Städte/ ÖPNV-Betriebe werden aktive Gestalter (Rahmen für MaaS/ autonome Dienste, ggf. Betreiber). Start-ups treiben Innovationen voran (bspw. Mikromobilität, autonome Nischenlösungen, MaaS-Komponenten). Die veränderte Struktur führt zu neuen Geschäftsmodellen, die auf MaaS und digitale Dienste fokussiert sind: Fahrzeugverkauf verliert in Städten an Bedeutung zugunsten flexibler, nutzungsbasierter Angebote (Abonnements, Pay-per-Use für Robotaxis / Sharing). Datenbasierte, Energie- sowie Logistikdienste gewinnen an Bedeutung.

Die Trends führen zu einer Transformation der Wertschöpfungskette hin zu einem komplexen, vernetzten, datengetriebenen Mobilitätsökosystem. Dies hat erhebliche

⁴ Bei OTA (= over the air) Updates handelt es sich um Softwareaktualisierungen, für die der Kunde nicht in eine Werkstatt fahren muss, sondern die über das Mobilfunknetz direkt auf die bestehende Software des Autos aufgespielt wird.

⁵ V2G = Vehicle to Grid beschreibt die Möglichkeit, dass in Autobatterien gespeicherter Strom zurück ins Netz eingespeist wird. Durch dieses „bidirektionale“ Laden können Elektroautos mit ihren Batterien als temporäre Speicher dienen.

volkswirtschaftliche Auswirkungen, die in Teil II ökonomisch analysiert und beurteilt werden.

Die Volkswirtschaftliche Perspektive: Systemische Effekte geteilter Mobilität in Städten

Die Mobilität im urbanen Raum verändert sich fundamental. Geteilte Mobilitätsformen – von Ridepooling und Carsharing bis zu autonomen MaaS-Diensten – treten zunehmend aus ihrer Nische heraus und wirken nicht nur als technologische Ergänzung, sondern als systemischer Wettbewerber etablierter Verkehrsformen. Diese Entwicklung ist mehr als eine Verhaltensänderung: Sie verschiebt Kostenstrukturen, beeinflusst Infrastrukturbedarfe und verändert Markt- wie Beschäftigungsstrukturen in erheblichem Maße.

In volkswirtschaftlicher Hinsicht ist dabei entscheidend, welches Verkehrssystem durch geteilte Mobilität substituiert wird und wie Länder und Kommunen darauf reagieren können, um die Mobilitätsbedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger adäquat und kosteneffizient befriedigen zu können.

ÖPNV als natürliches Monopol

Der Begriff „natürliches Monopol“ beschreibt eine Marktform, in der aufgrund hoher Fixkosten und stark sinkender Durchschnittskosten ein einzelner Anbieter effizienter agieren kann als mehrere konkurrierende Unternehmen. Anders als in den meisten Fällen, schafft Wettbewerb in solch einer Situation also keine Wohlfahrtsgewinne. Dies trifft typischerweise auf Infrastruktursektoren zu. Im Bereich der Personenbeförderung lässt sich beobachten, dass der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV), insbesondere im Schienen- und Busnetz, als natürliches Monopol angesehen werden kann.

Das Schienennetz von S-, U- und Straßenbahnen lässt sich nicht beliebig ausweiten, geschweige denn duplizieren, um bspw. auf der Münchner Stammstrecke oder der Berliner Stadtbahn ein paralleles Konkurrenzangebot zu errichten. Und selbst wenn

es möglich wäre, quasi ein weiteres Gleis zu verlegen: ein solches Unterfangen wäre mit hohen Kosten verbunden und könnte zu einem ruinösen Wettbewerb zwischen den Anbietern führen (siehe auch Foreman-Peck, 1987).

Hub-and-Spoke System im ÖPNV

Der klassische ÖPNV funktioniert in der Regel in erster Linie nach dem „Hub-and-Spoke“-System („Nabe und Speiche“), also einem System von Kernlinien und Zubringern. In Großstädten sind die Kernnetze in der Regel die S- und U-Bahnen, die größere Distanzen mit relativ wenigen Stopps schnell überwinden und Vororte mit Stadtzentren sowie Stadtteile miteinander verbinden. Diese Kernnetze entfalten ihre Kraft allerdings erst mit der Zuführung vieler Nutzer. Ähnlich dem Prinzip der Drehkreuze im Flugverkehr braucht es also ein Netz an Zubringern, meist Busse oder Straßenbahnen, die Stadtviertel und Kieze an die Kernnetze anbinden. Auf diese Weise entsteht in Großstädten in der Regel ein sternförmiges System an Stadtbahnen, entlang derer sich ein kleinteiliges Zubringernetz entspinnt.

Zwar gibt es auch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen von Bussen, die beispielsweise ein Stadtviertel nicht mit dem Kernnetz verbinden, sondern mit einem anderen, benachbarten Stadtviertel. Allerdings haben diese P-zu-P-Verbindungen häufig eine geringere Taktdichte und eine deutlich geringere Auslastung, weil sie meist nur für einen kleinen Nutzerkreis ansprechend sind, beispielsweise im Schülerverkehr. Abseits klar definierter Zeiten (z.B. Schulbeginn und -ende) sind diese Verbindungen oft unterausgelastet.

Statische Planung im ÖPNV

Der öffentliche Verkehr setzt sich aus drei Komponenten zusammen: Einem Liniennetz, einem Fahrplan, der zeitlich vorgibt, wie das definierte Liniennetz bedient wird und zuletzt Fahrzeuge, die bestimmen, womit Netz und Fahrplan bedient werden (vgl. Kirchhoff, 2002, S. 98). Doch diese Organisation impliziert stets ein großes Maß an

Statik. Nicht nur im schienengebunden Verkehr sind die Linien zu einem Großteil festgelegt. Auch Busverbindungen folgen notwendigerweise fixen Routen und werden nicht regelmäßig geändert, da das verzahnte Taktgefüge mit Anschlussverbindungen und Zubringeraufgaben (siehe „hub and spoke“) weiterhin funktionieren muss. Das impliziert allerdings hochgradig vorausgeplante Angebote mit weit im Voraus berechneten und modellierten Bedarfen. Doch selbst moderne KI-Anwendungen können eine solch akkurate Vorausplanung mit einem langen Zeithorizont nicht leisten, da sich Präferenzen oft erst aus den konkreten Umständen ergeben und nicht Monate oder gar Jahre im Voraus verlässlich vorhergesagt werden können (Boettke & Candela, 2023). Doch genau das ist bei der Fahrplangestaltung erforderlich.

Das Rückkehrproblem als Herausforderung eines reinen ÖPNV-Modells

Das Rückkehrproblem“ beschreibt die simple Tatsache, dass die meisten Menschen Wege in zwei Richtungen antreten – hin und zurück – da viele Wege am Wohnort der Nutzer beginnen und enden. Es ist nicht zu verwechseln mit der Rückkehrpflicht für Mietwagen, die nach jeder durchgeführten Fahrt zu ihrem Betriebssitz zurückkehren müssen, sofern kein Folgeauftrag vorliegt.

Die Tatsache, dass Individuen meist Hin- und Rückweg zu bzw. von einem Ziel beschreiten, erscheint zunächst trivial. Allerdings hat es wichtige Implikationen für die Wahl des passenden Verkehrsmittels: Wenn einer der beiden Wege an Tagesrandzeiten stattfindet, werden bei reinen ÖPNV-Lösungen ohne dezentrale „shared mobility services“ in der Regel beide Strecken mit dem PKW zurückgelegt: Wer irgendwo hinfährt, möchte auch wieder zurückkommen. Und wenn der Rückweg nicht gewährleistet ist, muss bei der Nutzung des eigenen PKWs notwendigerweise auch der Hinweg, der prinzipiell mit dem ÖPNV zurückgelegt werden könnte, mit dem Auto absolviert werden.

Doch gerade zu den Tagesrandzeiten sind ÖPNV-Angebote unwirtschaftlich, die hohe Fix- und geringe variable Kosten haben. Damit eine Verbindung wirtschaftlich betrieben werden kann, muss eine kritische Masse an Nutzern existieren. Denn auch nur dann entfaltet der Kapazitätsvorteil des ÖPNV, wie in Tabelle 1 dargestellt, seine volle

Wirkung. Denn zweifelsohne können Busse oder Straßenbahnen den gemeinsam genutzten Straßenraum am effizientesten nutzen. Aber das gilt nur, wenn diese Verkehrsmittel auch entsprechend ausgelastet sind. Andernfalls sinkt nicht nur ihre Raumeffizienz, sondern auch ihre Wirtschaftlichkeit. Denn jede Bus- und Bahnverbindung erzeugt hohe Fixkosten durch den Einsatz von Fahrpersonal, Material und Energie. Die marginalen Kosten zusätzlicher Fahrgäste sind demgegenüber vernachlässigbar gering.

Geteilte Mobilität als notwendiges Komplement zum ÖPNV

Die Nutzung des eigenen PKWs wird in Großstädten zunehmend unattraktiv gemacht. Dazu gehören hohe Parkgebühren, Spurverengungen zugunsten von Fahrradstreifen und generell die Umwidmung von Parkplätzen, was die sinnvolle Nutzung erschwert. Solche Ansätze sollen u.a. dazu dienen, öffentliche Verkehrsmittel (und Fahrräder) attraktiver zu machen. Doch während großflächige Evaluationen der Lenkungswirkung noch ausstehen, profitiert der ÖPNV zumindest finanziell nicht. Im Gegenteil, die öffentlichen Verkehrsunternehmen leiden unter Kostendruck und einem hohen Finanzbedarf, um den Status Quo beizubehalten und perspektivisch noch auszubauen. Eine kürzlich erschienene Studie im Auftrag des Verbands deutscher Verkehrsunternehmen untermauert dies (VDV, 2025). Zugleich sorgt das eingeführte Deutschland-Ticket im öffentlichen Nahverkehr zwar für volkswirtschaftliche Wohlfahrtsgewinne, benötigt aber steigende finanzielle Zuschüsse, um den ÖPNV weiter zu betreiben (Krämer & Mietzsch, 2024). Eine Preissenkung für viele Nutzergruppen, verbunden mit einer gestiegenen Nachfrage aufgrund der niedrigeren Kosten, sorgt für eine steigende Divergenz von Einnahmen und Ausgaben.

Während also von der Politik über das Parteienspektrum hinweg ein weiterer Ausbau des klassischen ÖPNV gefordert wird, wachsen die ökonomischen Probleme. Die wirtschaftlich attraktiven Verbindungen entlang der Magistralen sind meist schon lange in Betrieb. Wer jetzt noch ausbauen möchte, muss notwendigerweise Randgebiete und

Randzeiten erschließen, die selten kostendeckend betrieben werden können. Während bei einzelnen Relationen zwar ein angebotsinduzierter Nachfrageanstieg prinzipiell denkbar ist, kann dies rein logisch nicht flächendeckend funktionieren.⁶

Ein zentraler Baustein kommt demzufolge Anbietern geteilter Mobilität („shared mobility“) zu. Dazu zählen Beförderungsdienste („ride hailing“) wie Uber, Bolt oder Lyft, ebenso wie selbstgenutzte Angebote wie Tretroller, Fahrräder, Motorroller oder Car-Sharing-PKWs. Geteilte Mobilität hat einen doppelten Vorteil: Zum einen wird sie – zumindest bisher – weitgehend privat organisiert, wodurch die Unterhaltskosten (z.B. Finanzierung und Wartung einer Fahrzeugflotte) nicht die öffentlichen Haushalte belasten. Zum anderen sind sie deutlich dezentraler und ‚spontaner‘ organisiert: Sie müssen sich nicht an feste, im Vorhinein festgelegte Fahrpläne halten, sondern können nach Bedarf von den Nutzern gebucht bzw. in Anspruch genommen werden. Damit lösen sie zu einem großen Teil das Planungsproblem des klassischen ÖPNV.⁷ Denn von den Nutzern gebuchte Fortbewegungsmittel benötigen keine Fahrpläne und zumindest bei gesteuerten Mitfahrdiensten kann hohe Nachfrage spontan durch eine Verlegung vom Fahrern in das betroffene Gebiet bedient werden.

Um dem ÖPNV eine ökonomisch nachhaltige Zukunft zu ermöglichen, erhalten und gleichzeitig die Innovationskraft geteilter Mobilität zu nutzen, braucht es einen gezielten regulatorischen Ordnungsrahmen. Wichtig ist eine tiefe und für die Nutzer möglichst friktionslose Integration von shared mobility Lösungen in das bestehende ÖPNV-Angebot. Zum einen müssen die bestehenden ÖPNV-Netze physisch geteilte Mobilitätsangebote integrieren. Das kann bspw. über die Platzierung von Abstellpunkten für

⁶ Das Prinzip der angebotsinduzierten Nachfrage stammt aus der Gesundheitsökonomik und beschreibt das Prinzip, dass angebotene Produkte und Dienstleistungen auch genutzt werden, sobald sie einmal geschaffen wurden, auch wenn zuvor kein unmittelbarer Bedarf danach bestand (Jahn, 2023). In Bezug auf den ÖPNV geht es damit einher, dass nach der Einführung die Nachfrage eventuell stärker steigt als angenommen, weil sich Fahrwege und Verhaltensweisen der Nutzer verändern und durch den Ausbau gegebenenfalls Zuzug entsteht, der neue Nachfrage schafft. Da der Zuzug aber begrenzt ist, kann dies nicht flächendeckend stattfinden.

⁷ Eine vollständige Beseitigung von Vorausplanung ist auch hier betriebswirtschaftlich nicht sinnvoll, da man dafür jederzeit an jedem Standort überproportional viele Fahrzeuge vorhalten müsste, um diversen Eventualitäten begegnen zu können.

Leihfahrzeuge (Fahrräder, Roller etc.) entlang wichtiger Bus- und Straßenbahnhaltestellen erfolgen oder über eine Öffnung der Bahnhofsvorplätze bei U-, Stadt- und Regionalbahnen. Insbesondere gut nutzbare Vorfahrten an Bahnhöfen und Haltepunkten sind bereits heute eine Engstelle bei der Integration von multimodalen Angeboten. Wenn z.B. ein Fahrdienst keine Fahrgäste am Bahnhof absetzen kann, werden diese sich möglicherweise entscheiden, die gesamte Strecke mit ihrem PKW zu absolvieren. Daher ist hier eine anbieteroffenere Vergabe von Nutzungsflächen dringend geboten. (siehe auch Zombek & Schmal, 2025).

Neben der physischen Berücksichtigung im existierenden Streckennetz ist auch die digitale Integration in Routenplanungs- und Buchungssysteme unabdingbar. Die intermodale Einbindung in „Mobility as a Service“ (MaaS)-Plattformen wurde bisher weitgehend vernachlässigt. Ein Sammelsurium an Apps und fehlende Informationen für die Nutzer, welche Angebote entlang ihrer Fahrwege überhaupt existieren, sind die Folge. Eine seltene Ausnahme ist das Angebot „Jelbi“ der Berliner Verkehrsbetriebe BVG: Hier werden die ÖPNV-Angebote wie Bus und U-Bahn mit dem Angebot von Leihrollern, und -fahrrädern, Carsharing und Taxen verknüpft, um ein ganzheitliches Mobilitätsangebot für die Nutzer zu schaffen (berlin.de, 2024).

Fazit

Der vorliegende Policy Impuls beleuchtet zum einen die technologischen und gesellschaftlichen Transformationsprozesse, die die Mobilität im urbanen Raum bis 2040 prägen werden, zum anderen die ökonomischen Implikationen geteilter Mobilitätsformen und deren systemische Wechselwirkungen mit dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Während Teil I den tiefgreifenden Wandel hin zu datengetriebener, vernetzter und emissionsarmer Mobilität skizziert – insbesondere durch Plattformmodelle, Robotaxi-Flotten und eine Renaissance der Fahrrad- und Mikromobilität – zeigt Teil II, wie sich diese Entwicklungen ökonomisch auf klassische ÖPNV-Strukturen auswirken und welche Systemkonflikte sich daraus ergeben. In einem zweiten Schritt

wird allerdings ebenso aufgezeigt, wie sich ÖPNV und vernetzte Mobilität ergänzen können.

Aus ökonomischer Perspektive wird deutlich: Der ÖPNV kann seine Stärke als kapazitäts- und flächeneffizienter Verkehrsträger nur dann ausspielen, wenn er sich auf hochfrequentierte Kernnetze konzentriert. Seine ökonomische und ökologische Leistungsfähigkeit entfaltet sich nicht per se, sondern hängt von Auslastung und Verdichtung ab. In peripheren Räumen, zu Randzeiten oder bei punktuellen Nachfragebedarfen stößt das klassische, statisch geplante „Hub-and-Spoke“-System an seine Grenzen. Hier drohen Fehlallokationen öffentlicher Mittel durch unterausgelastete Linienangebote mit hohen Fixkosten.

Eine zukunftsfähige Mobilitätsstrategie muss daher nicht auf einen unreflektierten Ausbau des ÖPNV zielen, sondern dessen Stärken gezielt sichern, indem sie ihn komplementär mit flexiblen, privatwirtschaftlich getragenen Shared-Mobility-Angeboten verzahnt. Ökonomisch sinnvoll ist ein intermodaler Mobilitätsverbund, der gut ausgelastete Kernachsen des ÖPNV mit dezentralen, on-demand verfügbaren Angeboten kombiniert – physisch wie digital integriert in ein gemeinsames Buchungs- und Abrechnungssystem. Auch wenn das auf Widerstand in vielen Interessengruppen im stark von Rent-Seeking getriebenen Mobilitätssektor stoßen wird (Zombek & Schmal, 2024), lässt sich nur durch eine solche funktionale Arbeitsteilung die öffentliche Finanzierung des ÖPNV nachhaltig sichern, gleichzeitig Nutzerzentrierung, Flächeneffizienz und Klimaziele erreichen.

Über das FORMOE Forschungsforum Mobilitätsökonomik

Das FORMOE - Forschungsforum Mobilitätsökonomik ist eine innovative Plattform zur wissenschaftlichen Untersuchung der ökonomischen Herausforderungen und Chancen der Mobilität im 21. Jahrhundert. Durch die Zusammenarbeit zweier Technischer Universitäten mit hoher Expertise in der Wettbewerbs- und politischen Ökonomik, ebenso wie in der Fahrzeugtechnik, schafft FORMOE eine einzigartige Plattform für interdisziplinäre Forschung und Kooperation, um zentrale wirtschaftliche und gesellschaftliche Fragestellungen der Mobilitätsbranche ökonomisch zu analysieren.

Das Forum wurde von den Ökonomen Dr. W. Benedikt Schmal und Max Zombek, M.A. ins Leben gerufen und geleitet. Es dient dem Aufbau von mobilitätsökonomischer Expertise in Deutschland und soll den Diskurs zu Mobilitätsfragen um eine ökonomische Perspektive bereichern. FORMOE ist über die Gründer affiliert mit der Technischen Universität Ilmenau und der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg.

Website: www.formoe.org

Kontakt: schmal@formoe.org

Über Gunther Sues und 5one3

Gunther Sues ist Gründer von 5one3, einer spezialisierten Unternehmensberatung für integriertes Wachstum in der Mobilitätsindustrie. Er war in verschiedenen leitenden Funktionen in der Automobil- und Digitalbranche tätig und arbeitet heute an der Schnittstelle von Nutzerzentrierung, digitalen Geschäftsmodellen und nachhaltiger Mobilität.

Mit Fokus auf datengetriebene Strategien und serviceorientierte Lösungen unterstützt 5one3 Unternehmen, Städte und Mobilitätsakteure bei der Entwicklung und Umsetzung zukunftsfähiger Mobilitätskonzepte. Als Partner von Start-ups, OEMs, ÖPNV-Betrieben und öffentlichen Institutionen begleitet 5one3 strategische Innovationsprozesse – von der Idee bis zur skalierbaren Umsetzung. Der Beratungsansatz verbindet Branchenexpertise, technologische Kompetenz und gesellschaftliche Wirkung.

Der vorliegende Beitrag basiert auf Gunther Sues' langjähriger Erfahrung in der digitalen Transformation der Mobilitätsbranche – sowohl als Strategie- und Marketingverantwortlicher in der Industrie als auch als Berater für datengetriebene Mobilitätslösungen. Die hier skizzierten Entwicklungen bis 2040 spiegeln nicht nur technologische Trends, sondern auch ein wachsendes Spannungsfeld zwischen Nutzererwartungen, ökonomischer Tragfähigkeit und politischem Gestaltungsanspruch. Ziel ist es, einen realistischen, aber zukunftsgerichteten Rahmen für eine funktionierende urbane Mobilitätswende aufzuzeigen.

Website: www.5one3.de, www.5eins3.com

Kontakt: gunther.sues@5eins3.com

Bisherige FORMOE Policy Impulse

- **Privatverkäufe von Altfahrzeugen einschränken:** Unbeachtete Externalitäten. FORMOE Policy Impuls #6. Abrufbar [hier](#).
- **Netz in Nutzerhand:** Politökonomische Argumente für eine Infrastrukturgenossenschaft für das Schienennetz. FORMOE Policy Impuls #5. Abrufbar [hier](#).
- **Jährliche Pflichtuntersuchung für ältere Gebrauchtwagen:** Ein ökonomischer Trugschluss. FORMOE Policy Impuls #4. Abrufbar [hier](#).
- **Monopolrenten an der Autobahn:** Politökonomische Wettbewerbsverzerrungen in der Raststättenkonzessionierung. FORMOE Policy Impuls #3. Abrufbar [hier](#).
- **Wettbewerb auf der Schiene ist multidimensional:** Maßnahmen für mehr Konkurrenz auf der Schiene. FORMOE Policy Impuls #2. Abrufbar [hier](#).
- **En Route 2029: 9 Maßnahmen für eine zukunftsgerichtete Mobilitätspolitik** der nächsten Bundesregierung. FORMOE Policy Impuls #1. Abrufbar [hier](#).

Bildnachweis Titelseite: Image by [Shonda Ranson](#) from [Pixabay](#)

Referenzen

5G Automotive Association. (2025). *5GAA C-V2X roadmap III 2025: Driving C-V2X evolution with its latest 2030 roadmap*. Abgerufen von <https://5gaa.org/5gaa-publishes-updated-roadmap-for-c-v2x/>

AustriaTech. (o.J.). *Mobilitätslabore*. Abgerufen von <https://www.austria-tech.at/de/projekte/showprojekt/35/Mobilit%C3%A4tslabore>

Berlin.de. (2024). *Sharing: Jelbi-Stationen der BVG*. Abgerufen von <https://www.berlin.de/tourismus/infos/sharing/6983603-4550357-sharing-jelbistationen-der-bvg.html>

BloombergNEF. (2024). *Energy-transition investment trends 2024*. Abgerufen von <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>

Boettke, P., & Candela, R. (2023). On the feasibility of technosocialism. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 205, 44–54.

Bruegel. (2024). *Beyond retirement: The future of pensions in the European Union* (Policy Brief). Abgerufen von https://www.bruegel.org/system/files/2024-06/beyond-retirement%3A-a-closer-look-at-the-very-old-9924_3.pdf

Burkacky, O., Deichmann, J., & Kellner, M. (2023). *Mapping the automotive software- and electronics landscape through 2030*. McKinsey & Company. Abgerufen von <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/mapping-the-automotive-software-and-electronics-landscape-through-2030>

Busplaner. (2025). *Knapp 3 Mio. Moia-Fahrgäste im vergangenen Jahr*. Huss Verlag GmbH. Abgerufen von https://www.busplaner.de/de/news/ride-pooling_knapp-3-mio-moia-fahrgaeste-im-vergangenen-jahr-85700.html

CROW. (2016). *Design manual for bicycle traffic* (English ed.). Abgerufen von <https://crowplatform.com/product/design-manual-for-bicycle-traffic/>

Deutschlandfunk. (o.J.). *Fahrrad erstmals deutlich beliebter als das Auto*. Abgerufen von <https://www.deutschlandfunk.de/fahrrad-erstmals-deutlich-beliebter-als-das-auto-102.html>

Eoleaf. (o.J.). *Luftqualität in London: Erkenntnisse, Lösungen und Tipps für saubere Luft*. Abgerufen von <https://eoleaf.com/de/pages/luftqualitat-in-london-einblicke-loesungen-und-tipps-fur-saubere-luft>

electrive.net. (2020, 23. Januar). *London verdoppelt Abwrackprämie für alte Transporter*. Abgerufen von <https://www.electrive.net/2020/01/23/london-verdoppelt-abwrackpraemie-fuer-alte-transporter/>

Euronews. (2023, 19. Mai). *Cycling is now more popular than driving in the centre of Paris, study finds*. Abgerufen von <https://www.euronews.com/green/2023/05/19/cycling-is-now-more-popular-than-driving-in-the-centre-of-paris-study-finds>

European Commission. (2024). *Emissions trading system 2 (ETS 2) for buildings, road transport and additional sectors: Factsheet*. Abgerufen von https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors_en

European Commission. (o.J.). *Public Private Partnerships*. Abgerufen von <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/13410/attachments/2/translations/en/renditions/native>

European Cyclists' Federation. (2024). *The state of national cycling strategies in Europe 2024*. Abgerufen von https://ecf.com/media/resources/2024/The-State-of-National-Cycling-Strategies-in-Europe-2024_ECF_final%20241212.pdf

European Environment Agency. (n.d.). *Greenhouse-gas emissions from transport*. Abgerufen von <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

European Environment Agency. (n.d.). *Noise*. Abgerufen von <https://www.eea.europa.eu/themes/noise>

European Parliament & Council. (2021). *Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality (European Climate Law)*. Abgerufen von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>

European Union. (n.d.). *Key facts & figures*. Abgerufen von https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures_de

Eurostat. (2023). *"Population projections in the EU - Statistics Explained"*. Abgerufen von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_projections_in_the_EU

Foreman-Peck, J. S. (1987). *Natural Monopoly and Railway Policy in the Nineteenth Century*. *Oxford Economic Papers*, 39(4), 699–718.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. (2023). *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA 2023)*. FGSV Verlag. Abgerufen von <https://www.fgsv.de>

fti-mobilitaetswende.at. (o.J.). *Die österreichischen Mobilitätslabore: Mobilitäts-wende? Gehen wir sie an!* Abgerufen von <https://fti-mobilitaetswende.at/de/artikel/mobilitaetslabore/>

Global Market Insights. (2024). *Automotive data monetization market size, share & trends analysis report*. Abgerufen von <https://www.gminsights.com/industry-analysis/automotive-data-monetization-market>

Green-Zones.eu. (2024, 15. August). *Feinstaubbelastung in London seit Einführung der Umweltzone um 22% gesunken*. Abgerufen von <https://www.green-zones.eu/de/blog-news/kategorie/grossbritannien>

Hermann, S., Jungwirth, D., & Huber, F. (2022). *Mobilität für alle*. Campus Verlag.

Hey, F., & Zombek, M. (2025). *Digital control and market power in the automotive sector: OEMs, gatekeeping, and the future of aftermarket regulation* (FORMOE Working Paper #1). Econstor. Abgerufen von <https://www.econstor.eu/handle/10419/318332>

INRIX. (2021). *Global traffic scorecard 2020*. Abgerufen von <https://inrix.com/scorecard/>

Institute for Energy and Environmental Research. (2023, 4. September). *Kurzpapier E-Scooter* (final ed.). Abgerufen von https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Publikationen/Mobilit%C3%A4t/2023-09-04_-Kurzpapier_E-Scooter-_final.pdf

International Energy Agency. (2025). *Global EV outlook 2025*. Abgerufen von <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>

Jahn, J. (2023). Angebotsinduzierte Nachfrage im Gesundheitswesen. *WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 52(10), 40–42.

Kirchhoff, P. (2002). *Städtische Verkehrsplanung: Konzepte, Verfahren, Maßnahmen*. Vieweg+Teubner Verlag.

Krämer, A., & Mietzsch, O. (2024). Zukunft Deutschlandticket: Verkehrswende, Finanzierung und wohlfahrtsökonomische Wirkung. *Wirtschaftsdienst*, 104(9), 636–643.

MaaS Alliance. (2024). *MaaS regulatory models* (White Paper). Abgerufen von <https://maas-alliance.eu/2024/01/18/white-paper-regulatory-models/>

MaaS Alliance. (n.d.). *What is MaaS?* Abgerufen von <https://maas-alliance.eu/home-page/what-is-maas/>

MOIA. (o.J.). *Offizielle Website*. Abgerufen von <https://www.moia.io/>

mobil.nrw. (o.J.). *Mobilität in Amsterdam: Mehr als nur Fahrradstadt*. Abgerufen von <https://www.mobil.nrw/verbinden/blog/mobilitaet-in-amsterdam-mehr-als-nur-fahrrad-stadt.html>

mobil.nrw. (o.J.). *On-Demand-Verkehr - Infoportal*. Abgerufen von <https://infoportal.mobil.nrw/projekte/on-demand-verkehr.html>

National Highway Traffic Safety Administration. (2025). *Automated driving systems crash database* (Dataset, May 2025 update). Abgerufen von <https://www.nhtsa.gov/>

publicgovernance.de. (o.J.). *Smarte Mobilitätskonzepte und die Rolle der öffentlichen Verwaltung*. Abgerufen von <https://publicgovernance.de/media/SmarteMobilitaetskonzepte.pdf>

SAE International. (2024). *Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles* (SAE J3016_202404). Abgerufen von <https://www.sae.org/standards>

Schmal, W. B., & Zombek, M. (2025). Monopolrenten an der Autobahn: Implikationen der Konzessionierung von Raststätten. *Wirtschaftsdienst*, 106(6), 462–465.

Statista. (2025). *Urbanisierung in der Europäischen Union (EU)*. Abgerufen von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/249028/umfrage/urbanisierung-in-der-europaeischen-union-eu/>

TfL. (o.J.). 2. *London-wide ULEZ Integrated Impact Assessment (ULEZ Scheme IIA) v2.pdf* LOW RES.docx. Abgerufen von <https://haveyoursay.tfl.gov.uk/15619/widgets/44946/documents/27050>

Transport for London. (2025). *London-wide ULEZ – One-year report*. Abgerufen von <https://content.tfl.gov.uk/london-wide-ulez-one-year-report.pdf>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World urbanization prospects 2022: Highlights*. Abgerufen von <https://population.un.org/wup/>

VDV. (2025). *Das Deutschlandangebot Transformationsfahrplan für modernen, effizienten und leistungsstarken ÖPNV für alle überall*. Abgerufen von <https://www.vdv.de/kurzfassung-vdv-gutachten-zur-finanzierung-der-leistungskosten-im-oepnv-2024-2040.pdf>

Waymo LLC. (2024). *Safety report 2024*. Abgerufen von <https://waymo.com/safety/>

World Health Organization. (2025). *Air-quality science & policy summary*. Abgerufen von https://cdn.who.int/media/docs/default-source/air-pollution-documents/air-quality-and-health/who_sps_draft_27_3.pdf?sfvrsn=bb5924ba_3

Zentralverband der Deutschen Zweirad-Industrie. (2025, 13. März). *Marktdaten 2023* [Press release]. Abgerufen von <https://www.ziv-zweirad.de/wp-content/uploads/2025/03/ZIV-Marktdatenpraesentation-2025-fuer-GJ-2024.pdf>

Zombek, M., & Schmal, W. B. (2024). Autoindustrie: Rent-Seeking hemmt Wettbewerb. *Wirtschaftsdienst*, 104(12), 819.

Zombek, M., & Schmal, W. B. (2025). *En Route 2029: 9 Maßnahmen für eine zukunftsgerichtete Mobilitätspolitik der nächsten Bundesregierung* (FORMOE Policy Impuls #1). Econstor. Abgerufen von <https://hdl.handle.net/10419/310002>