

The Autonomous Gap

11 2022

Ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltig?
Anspruch und Realität autonomer Mobilitäts-
konzepte in Europa, China und den USA

**we
talk
data**

**Let's
talk
Data**

Inhalt

1 Key Findings & Zukunftsthese	4
<hr/>	
2 Investment mit Zukunft - aber für wen?	8
<hr/>	
3 Autonome Mobilität am Scheideweg?	15
<hr/>	
4 Mind the Gap - Autonome Mobilität zwischen Anspruch und Realität	23
<hr/>	
5 Close the Gap - ein realistischer Ausblick auf die autonome Mobilität im regionalen Vergleich	27
<hr/>	
6 Wie nachhaltig kann geteilte autonome Mobilität tatsächlich sein?	37
<hr/>	
7 Anspruch und Realität geteilter autonomer Mobilität - Perspektiven im Vergleich	57
<hr/>	
8 Autonome Mobilitätskonzepte im Spiegel internationaler Marktregionen	97
<hr/>	
9 Weitere Informationen	121
<hr/>	

THE AUTONOMOUS GAP



Automated drive

Destination: 50° 48' 10.624" N 6° 28' 51.978" E

Arrival: 09:21 pm - Distance 887 miles

TCP/IP:192.56.327.684.5

SYNC: enabled | Sensors: active | Cameras: active

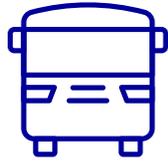
Key Findings & Zukunftsthesen

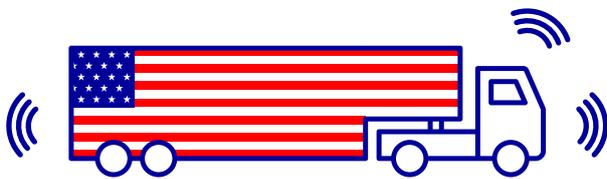
72%



Verkehrswende dank autonomer Mobilität -
72% der Menschen können sich vorstellen,
ihr eigenes Auto zu ersetzen.

24/7





**Das Ende der Lonesome
Cowboys - autonome Trucks
erobern die Vereinigten
Staaten.**



THE AUTONOMOUS GAP

2



An aerial photograph of a city street scene, overlaid with a semi-transparent teal color. The image shows a multi-lane road with cars, a parking lot with many vehicles, and several buildings. There are several white location pin icons scattered across the scene, indicating specific points of interest. The overall aesthetic is modern and digital.

Investment mit Zukunft - aber für wen?

Autonomes Fahren – mehr als eine Frage der Automobil-Entwicklung

Durch das Umstellen der automobilen Nutzung von meist privaten, selbst gefahrenen Fahrzeugen auf geteilte autonom genutzte Systeme ergibt sich ein völlig neues Wertschöpfungsgeflecht, woraus sich Chancen für etablierte Automobilunternehmen und neue Akteure ergeben. So müssen Aufgaben, die bisher die Nutzer*innen weitgehend selbst übernommen hatten, von weiteren Akteuren erfüllt werden, beispielsweise das Warten und Tanken/Laden der Fahrzeuge, die Überwachung während des Fahrbetriebs oder das Parken. Es können darüber hinaus zusätzliche Wachstumspotenziale, beispielsweise in Bezug auf Nebentätigkeiten oder interne Integration, entstehen. Zudem ergeben sich technologische Wachstumsmärkte. So bekommen etwa die IKT-Infrastruktur (Informations- und Kommunikationstechnik) oder Cloud-Dienste aufgrund ihrer robusten Verfügbarkeit eine neue Bedeutung, da deren Verlässlichkeit für die Steuerung und Navigation der Fahrzeuge von relevanter Bedeutung ist. Dabei können idealtypisch verschiedene Rollen im neuen Wertschöpfungsgeflecht unterschieden werden, wobei konkrete Akteure auch mehrere Rollen übernehmen können:

Akteure im Ökosystem autonomer Mobilität

Automobilhersteller konzipieren, konstruieren, produzieren und vertreiben die Fahrzeuge und versuchen sie möglichst nutzer*innen- aber auch betreibergerecht zu gestalten. Dabei verantworten sie die Integration der Technologien und Funktionen der Zulieferer und somit die Fähigkeiten der Fahrzeuge hinsichtlich des automatisierten Fahrens.

Flotten-Betreiber (Hardware) übernehmen die Anschaffung und Versicherung sowie auch die Wartung und Säuberung der Fahrzeuge und verantworten die Verfügbarkeit der Flotten im Service-Betrieb.

Operations-Control-Center zeigen sich für die Überwachung der Fahrzeuge im Fahrbetrieb und das gegebenenfalls nötige Eingreifen zur Fehlerbehandlung per Fernzugriff verantwortlich.

Mobilitätsanbieter (Software) bilden die Schnittstelle zu den Endkund*innen. Sie stellen App-basierte Dienste bereit, über die Fahrten gebucht, verwaltet und abgerechnet werden können. Des Weiteren ermöglichen ihre Algorithmen im Falle des Ride Poolings die möglichst effiziente Zusammenführung verschiedener Fahrthanfragen unter Berücksichtigung des Kundenkomforts.

Service-Anbieter integrieren ihre über die eigentliche Mobilität hinausgehenden endkund*innen-nahen Dienste in das Service-Bundle und vice versa. Dies kann darin bestehen, dass eigene Dienste im Fahrzeug angeboten oder mit Routeninformationen verbunden werden, aber auch in der Integration von Mobilitätsdienstleistung in die eigene Service-Plattform.

Cloud-Betreiber sind dafür verantwortlich, dass die Verfügbarkeit von Daten und Rechenoperationen für die Abwicklung von Service-Diensten, Fahrtüberwachung aber gebe-

nenfalls auch von vernetzten Flotten- und Fahrmanövern robust und verlässlich zur Verfügung stehen.

Kommunikationstechnologie-Unternehmen garantieren dahingegen die stabile Kommunikations-Verbindung zwischen Fahrzeugen und Clouddiensten.

Die Marktpotenziale der verschiedenen Rollen und Akteure unterscheiden sich dabei je nach angedachtem Mobilitätskonzept, situativer (Verkehrs-)Infrastruktur, adressierten Nutzer*innengruppen und Anwendungsfällen sowie globalen Märkten und dortiger Rahmenbedingungen und Akteurs-Strukturen. Folgende Studie zeigt daher einen Ausblick auf realistische autonome Mobilitätskonzepte der nahen Zukunft.

Quo vadis Automobilbau? Blechklatscher oder Lösungsanbieter?

Autonome Mobilität ist dabei nicht nur durch das Auftreten neuer Akteure geprägt, sondern kann und muss langfristig vor allem auch den zunehmenden Verzicht des privat und individual genutzten Pkw bedeuten. 72 % der im Rahmen der Studie befragten Nutzer*innen können sich perspektivisch die Substitution des eigenen Fahrzeugs durch autonome Mobilitätslösungen vorstellen. Die befragten Expert*innen sind sich dagegen einig, dass erhoffte und gewünschte ökologische Nachhaltigkeitseffekte nur durch geteilt genutzte Fahrzeuge erwirkt werden können. Die konventionelle Automobilindustrie steht somit der Schwierigkeit gegenüber, ihre grundsätzlichen Geschäftsmodelle vom skalenorientierten Vertrieb von Fahrzeugen für Endkund*innen auf das B2B-Geschäft kleinerer Absatzmengen oder gar den eigenen Betrieb von Mobilitätslösungen umzustellen. Chancen und Potenziale einer Neupositionierung im Wettbewerb sind dabei stark vom jeweiligen regionalen Markt abhängig.

Europa: Ride Pooling als Basis hybrider Wertschöpfung

In Europa werden perspektivisch vor allem ÖPNV-orientierte, größere Peoplemover oder spezifizierte autonome Ride-Pooling-Vans erwartet. Da die Peoplemover sich deutlich vom Pkw unterscheiden und deren Betrieb hinsichtlich Anschaffung, Wartung, Operations- und Nutzer*innenzugang weitgehend in ÖPNV-Strukturen integriert wird, ergeben sich dort vorwiegend Chancen für Zulieferer bzgl. Automatisierungstechnologien sowie für Nutzfahrzeughersteller bzgl. des Vertriebs der Fahrzeuge. Aus Pkw-orientierter Sicht stellt dagegen der Ride-Pooling-Markt eine interessante Perspektive dar, der im Betrieb von vielen regionalen oder lokalen Anbietern durchgeführt wird, die jeweils sehr spezifische Fahrzeuge benötigen. Neben der individuellen und nutzer*innen- sowie betreiberorientierten Ausstattung der Fahrzeuge ergibt sich somit sowohl Potenzial bzgl. der technologieorientierten Auslegung der Strecken, Überwachung der Fahrzeuge, nutzungsabhängiger Vertriebsmodelle und der inkludierten Versicherung der Fahrzeuge über die Captives, als auch hinsichtlich der Überwachung derselben bei der Fahrt sowie dem Anbieten von Nutzer*innen-Apps als Whitelable-Lösungen. Automobilhersteller können so durch lösungsorientierte Bündelung der Aspekte und mittels der Einbindung

von weiteren, spezifizierten Akteuren in das eigene, neue zu schaffende Ökosystem ganzheitlicher Lösungsanbieter hybrider Leistungen zwischen Hardware-Vertrieb und Service-Geschäft für regionale Betreiber werden.

China: Fokussierung auf Stärken

Der chinesische Markt wird sowohl in Bezug auf neue Fahrzeugkonzepte als auch bezüglich Service-Plattformen stark von heimischen Akteuren dominiert. Aus dem in China stark ausgeprägten Kund*innenwunsch nach individueller Premiummobilität kann dahingegen den etablierten (Premium-)Herstellern von Automobilen die Chance eröffnet werden, auf ihren bestehenden Fähigkeiten aufzubauen und ihre komfort- und qualitätsorientierten Fahrzeugprodukte in Richtung autonomen Betrieb weiterzuentwickeln. Vorteilige Kernkompetenzen liegen dabei neben der qualitäts- und endkund*innenorientierten Denkweise auch in der grundlegenden Ausrichtung als Systemintegrator – so müssen sowohl die Clouddienste der Betreiber als auch die von lokalen Infrastrukturbetreibern zur Verfügung gestellten V2X-Informationen zur Erleichterung oder gar Ermöglichung der autonomen Fahrfunktionen homogen in Fahrzeug und Software integriert werden. Des Weiteren könnte das bestehende Aftersales-Service-Netz für privat genutzte oder geleaste Pkw hinsichtlich des Flottengeschäfts weiterentwickelt werden..

USA: Transformationspotenzial TaaS

In den USA ergibt sich aus dem Fehlen funktionierender ÖPNV-Strukturen eine Lücke bezüglich der Übernahme der Rolle des Mobilitätsanbieters. Heimische Service- und IT-Firmen haben sich diesbezüglich jedoch bereits stark positioniert und könnten perspektivisch Mobilitätsangebote in ihre Serviceplattformen integrieren. Unterstützung brauchen sie jedoch nicht nur in der Bereitstellung der Fahrzeuge, sondern auch bzgl. deren Wartung und Operations-Control. Hinsichtlich des Personenverkehrs erscheinen dabei verschiedene Fahrzeugkonzepte denkbar: vom einfachen Kleinfahrzeug über Komfortshuttle bis hin zu großen straßenbahnorientierten ÖPNV-Gefäßen, die voraussichtlich koexistieren werden. Die Marktattraktivität für etablierte Hersteller liegt dabei vor allem im Bereich der Komfortshuttle sowie bei Nutzfahrzeugherstellern auf dem Marktfeld der autonomen Kleinbusse. Zudem zeichnet sich bereits ein früher Markt in Bezug auf die autonome Langstreckenlogistik ab. Dabei ergibt sich die Chance für die Automobilhersteller, sich als vollständiger Transport-as-a-Service Provider zu positionieren, der autonome Lieferdienste anbietet und dabei neben der Fahrzeugbereitstellung auch deren Streckenauswahl sowie das Operations Control, gegebenenfalls auch den Betrieb und Wartung übernimmt oder diese von lokalen Truckflottenbetreibern zukaft, sodass der Logistik-Kunde, der Transport-Kontingente bucht, selbst nur die Zeitpunkte der An- und Ablieferung bestimmen muss.



THE AUTONOMOUS GAP

Z



Autonome Mobilität am Scheideweg?

“Self-driving cars will enable car sharing even in spread-out suburbs. A car will come to you just when you need it. And when you are done with it, the car will just drive away, so you won’t even have to look for parking.”

Bereits vor zehn Jahren hat Unternehmer und ehemaliger Google-Vizepräsident Sebastian Thrun die Vorteile autonomer Mobilität prägnant beschrieben (Thrun, 2011). Heute sind sie aktueller denn je: Autonome Mobilität wird als nächste Revolution der Automobilindustrie gesehen, die nicht nur uns als Fahrer*innen enorm beeinflusst, sondern auch den Verkehr, wie wir ihn heute kennen, transformiert (Lu et al., 2020; Kockelman et al., 2017; Zmud & Sener, 2017). Geteilte autonome Mobilität hat nicht nur das Potenzial, den individuellen Fahrzeugbesitz zu reduzieren und dadurch Emissionen einzusparen (Friedrich & Hartl, 2017). Sie kann Mobilität als Daseinsvorsorge gewährleisten und Gebiete anbinden, die momentan noch abgeschieden sind und keinen Anschluss an öffentliche Mobilitätssysteme haben (Walters et al., 2022). Vor allem im Logistiksektor erhofft man sich neue Geschäfts- und Betriebsmodelle, bei denen die steigenden Kosten für Fahrer*innen entfallen und Regulierungen eingehalten werden können (Willems, 2021). Vor zehn Jahren brach eine regelrechte Euphorie-Welle los, bei der sich sowohl die Automobilindustrie als auch IT-Konzerne in Ankündigungen zukünftiger autonomer Mobilitätskonzepte überboten und Start-Ups entstanden, die sich zum Ziel machten, das Wettrennen um die autonome Mobilität mit eigenen Technologieentwicklungen zu beeinflussen oder gar zu gewinnen. Dienstleistungsunternehmen aus dem Bereich Mobilität und Versandhandel stiegen in diese Projekte ein und erhofften sich eine baldige Optimierung bis hin zur Revolution ihrer eigenen Geschäftsmodelle. Privatwirtschaftliche Pilotprojekte und Testflotten wurden ebenso ins Leben gerufen wie internationale Testfelder. Nicht nur die Wirtschaft, sondern auch gesamte Länder schienen den Wettlauf gegeneinander aufgenommen zu haben.

“In the past I believed that the development and the purchase of renewable energy or smart cars were driven by government policies or industry or OEMs. But in the last two years it became clear that it is mainly driven by product design and user experience by the customers themselves.”

Hao Fei, CEO Banma Network Technologies

Etwa zehn Jahre später ist diese „R&D Power“ zwar nach wie vor zu spüren, autonome Mobilitätslösungen sind bisher aber nur unter sehr eingeschränkten Bedingungen im (prototypenhaften) Einsatz. In der Zwischenzeit beschäftigten sich Forschungs- und Entwicklungsarbeiten insbesondere mit den Anforderungen an autonome Konzepte vonseiten

potenzieller Nutzer*innen (Niculescu et al., 2017; Stegmüller et al., 2019; Woodman et al., 2019). Es existiert eine Reihe an Studien und Projekten, die sich auf die Idealvorstellung autonomer Mobilitätskonzepte und deren Ausgestaltung fokussieren. Diese Anforderungen stehen jedoch häufig im Widerspruch zu prognostizierten Einsatzzwecken und frühen von Expert*innen entworfenen Markteintrittsszenarien.

Die nachfolgende Studie setzt sich daher mit dieser Diskrepanz (dem Gap) zwischen Nutzer*innenseitigen Anforderungen und technischen sowie wirtschaftlichen Realisierbarkeitseinschätzungen von internationalen Expert*innen auseinander. Die identifizierten Gaps zwischen Anspruch und Realität geben Aufschluss darüber, welche Potenziale hinsichtlich tragfähiger Geschäftsmodelle im Bereich autonomer Mobilität existieren. Basierend auf einer groß angelegten, internationalen Onlinebefragung in den Märkten Europa, China und den USA mit einem bevölkerungsrepräsentativen Panel sowie der Validierung durch qualitative, internationale Expert*inneninterviews wurde analysiert, wo die Entwicklung der autonomen Mobilität heute steht, wie Zukunftspotenziale eingeschätzt werden, welchen Nachhaltigkeitsbeitrag sie leisten wird und an welchen Stellen ein Gap zwischen Vision, technischen Grenzen und kundenseitigen Anforderungen besteht. Aus den gewonnenen Erkenntnissen lässt sich ableiten, welche Konzepte interessante Zukunftspotenziale in den verschiedenen betrachteten Regionen aufweisen.

Autonome Mobilität im Jahr 2022

Autonome Mobilität ist eines der prominentesten wie auch kontroversesten Themen in der Diskussion über die Mobilität der Zukunft. Einer der Hauptgründe für das große gesellschaftliche Interesse ist dabei nicht nur der technologische Fortschritt an sich, sondern die Erwartung einer massiven Mehrwertgenerierung für Passagier*innen. Die autonome Mobilität wird das Erlebnis der Nutzer*innen maßgeblich steigern, da unterschiedlichste Bedürfnisse und Anforderungen des mobilen Menschen adressiert werden können. Die Bandbreite reicht dabei von allgemeinen Anforderungen wie Transport auf Abruf über Grundbedürfnisse, wie Essen, Trinken oder Schlafen während der Fahrt, Möglichkeiten der Interaktion, Kommunikation, Unterhaltung oder Informationswiedergabe bis hin zu höchst umfangreichen Angeboten für produktives Arbeiten oder körperliches Wohlbefinden (Becker et al., 2018; Dungs et al., 2016).

Aufseiten der Nutzer*innen ist eine neue Bedeutung von Mobilität durch Automatisierung absehbar. Der motorisierte Individualverkehr (MIV) wird sowohl für das Individuum wie auch gesamtwirtschaftlich teurer und (beginnend in den Innenstädten) zurückgedrängt werden. In der Folge wird die Notwendigkeit des Privatbesitzes gegenüber der bedarfsgerechten Nutzung von geteilten Mobilitätsangeboten zunehmend infrage gestellt.

Es bedarf zukunftsrobuster, strategischer Entscheidungen, um die notwendigen Entwicklungskompetenzen in den Unternehmen aufzubauen und die Hardware-, vor allem aber Software-Architektur heutiger Fahrzeuge mit Blick auf ihre zukünftige Anwendung kritisch zu überdenken. Das Marktumfeld traditioneller Unternehmen im Mobilitätssektor wird von neuen Wettbewerbern durchdrungen. Die Akteure müssen sich auf den Wandel bestehender Wertschöpfungsketten einstellen und infolgedessen den Bedarf alternativer Geschäftsmodelle und strategischer Partnerschaften rechtzeitig erkennen.

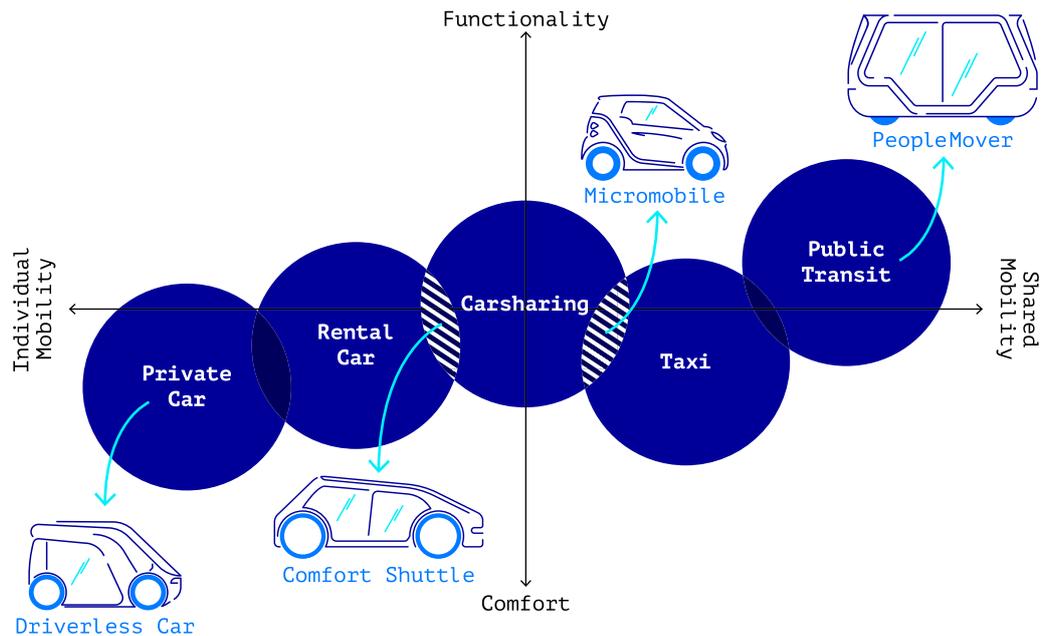


Abbildung 1: Beispiel der Klassifizierung autonomer Mobilitätskonzepte anhand der Ausstattung und des Einsatzzwecks (Stegmüller et al., 2019)

Wie in oben stehender Abbildung veranschaulicht, wandeln sich traditionelle Fahrzeugkonzepte zu ganzheitlichen Mobilitätskonzepten, bestehend aus Hardware (das eigentliche Fahrzeug) und Software (Mobilitätsdienstleistung im und um das Fahrzeug herum). Der Konsum von Mobilität wird digital innerhalb von Ökosystemen abgewickelt und organisiert. Das Fraunhofer-Institut konnte im Rahmen früherer Forschung bereits vier Stereotypen autonomer Mobilitätskonzepte für den Personentransport identifizieren. Diese unterscheiden sich einerseits anhand der Ausstattungsdimension und andererseits anhand ihres Einsatzes als privates oder geteiltes Fahrzeug. Dementsprechend ist das fahrerlose Auto als Konzept für die Individualmobilität mit einem entsprechend komfortablen Innenraum ausgestattet, wohingegen der für den Einsatz im ÖPNV vorgesehene Peoplemover primär auf Funktionalität im Fahrgastraum ausgelegt ist. Zudem wurden zwei Mischformen identifiziert, die sowohl für den exklusiven als auch den geteilten Einsatz vorstellbar sind. Das größere Komfort-Shuttle ähnelt dabei der Nutzung eines heutigen Mietwagens und das Mikromobil als besonders kleines Fahrzeug für den urbanen Raum dem heutigen Car Sharing (Stegmüller et al., 2019).

Autonome Mobilität ist jedoch nicht allein auf den Personentransport ausgerichtet. Auch im Bereich der Logistik gibt es vielversprechende Ansätze, insbesondere mit großem Potenzial für die Langstreckenlogistik auf Autobahnen oder Highways. Als wesentliche Kostenfaktoren der heutigen Logistikkette, können vor allem das Einsparen von Fahrpersonal oder auch die Unabhängigkeit von Arbeits- oder Lenkzeiten einen großen Gewinn darstellen. Ein Anwendungsgebiet ist das sogenannte Platooning, worunter man das semi- oder vollautomatisierte Folgen eines vorausfahrenden Fahrzeugs versteht (DHL Trend Research, N.A.; Volkswagen, 2019). Im semi-automatisierten Betrieb sorgt dies für eine Entlastung

der Fahrer*innen. Bei voll-automatisiertem Folgen fährt das Folgefahrzeug von selbst dem führenden Fahrzeug hinterher. Auf speziell dafür vorgesehenen Strecken, innerhalb einer ausgewiesenen ODD (Operational Design Domain), kann Logistik somit vollständig automatisiert abgebildet werden.

Der dargestellte Stand der Technik bildet die Grundlage der in dieser Studie angenommenen Potenziale, verteilt auf fünf autonome Fahrzeugkonzepte: VIP-Shuttle, Kleinstfahrzeug, Komfort-Shuttle, Peoplemover und Distributionslogistik. Eine Einordnung der Konzepte erfolgt in Kapitel 6.

Allgemeine technische Herausforderungen – lösbar, aber benötigen noch größere Entwicklungsaufwände

Für die objektive Planung autonomer Mobilitätssysteme muss jedoch auch der Stand der Technik im Auge behalten werden. Im Folgenden sind übergreifende Einschätzungen aus den Expert*inneninterviews dargestellt: Rechenkomplexität wird zwar als umfangreich, aber unproblematisch angesehen, vor allem unter Berücksichtigung der Entwicklung von Prozessorleistungen in den kommenden Jahren bis hin zum großflächigen Einsatz autonomer Mobilitätssysteme:

- Die Lokalisierung und Navigation der Fahrzeuge ist weitgehend gelöst oder kann, so nötig, punktuell durch externe Infrastruktur ergänzt werden.
- Größte Herausforderung liegt im Umgang mit dem Mischverkehr, insbesondere in Bezug auf das unvorhersehbare Verkehrsverhalten von Menschen.
- Eine wesentliche Herausforderung besteht dabei in der Lösung komplexer Verkehrssituationen unter Festhalten an einem grundsätzlich defensiven Verkehrsverhalten autonomer Fahrzeuge.
- Der Umgang mit schlechten Wetterbedingungen (bspw. Regen und Nebel) ist nach wie vor eine große Herausforderung, die noch weitgehend ungelöst ist.
- Fahrgast-Räume und die Rechner der Fahrzeuge müssen bei hohen Außentemperaturen gekühlt werden, was bei derzeitigen Batteriekapazitäten mit Einschränkungen der Reichweite und somit der Betriebszeiten verbunden ist. Vorteile entstehen für die Highway-Logistik, da für größeres Fahrzeuggewicht und Batteriekapazitäten selbiges Sensor- und Rechner-Set und keine Innenraumklimatisierung benötigt wird.
- Grundsätzlich werden die Herausforderungen für Highway-Trucks am geringsten gesehen, dennoch müssen ihre Sensoren und Algorithmen aufgrund des Gewichts und der resultierenden Bremswege und Manöverträchtigkeit vorausschauender ausgelegt werden als bei kleineren Fahrzeugen.

Zitat Automobilhersteller: „Größte Herausforderungen bestehen bei allem, was mit der Wahrnehmung und Berücksichtigung des Mischverkehrs zu tun hat.“

Zitat Automobil-Zulieferer: „Es ist teilweise verrückt, wie unvernünftig und unvorhersehbar Fußgänger auf unsere Pilotfahrzeuge reagiert haben, beispielsweise um das Fahrzeug zu stoppen, um noch mitfahren zu können.“

Zitat Automobil-Zulieferer: „Der Energieverbrauch der Technologie ist noch immens – bei warmem Wetter haben wir deutliche Einschränkungen in der Reichweite und damit bei der Betriebszeit der Fahrzeuge.“

Zitat Geschäftsmodellexperte: „Viele Start-Ups und Firmen sind auch deswegen in Kalifornien und dem Süden der USA unterwegs, da dort sehr stabile und gute Wetterbedingungen herrschen – die dort entwickelten Technologien und Algorithmen sind aber nur bedingt für den Einsatz bei schlechtem Wetter tauglich.“

Innerhalb der Studie wurden auch weitere Diskrepanzen zwischen Nutzer*innenerwartung und tatsächlicher Expert*inneneneinschätzung identifiziert, die auf den folgenden Seiten zusammengefasst sind.



4



Mind the Gap – Autonome Mobilität zwischen Anspruch und Realität

Ein Ziel dieser Studie war es, potenzielle frühe autonome Mobilitätskonzepte und Anwendungsfälle zu identifizieren, die sowohl aus Sicht der Nutzer*innen attraktiv und nachhaltig erscheinen, als auch der Reflektion von internationalen Expert*innen aus Technologie- und Mobilitätsunternehmen standhalten. Diskrepanzen zwischen Anforderungen vonseiten der Nutzer*innen und Facheinschätzungen durch Expert*innen wurden in Form von 7 Gaps aufgezeigt:

1. Subsidies Gap:

Die Kosten- und somit Wettbewerbsvorteile des ÖPNV (in Europa) sind aufgrund fehlender Subventionen für geteilte autonome Mobilitätskonzepte nicht erreichbar. Die unterschiedlichen Marktbedingungen erschweren die Chancen für Privatanbieter.

→ Weitere Informationen unter S. 43

2. Trust Gap:

Trotz der Tatsache, dass autonome Mobilität als „High Technology“ charakterisiert ist, vertrauen potenzielle Kund*innen bekannten Anbietern stärker als (digitalen) Technologieunternehmen, wenn es um den Betrieb autonomer Mobilitätsangebote geht.

→ Weitere Informationen unter S. 84

3. Expectation Gap:

Expert*innen prognostizieren Kostenvorteile durch die Kombination von Personen- und Gütertransport bei geteilter autonomer Mobilität. Nutzer*innen hingegen stehen einer solchen Doppelnutzung kritisch gegenüber und favorisieren einen separierten Transport.

→ Weitere Informationen unter S. 118

4. Intention Gap:

Die Befragten stehen einer Substitution des Privat-Pkw durch geteilte autonome Mobilität grundsätzlich sehr aufgeschlossen gegenüber. Jedoch ist der Anteil an Personen, die alle Pkw-Fahrten substituieren würden, deutlich geringer. Man kann daher von einer partiellen Substitution ausgehen. Expert*innen äußern Zweifel, inwieweit geteilte autonome Mobilität tatsächlich als MIV-Substitut fungiert oder lediglich als Ergänzungsangebot genutzt wird. In der Folge könnten sogar mehr Fahrten entstehen und das Verkehrsaufkommen steigen.

→ Weitere Informationen unter S. 44

5. Utilisation Gap:

Ein 24/7-Angebot bringt die Problematik mit sich, dass einige der getätigten Fahrten Leerfahrten sind. Eine Rund-um-die-Uhr-Versorgung senkt Effizienz- und Kostenvorteile aufgrund niedrigerer Auslastung.

→ Weitere Informationen unter S. 53

6. Business Model Gap:

Eine gesteigerte Mobilitätsversorgung durch geteilte autonome Mobilität wird insbesondere auf dem Land die größten positiven sozialen Effekte erwirken, da hier die Mobilitätssysteme (insb. ÖPNV) nicht hinreichend ausgebaut sind. Die Herausforderung solcher Geschäftsmodelle besteht im wirtschaftlichen Betrieb im ruralen Raum, da hier insgesamt eine geringere Anzahl potenzieller Kund*innen existiert. Entsprechend besteht für Betreiber das Dilemma zwischen der Erreichung eines maximalen sozialen Nachhaltigkeitseffekts und der Gewinnmaximierung.

→ Weitere Informationen unter S. 54, S. 84

7. Pay Price Gap:

Die Zahlungsbereitschaft für geteilte autonome Mobilität wird von potenziellen Nutzer*innen zwischen den Preisen für den ÖPNV und Taxi liegen. Expert*innen sind sich einig, dass der Betrieb eines geteilten autonomen Dienstes die Kosten heutiger, konventioneller Konzepte übersteigt. Es besteht Uneinigkeit darüber, welche Akteure (z. B. Kund*innen, Betreiber, öffentliche Hand) für die Mehrkosten geteilter autonomer Mobilität aufkommen sollen.

→ Weitere Informationen unter S. 41



THE AUTONOMOUS GAP

5



Close the Gap – ein realistischer Ausblick auf die autonome Mobilität im regionalen Vergleich



Die Relevanz der zuvor beschriebenen Gaps sowie der noch bestehenden Herausforderungen unterscheidet sich dabei von Region zu Region. Dabei gelten unter anderen Faktoren wie Nutzerakzeptanz und Besiedlungsstrukturen, Infrastrukturausbau und ÖPNV-Systeme, aber auch die klimatischen Bedingungen und das allgemeine Verkehrsverhalten als Aspekte, die die Attraktivität und Einsatzpotenziale verschiedener Konzepte beeinflussen. Im Folgenden wurden besonders interessante Entwicklungsrichtungen skizziert, die sich auf Basis der Erkenntnisse der Studie ableiten lassen, sowie ein Ausblick auf die Rolle verschiedener Akteure:

Europas Streben nach flächendeckender Mobilitätsversorgung

In Europa ist der Einsatz von kleinen autonomen Vans im Ride Pooling im Zusammenspiel mit und zur Erweiterung öffentlicher Mobilitätsangebote in Randzeiten oder für durch ÖPNV-Angebote nicht erschließbare Gebiete denkbar. Insbesondere in Bezug auf die ländliche Mobilität sind die Erwartungen aufseiten der Nutzer*innen sowie der Mobilitätsanbieter, aber auch die Notwendigkeit regionalspezifischer Lösungen, entsprechend hoch. Damit verbunden sind soziale Aspekte der Mobilitätsversorgung und ökologische in Bezug auf die Unterstützung der Verkehrswende durch das Bereitstellen geeigneter Alternativen zum Privat-Pkw. Hinsichtlich der Geschäftsmodelle klafft jedoch noch eine zu schließende Lücke – so sind die stärker frequentierten Innenstädte für Mobilitätsanbieter deutlich attraktiver als der ländliche Raum mit seinen längeren Fahrwegen und weniger Passagier*innen. Dabei kann der Betrieb nur im engen Zusammenspiel aus Landkreisen, Städten und Kommunen, ÖPNV-Betrieben sowie Schienenfernverkehren mit neuen Mobilitätsanbietern erfolversprechend konzipiert werden – neue Kooperationsmodelle, Verkehrsplanungsprinzipien und Werkzeuge zur Bewertung und Monetarisierung nachhaltiger Werte werden benötigt. Des Weiteren sind speziell im ländlichen Raum jedoch noch einige zusätzliche technologische Hürden zu bedenken. Zur Realisierung früher, streckenbasierter Anwendungsfälle benötigt es daher zunächst das Identifizieren konkreter potenzieller Einsatzstrecken unter Beachtung des örtlichen Mobilitätsbedarfs und gegebener (Technik-)Infrastruktur, wobei mit Blick auf stabile Wetterbedingungen der Süden Europas besonders geeignet wäre, denn die nördlicheren Regionen sind von zunehmendem Aufkommen von Nebel, Regen und Schnee geprägt, was in der Auswahl und Gestaltung der Anwendungsfälle berücksichtigt werden muss. Dem steht jedoch die im Süden Europas üblicherweise höhere Verkehrs-Komplexität und schlechtere Infrastrukturqualität gegenüber.

Implikationen für Akteure

Für **Automobilhersteller** ergibt sich die Chance, ihre Pkw-Kompetenzen im Bereich der Van-orientierten Ride-Pooling-Fahrzeuge einzubringen bzw. auf bestehende Plattformen aufzusetzen und dabei ihre Kompetenzen in Bezug auf die nutzerorientierte Gestaltung von Fahrzeuginnenräumen einzubringen. Potenziale ergeben sich dabei vor allem in der modularen Gestaltung von Fahrzeugen, um effizient eine große Bandbreite möglicher unterschiedlicher Set-Ups je nach Kundenwunsch aufbauen zu können. Für eine Vielzahl zu erwartender, oftmals auch eher kleinerer lokaler **Flotten-Betreiber** werden dabei vor allem auch angepasste Leasing- und Versicherungsangebote der Fahrzeughersteller eine Fokussierung auf ihr Kerngeschäft ermöglichen. Das **Operations-Control-Center** wird dabei entweder durch Verkehrsleitzentralen von (größeren) Kommunen abgewickelt oder für kleinere Flotten gegebenenfalls im Service-Geschäft ebenfalls von Automobilherstellern im Rahmen von gebündelten Centern betrieben, die mehrere Flotten parallel betreuen. Als **Mobilitätsanbieter** treten vorwiegend etablierte ÖPNV-Anbieter auf, die die autonomen Mobilitätsdienste auch in ihre Apps und Tarifgestaltung sowie Buchungsabwicklung integrieren, wobei sie auf White-Label-Lösungen zum Ride Pooling und der Fahrzeugorganisation aufsetzen, die je nach Angebot von mobilitätsspezifischen oder allgemeinen **Service-Anbietern** bereitgestellt werden. Die zugrunde liegenden Dienste der **Cloud-Betreiber** werden dabei voraussichtlich direkt von den Service-Anbietern gebucht oder sind in kommunale Strukturen und bestehende Partnerschaften integriert. **Kommunikationstechnologie-Unternehmen** werden dabei im Wesentlichen eine Rolle für den bewussten Ausbau der Netzabdeckung spielen und frühzeitig von Kommunen hinsichtlich der Planung von Verkehrsnetzen und deren Infrastrukturanforderungen eingebunden.

US-Amerikas Sehnsucht nach öffentlichen Mobilitätsangeboten

In den USA ist der Aufbau eines neuen ÖPNV-Systems als Alternative zum Privat-Pkw das zentrale Entwicklungsfeld für geteilte autonome Mobilität. So wünschen sich die Befragten etwa Mobilitätsangebote im Freizeitbereich und für das Pendeln zur Arbeit oder für die Fahrt zum Flughafen. Kleine autonome Busse auf einem dedizierten Streckennetz können hierbei ein frühes Lösungskonzept darstellen. Es müssen jedoch gegenüber dem Ride Hailing attraktive Preise angeboten werden – denkbar und von den Nutzer*innen akzeptiert sind kombinierte Geschäftsmodelle, etwa mit Restaurants oder Fluglinien, aber auch das Angebot entsprechender Services durch den Arbeitgeber. Vor allem im Norden der USA müssten hierzu jedoch die Wetterbedingungen (starker Schneefall im Winter) bedacht werden, wenn eine alljährliche Verfügbarkeit des Mobilitätsangebotes notwendig erscheint und keine Alternativen zur Verfügung stehen. Grundsätzlich würden neben den sozialen Effekten dabei insbesondere auch positive ökologische Effekte

eintreten, wovon die Nutzer*innen dann als Alternative zu ihrem Privat-Pkw profitieren würden. Technologisch kann vor allem im Fall größerer Gefäße ggf. auf Kooperationen mit Truckherstellern aufgesetzt werden, zumal die autonome Highway-Logistik in den USA als der voraussichtlich erste Anwendungsfall für autonome Fahrzeuge eintreten wird. Des Weiteren erlauben die Erfahrungen der Truckhersteller den Technologietransfer auf Kleinbusse. Perspektivisch kann sich aus dieser Zusammenarbeit auch die Überprüfung und Realisierung von autonomen Intercity-Bussen ergeben. Fernbusse sind zum einen ein bewährtes Verkehrsmittel in den USA, zum anderen ist auch das überregionale Schienenverkehrsnetz schlecht ausgebaut und unattraktiv. Autonome Intercity-Busse können somit lange Pkw-Fahrten oder inländische Flugstrecken substituieren und die Verkehrswende im Sinn ökologischer Nachhaltigkeitseffekte in den USA begünstigen.

Implikationen für Akteure

Für **Automobilhersteller** mit Nutzfahrzeugerfahrungen ergibt sich die Chance, neue Fahrzeugkonzepte im Bereich autonomer, kleinerer Busse zu definieren und diese Angebotslücke zu besetzen. Die urbanen Flotten werden dabei zwar zunächst in kleinerer Größe ausgerollt, können perspektivisch aber als Ersatz von ÖPNV-Strukturen große Ausdehnungen erreichen. In Kombination mit einer eher standardisierten, einfachen Ausstattung können dabei voraussichtlich in absehbarer Zeit ausreichende Stückzahlen für die etablierten Geschäftsmodelle des Nutzfahrzeug-Vertriebs erreicht werden. Gerade die Wachstumspotenziale der US-amerikanischen Flotten lassen diesen Markt für das Fahrzeugsegment attraktiver erscheinen als die EU oder China mit gut funktionierenden ÖPNV-Strukturen. Die Rolle der **Flotten-Betreiber** ist aufgrund schwacher ÖPNV-Arbeit und passiver Kommunen dabei aktuell noch unbesetzt, woraus sich Chancen für die Nutzfahrzeughersteller mit entsprechenden örtlichen Aftersales-Netzwerken ergeben, sich diesbezüglich zu positionieren. Denkbar ist aber auch der Markteintritt der Anbieter von Überland-Busfahrten oder auch das Aufkommen lokaler oder perspektivisch überregionaler Start-Ups, die dann wiederum starke Technologiepartner bräuchten. Die **Operations-Control-Center** könnten dabei ebenfalls von den -Betreibern, aber auch von der Automobilindustrie übernommen werden. Bezüglich der Rolle der **Mobilitätsanbieter** werden voraussichtlich privatwirtschaftliche Akteure proaktiv übernehmen, wobei abzuwarten bleibt, inwiefern sich die heimischen IT- und Service-Provider positionieren, die gerade vor allem im Bereich kleinerer Gefäßgrößen stark aktiv sind.

Denkbar wäre aber der Markteintritt der Überland-Busanbieter und eine Vernetzung mit ihren Inter-City-Strecken. Ebenfalls scheint das Aufkommen von lokalen Start-Ups denkbar, sofern attraktive Regionen und Städte nicht von weiteren Akteuren bereits bespielt werden. Für konkrete Strecken ist es ebenfalls denkbar, dass Drittunternehmen, wie große Arbeitnehmer- oder Flughafengesellschaften, auftreten, die konkrete Mobilitätsbedarfe ihrer Stakeholdergruppen abdecken wollen. Inwiefern **Service-Anbieter** ihre Angebote in entsprechende Mobilitätslösungen integrieren werden, bleibt abzuwarten. Es erscheint jedoch sinnvoll, sofern diese Akteure auch Dienste mit individuell genutzten Flotten und mit kleineren Gefäßgrößen anbieten. Die Rolle der **Cloud-Betreiber**, aber auch **Kommunikationstechnologie-Unternehmen** kann sich dabei als Kooperationsmodell mit den Betreibern herausbilden, um notwendige örtliche Infrastrukturen unabhängig von kommunalen Anstrengungen aufzubauen und robust zu betreiben.



Chinas Traum vom komfortablen Arbeitsweg in privater Atmosphäre

Unter den chinesischen Befragten zeigt sich eine klare Fokussierung auf den möglichst komfortablen Weg zur Arbeit und wieder zurück. Aufgrund der ausbleibenden ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitseffekte scheint dies zunächst eine fragwürdige Vision. Unter der Prämisse steigender Gehälter der Fahrer*innen in China und Berücksichtigung des Mobilitätsumfanges von Pendelfahrten kann dies aber ein wirtschaftlich attraktiver Anwendungsfall werden. Denkbar ist die Umsetzung auf spezifischen bzw. teilweise auch gesonderten Strecken, die Firmengelände und Bürogebiete mit Park & Ride-Parkplätzen oder Mobilitätshubs in Wohngebieten und Stadtrandbereichen verbinden. Dabei muss jedoch beachtet werden, welche Ziele und Mobilitätspläne die örtlich zuständigen Verwaltungen verfolgen, die ebensolche Konzepte als Lösungsansätze charakterisieren und fördern wollen, um das Verkehrsaufkommen zu reduzieren. Eine enge Zusammenarbeit von Städten und Kommunen mit Mobilitätsanbietern bereits bei der Planung neuer Quartiere oder Gewerbegebiete ist dabei der Schlüssel. Aufseiten der Unternehmen sollten dazu als Grundlage zunächst idealtypische Umsetzungsmodelle aufgezeigt werden, mit denen räumliche, verkehrliche, ökologische, aber auch soziale Effekte verbunden sind. Des Weiteren gilt je nach spezifischem Raum in China die Beachtung der anders als in Europa oder den USA vorkommenden Regenzeit und die Entwicklung passgenauer Strategien zur Bewältigung entstehender Herausforderungen als umsetzungskritisch. So muss gerade für das täglich notwendige Pendeln ein kontinuierlich verfügbarer Dienst gewährleistet werden oder situative Alternativen wie der ÖPNV mitgedacht werden. Da Wettereinflüsse von den technologie-versierten Expert*innen derzeit noch als große Herausforderung gesehen werden, sollten Technologiehersteller die Anforderungen für das autonome Fahren in der Regenzeit ermitteln und konkrete, robuste Lösungen entwickeln.

Implikationen für Akteure

Für traditionelle **Automobilhersteller**, vor allem aus dem Premiumbereich, ergibt sich bezüglich dieser Fahrzeuge die Chance, auf ihren aktuellen Fahrzeugkonzepten aufzubauen, woraus ihnen bzgl. Komfort und Luxus, aber ggf. auch Brand-Relevanz, ein Vorteil gegenüber neuen Akteuren erwächst. Dennoch müssen sie ihre Geschäftsmodelle stärker auf die Produktion geringerer Stückzahlen sowie den B2B-Vertrieb umstellen. Aus dem Premiumanspruch des Services aber auch der größeren Stückzahl der meist individuell genutzten Flotten entstehen für **Flotten-Betreiber** höhere Anforderungen in Bezug auf die Wartung und Reinigung der Fahrzeuge, sowie für die **Operations-Control** hinsichtlich des stabilen Betriebs, aber auch des schnellen, nutzer*innenindividuellen Eingreifens, gegebenenfalls auch bei kleineren Rückfragen und Meldungen. Bezüglich der **Mobilitätsanbieter** ergibt sich jedoch die Chance, Premiumabonnements mit

Endkund*innen oder auch Sonderverträge mit Dritten wie Restaurants oder Theater für Bundleangebote abzuschließen. **Service Anbieter** könnten ihre Dienste, bspw. bzgl. Entertainment, Kommunikation oder Shopping, nahtlos integrieren, da die Nutzer*innen ihre Zeit im Fahrzeug möglichst angenehm verbringen wollen. Denkbar wäre etwa eine Kooperation im Elektrounterhaltungsbereich mit Funktionen wie das automatische Vorschlagen einer situativ passenden Serienfortsetzung oder anderer Entertainment- oder Wellness-Angebote. Aus den entsprechend hohen Datenströmen für entsprechende Inhalte, aber auch für den stabilen Betrieb der voraussichtlich fahrenden Fahrzeuge ergibt sich ein hoher Bedarf, aber auch eine hohe Notwendigkeit der stabilen Verfügbarkeit für die Dienste von **Cloud-Betreibern** und **Kommunikationstechnologie-Unternehmen**. So könnte die zweite Gruppe insbesondere in Bezug auf den straßenweisen Auf- und Ausbau von dedizierten, stabilen Kommunikationsnetzen in die Planung von Mobilitätssystemen einbezogen werden.

Ausblick: geteilte autonome Mobilität ist auf dem Weg

THE AUTONOMOUS GAP

Die aufgeführten Konzepte zeigen die vielfältigen Einsatzpotenziale geteilter autonomer Mobilität sowie die Heterogenität der Märkte in Bezug auf Wünsche der Nutzer*innen, Geschäftsmodelle und Rahmenbedingungen. Unter den Expert*innen herrscht weitgehend Konsens, dass zum einen die technologischen Herausforderungen gelöst werden können, dies jedoch stark abhängig von den gegebenen Bedingungen (z.B. Verkehr, Wetter, Infrastruktur) ist, sodass zum anderen ein flächendeckendes autonomes Fahren noch in weiter Ferne liegt.

„[...] Mixed Operations sind natürlich wirklich schwierig, weil man für alle Eventualitäten gerüstet sein muss [...]. Das sind genau diese unvorhersehbaren, zufälligen Situationen, die das Ganze schwer machen.“

Dr. Jan Becker, CEO & Gründer von Apex.AI

Umso mehr zeigt sich, dass autonome Mobilitätskonzepte nicht als generisches Angebot, sondern mit Bezug auf dedizierte Anwendungsfälle gedacht und entwickelt werden müssen. Dabei sollten Geschäftsmodellexpert*innen, Technologien, Mobilitätsanbieter und politische Stakeholder bereits in frühen Konzeptphasen einbezogen werden, um



**Logistik:
Schlüssel Kostenkalkulation**



Gegenüber-
stellung von
ODD, Technik
und Kosten



Schaffung
einheitlicher
Rahmen-
bedingungen



Aktuell kein durchgängiger
Rechtsrahmen in US-Bundesstaaten



**USA:
Chance auf einen besseren ÖPNV**



Ermittlung
geeigneter
Strecken für
zeitnahen
Betrieb



Ggf.
Ausbau und
Befähigung von
attraktiven
Strecken



Aktueller Fokus vorwiegend
auf privatwirtschaftlichen
Pkw-Flotten in USA



**EU:
Anbindung ländlicher Gebiete**



Ermittlung der
Anforderungen,
Möglichkeiten
und (Technik-)
Kosten



Tarifliche und
planerische
Integration bzgl.
ÖPNV und Bahn



Tendenz heute stark in
Richtung innerstädtischer,
tragfähiger Angebote



**China:
Komfortables Premium-Pendeln**



Analyse von Städten
bzgl. gebündelter
Pendelbedarfen



Analyse, ob und
wo individuelles
Pendeln sinnvoll



Fraglich, inwiefern von
chinesischer Politik gestützt,
ggf. Fokus eher auf Shuttle

Abbildung 2: Chancenreiche Use Cases, Voraussetzungen
und Hemmnisse in den Regionen

Abhängigkeiten zu identifizieren und diese im Anschluss als ganzheitliches Angebot gestalten zu können. Geteilte autonome Mobilität wird vielfältig werden und punktuell schon bis Ende des Jahrzehnts in tragfähigen Geschäftsmodellen in ausgewählten, urbanen Gebieten zu erleben sein. Nachhaltigkeitseffekte sind dabei zunächst im sozialen Bereich zu finden, die aus einer verbesserten Mobilitätsversorgung resultieren. Langfristig kann genau dieses verbesserte, öffentliche Angebot dazu führen, dass Menschen ihren Privat-Pkw weniger oder sogar gar nicht mehr benötigen, was wiederum die Verkehrswende insgesamt unterstützt und langfristig erhebliche positive ökologische Nachhaltigkeitseffekte bewirkt.

Für den Weg hin zu einer nachhaltigen autonomen Mobilität lassen sich dabei Handlungsempfehlungen für alle beteiligten Stakeholder-Gruppen formulieren:

Technologieanbieter und Zulieferer:

- Verbesserung der Sensoren und Absicherungsmechanismen hinsichtlich einer Robustheitssteigerung der Fahrfunktionen (bspw. bzgl. Wetter).
- Konzeption, Erprobung und Festlegung von Strategien, Algorithmen und Technologien zum Umgang mit gemischtem Verkehr in Bezug auf die Unregelmäßigkeiten und Unvorhersehbarkeiten des Handelns menschlicher Verkehrsteilnehmer.
- Entwicklung energiesparender und wärmeresistenterer Sensoren, Chips und Rechnerarchitekturen.

Automobilhersteller:

- Gestaltung einer Bandbreite geeigneter Fahrzeugkonzepte für verschiedene Szenarien an Gefäßgrößen, Betreiberkonzepte und Nutzer*innenbedürfnisse.
- Aufbau von Produktions- und Vertriebsmodellen für ÖPNV-orientierte Fahrzeuge.
- Idealtypische Klassifizierung von urbanen und ruralen Strukturen hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten und Hürden diverser autonomer Mobilitätskonzepte.

Mobilitätsanbieter:

- Kalkulation von Geschäftsmodellkonzepten unter expliziter Berücksichtigung von anfallenden Technologiekosten und der Robustheit der Dienstverfügbarkeit konkreter Anwendungsfälle.
- Ermittlung von kooperativen Planungs- und Betriebsmodellen mit Kommunen und ÖPNV-Anbietern für die Gestaltung autonomer Mobilitätsangebote.
- Entwicklung von gebündelten Geschäftsmodellen mit Beteiligung Dritter wie bspw. Flughäfen, Eventagenturen und Arbeitnehmern.

IKT- und Service-Unternehmen:

- Bereitstellung hoch-robuster Clouddienste für sicherheitskritische Mobilitätsanwendungen sowie Ausbau und Gewährleistung der nötigen Bandbreiten und Netzabdeckungen.
- Integration von Mobilitätsdiensten in eigene Software-, Plattform- und Technologie-Infrastrukturen.
- Bereitstellung der eigenen Dienste über definierte Schnittstellen zur Ermöglichung der Integration in Fahrzeugarchitekturen.

Politische und kommunale Akteure:

- Vorbereitendes, frühzeitiges Bedenken und Integrieren entsprechender, die autonome Mobilität unterstützender infrastruktureller Maßnahmen in Planungsprozesse für Quartiere und Verkehrsnetze sowie von Infrastrukturmaßnahmen.
- Proaktive Bereitstellung der notwendigen Rahmenbedingungen für den Einsatz autonomer Fahrzeuge und zur Ermöglichung von symbiotischen Service-Modellen von öffentlicher Hand und Privatwirtschaft.
- Mitdenken und proaktives Planen der Anbindung von privatwirtschaftlichen Geschäftsmodellen an ÖPNV-Netze, -Tarife und -Infrastrukturen.

Nutzer*innen:

- Offenheit für das Erproben von neuen, autonomen, aber auch geteilt-genutzten Mobilitätsangeboten sowie Hinterfragung der Notwendigkeit des eigenen Pkws in Abhängigkeit bestehenden Mobilitätsangeboten, insbesondere, wenn die Situation auftritt, dass ein Fahrzeug ersetzt oder neu angeschafft werden muss.
- Partizipatives Einbringen von entsprechenden Bürger- und Arbeitnehmerschlägen zur Einrichtung und Inbetriebnahme konkreter Streckenvorschläge in die kommunale Mobilitätsplanung oder die betrieblichen Mobilitätskonzepte von Arbeitgebern.

THE AUTONOMOUS GAP





**Wie nachhaltig
kann geteilte
autonome Mobilität
tatsächlich sein?**

Autonome Mobilitätssysteme können nur dann erfolgreich implementiert werden, wenn dem Handlungsprinzip der Nachhaltigkeit Folge geleistet wird. Dies beinhaltet eine holistische Betrachtung der drei Nachhaltigkeitssäulen: der ökonomischen, der ökologischen sowie der sozialen Nachhaltigkeit. Der Triple Bottom Line-Ansatz vereint genau diese und gewährleistet so Nachhaltigkeit unter Berücksichtigung aller drei Dimensionen (Mayer, 2020). Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die untersuchten idealtypischen Fahrzeugkonzepte und zeigt deren Nachhaltigkeitspotenziale auf.

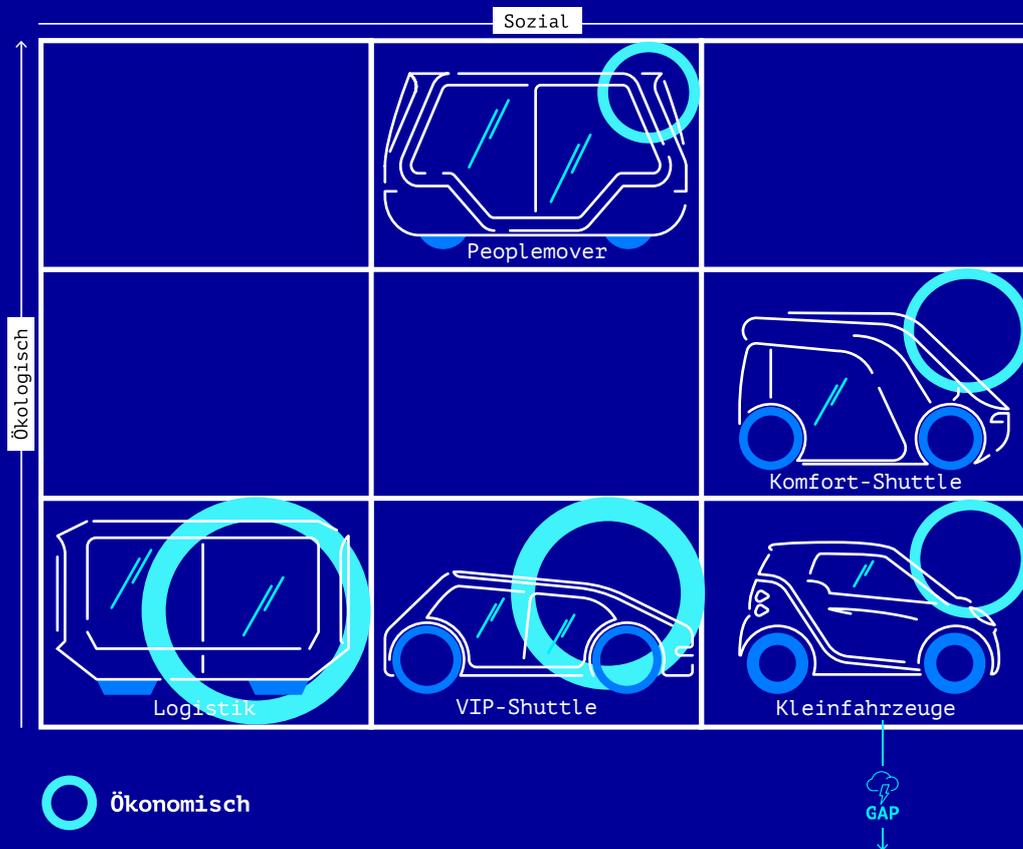
Vom Robo-Cab zur Robo-Gap: Inwieweit kann autonome Mobilität Nachhaltigkeitspotenziale ausschöpfen?

Als vor etwa zehn Jahren das autonome Fahren als Innovationsthema und zukünftiger Markt auftauchte, verbreitete sich in Pilotprojekten und Visionen vor allem die Idee von kleinen, urbanen Fahrzeugen, die Menschen zeitlich und räumlich flexibel in städtischen Gebieten transportieren. Man erhoffte sich dabei sowohl ökologische und soziale Nachhaltigkeitseffekte als auch umsatz- und renditenstarke Geschäftsmodelle. Die damaligen Prototypen von Kleinstfahrzeugen sind inzwischen wieder verschwunden. Im Rahmen dieser Studie zeigt sich, dass zum einen das Interesse der Nutzer*innen für solche Kleinstfahrzeuge nur bedingt vorhanden ist. Zum anderen wird aufgezeigt, dass versprochene Nachhaltigkeitswirkungen kaum umgesetzt werden.

“Sustainability is important but the most important target for stakeholders is industrial leadership, not sustainability. Global leadership is preferred but difficult to be significant outside China for local players and for US players in China”

Investment Manager, global Growth-Stage VC

Ökonomische Effekte werden vor allem in Bezug auf die Reduktion der Fahrer*innenkosten und damit verbunden auf die Attraktivitätssteigerung der Dienste durch die Ermöglichung kleinerer, flexibler Gefäßgrößen sowie einer Rund-um-die-Uhr-Verfügbarkeit zurückgeführt werden. Die ökonomischen Potenziale sind insofern von der allgemeinen Verfügbarkeit von Fahrer*innen (vor allem bzgl. Trucks in den USA), der Entwicklung der Fahrer*innensitze (vor allem in China) als auch in Hinblick auf die Reglementierung von Fahrdienstleistungen, deren Arbeitsbedingungen (vor allem in der EU) und deren Entwicklung abhängig.



Urbaner Zweisitzer a la "Google-Ei": GAP aus Experteneinschätzung: Eher spätere Ergänzung von Flotten aufgrund von Technikkomplexität für Free-Floating, geringe ökologische Effekte und Preispotenziale



Ökonomische Nachhaltigkeit: meist eher unattraktiv für privatwirtschaftliche Geschäftsmodelle



Soziale Nachhaltigkeit: frühzeitig hohe Effekte mit großer Auswirkung



Ökologische Nachhaltigkeit: Effekte entfalten sich erst nach der Verkehrswende

Abbildung 3: Nachhaltigkeitspotenziale

Ökologische Effekte werden nur dann erreicht, wenn eine Substitution privat genutzter Pkw erreicht wird, d.h. in Form von geteilt genutzten Fahrzeugen. Hinreichendes Potenzial besteht hier bereits, insbesondere Pendelverkehre können betroffen sein. Diese Effekte können jedoch nur eintreten, wenn tatsächlich eine Fahrzeugreduktion erfolgt. Das betrifft neben dem Angebot entsprechender Lösungen auch die Förderung durch Kommunen und Politik sowie die breite Annahme der Nutzer*innen.

Soziale Effekte zeigen sich besonders bei der Gewährleistung von flächendeckender Mobilität und Schaffung einer Daseinsvorsorge. Die fehlende Abdeckung mobilitätsschwacher Regionen zeigt große soziale Wirkungspotenziale für autonome Mobilität, ist jedoch aufgrund der herausfordernden technischen Umsetzung sowie geringerer Nachfrage kein attraktiver Use Case für einen frühen Markteintritt.

In Bezug auf die **Konkurrenzfähigkeit** geteilter autonomer Mobilität muss ein Preiskampf gegen Ride-Hailing-Dienste oder subventionierte ÖPNV-Angebote angenommen und gewonnen werden. Dabei muss die Abwägung zwischen einfacheren stations- und streckenbasierten Diensten oder eines komplexeren Door-2-Door-Angebotes vorgenommen werden. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte scheint insbesondere das Konzept der urbanen Kleinfahrzeuge eher eine langfristig ergänzende, auf situative Individualmobilität ausgelegte Zusatzlösung, als die grundlegende Technologie stadtweit ausgerichteter Flotten, die einen Großteil der Personenmobilität abdecken und eine zeitnahe Lösung urbaner Verkehrsprobleme darstellen. Akteure, die vorwiegend in diesem Marktfeld tätig sind oder sein wollen, sollten somit genau überlegen und identifizieren, für welche konkreten Use Cases diese Dienste wirtschaftlich angeboten werden können. Grundsätzlich muss die Planung des Geschäftsmodells dabei in enger Abstimmung mit der Festlegung der konkreten ODD und unter Berücksichtigung der daraus resultierenden Technologiekosten vorgenommen werden. Der breite landesweite Rollout von Flotten scheint daher nicht attraktiv. Als Grundlage zur frühzeitigen, möglichst objektiven Bewertung der Potenziale denkbarer Mobilitätskonzepte werden im Folgenden nochmals übergreifende Erkenntnisse zu den verschiedenen Nachhaltigkeits-Dimensionen genauer vorgestellt.

Ökonomische Nachhaltigkeit als Grundlage tragfähiger Geschäftsmodelle

Die ökonomische Dimension beinhaltet die Sicherung von Geschäftsmodellen und einer langfristigen Nachfrage, die Erhöhung der Wertschöpfung und des Mehrwerts für alle Akteure, eine effiziente Erfüllung von Kund*innenbedürfnissen sowie die Entfaltung eines hohen Innovationspotenzials entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Mayer, 2020).

Preiserwartungen orientieren sich am ÖPNV

- Durch den Wegfall von Fahrpersonal in autonomen Fahrzeugen können grundsätzlich kostengünstigere Fahrpreise angeboten werden. Laut Expert*innen sind hierbei Preise möglich, die sich am ÖPNV oder sogar günstiger orientieren.
- Über alle Ländergrenzen hinweg erklärt der Großteil der Befragten eine Zahlungsbereitschaft für autonom fahrende Fahrzeuge auf einem äquivalenten Niveau zu aktuellen ÖPNV-Tarifen.
- Knapp ein Viertel der Befragten ist sogar bereit, mehr für ein geteilt autonom fahrendes Fahrzeug auszugeben als für den ÖPNV.
- Geteilte autonome Mobilität kann der Gesamtbevölkerung zu einem ÖPNV-Preisniveau verfügbar gemacht werden (soziale Nachhaltigkeit).
- **Pay Price Gap:** Die Zahlungsbereitschaft für geteilte autonome Mobilität wird von potenziellen Nutzer*innen zwischen den Preisen für den ÖPNV und Taxi liegen. Expert*innen sind sich einig, dass der Betrieb eines geteilten autonomen Dienstes die Kosten heutiger konventioneller Konzepte übersteigt. Es besteht Uneinigkeit darüber, welche Akteure (z. B. Kund*innen, Betreiber, öffentliche Hand) für die Mehrkosten geteilter autonomer Mobilität aufkommen sollen.

Im Vergleich zur gleichen Strecke im **ÖPNV (Bus/Bahn)** würde ich für ein geteiltes autonom fahrendes Fahrzeug ...

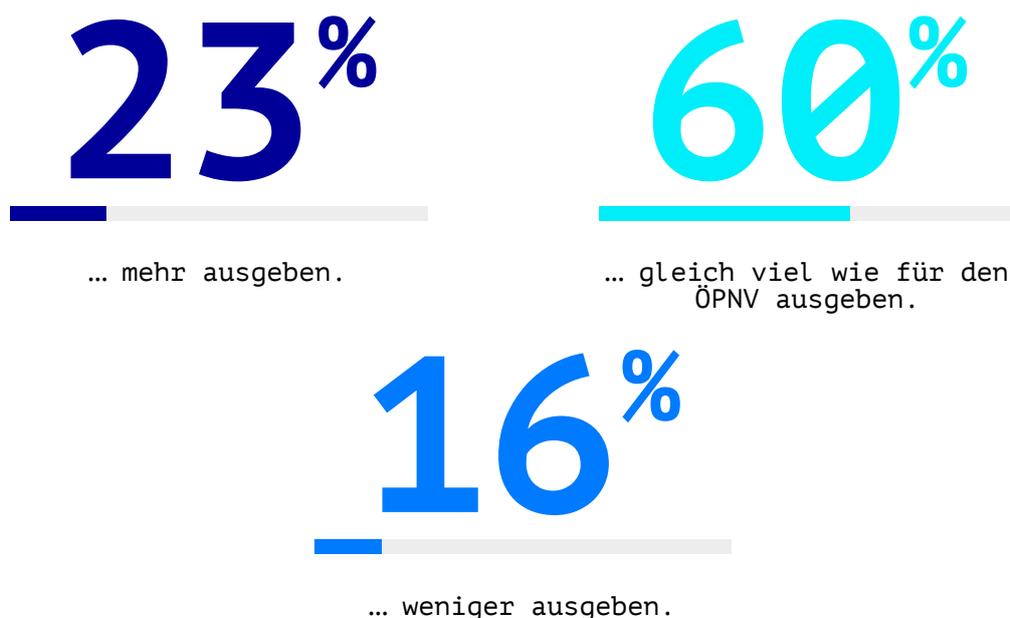


Abbildung 4: Preisbereitschaft geteilt autonom fahrendes Fahrzeug im Vergleich zum ÖPNV
n=4.868

Welche **Angebote** oder **Veranstaltungen** würden für Sie an Attraktivität gewinnen, wenn gegen **geringen Aufpreis** auch eine **Fahrt** mit einem geteilten **autonom fahrenden Fahrzeug** enthalten wäre?

30%

30%



29%



Abbildung 5: Kooperationsmöglichkeiten mit geteilt autonom fahrenden Fahrzeugen
n=4.868

Wirtschaftlichkeit durch Allianzen, Verbünde & Kooperationen

Bei der Analyse von Angeboten und Veranstaltungen, die durch eine Kooperation mit autonomen Mobilitätsangeboten an Attraktivität gewinnen würden, stellen sich vor allem die drei folgenden Szenarien als erfolgsversprechend heraus:

- Knapp ein Drittel der Befragten sieht in der Kombination mit Flugtickets den größten Attraktivitätsgewinn und würde für das Zubringen bzw. Abholen vom Flughafen mittels geteilter autonomer Mobilität einen (geringen) Aufpreis bezahlen („Cab & Fly“).
- „Drink & Drive“ beschreibt die Zusammenarbeit von Restaurants und Bars mit geteilten autonomen Mobilitätsangeboten, die dabei als Zubringer agieren und die Privat-Pkw-Nutzung überflüssig machen.
- Unter „Culture Shuttle“ wird geteilte autonome Mobilität als Zubringer zu Kulturveranstaltungen, wie beispielsweise Konzerte oder Theater verstanden, für den die Nutzer*innen einen Mehrpreis bezahlen würden.

Ökonomische Wertschöpfung durch Kooperationen – Expert*innen warnen vor ÖPNV-Kannibalisierung

- Die Expert*innen sehen in Kooperationsmodellen grundsätzlich Potenzial für tragfähige Erlösmodelle. Branchenübergreifende Allianzen eröffnen neue Märkte und Zielgruppen, die ebenfalls von der Zusammenarbeit profitieren können. Die Gesamtwertschöpfung kann profitieren.
- **Subsidies GAP:** Dennoch wird deutlich, dass geteilte autonome Mobilität und Kooperationen nicht in Konkurrenz zum ÖPNV treten sollten, wenn sie privatwirtschaftlich betrieben werden sollen – die Kosten- und somit Wettbewerbsvorteile des ÖPNV sind aufgrund von Subventionen für geteilte autonome Mobilitätskonzepte nicht erreichbar.
- Neben dem eigentlichen Betrieb der Mobilitätsdienstleistung müssen noch weitere Kosten für Besitz und Wartung der Fahrzeuge sowie der Betrieb von Operationszentralen einbezogen werden. Kooperationen mit Akteuren, die entsprechende Prozesse schon heute in ihre Tätigkeiten integriert haben (z. B. Verkehrszentralen, Autovermietungen, ÖPNV-Depots), werden ökonomisch wie strategisch relevant.
- Grundsätzlich gilt der ökonomisch tragfähige Betrieb autonomer Mobilitätsangebote dabei als Zukunftsszenario, bei dem noch unklar ist, wie schnell und zu welchen Kosten die technologischen Herausforderungen für einen robusten Fahrbetrieb gelöst werden können.
- Investierende Firmen müssen daher Durchhaltevermögen/Ausdauer und genügend Kapital sowie eine langfristige Strategie mitbringen.

Ökologische Nachhaltigkeit als Eckpfeiler einer klimaneutralen Zukunft

Unter ökologischer Nachhaltigkeit wird ein verantwortungsvoller Umgang mit natürlichen Ressourcen, die Bewahrung von Ökosystemen sowie die Reduktion von Treibhausgasen verstanden (Mayer, 2020). Es wird das Ziel verfolgt, langfristig nur so viele Ressourcen zu verbrauchen, wie in derselben Periode reproduzierbar sind bzw. nachwachsen (Brickwedde, 2010). Ökologisch nachhaltige Mobilität ist ein zentraler Baustein, um den klimatischen Herausforderungen unserer Zeit zu begegnen. Kernpunkte einer erfolgreichen Verkehrswende zur Erreichung der Klimaziele 2030 sind die Reduktion des MIV und der Gesamtmenge an CO₂-Emissionen und Schadstoffen. Wir zeigen im Folgenden, inwieweit geteilte autonome Mobilität einen positiven ökologischen Nachhaltigkeitsbeitrag leisten kann.

Game Changer für den Pkw – 72% der Autobesitzer*innen können sich Substitution vorstellen

- Es existiert länderübergreifend eine hohe Bereitschaft für den Verzicht auf den eigenen Pkw. Insgesamt geben knapp 72 % der befragten Pkw-Besitzer*innen an, sich die vollständige Substitution durch autonome Mobilitätsangebote vorstellen zu können.
- Die Befragten in Polen stehen einer Substitution des Privat-Pkw durch autonome Fahrzeuge am positivsten gegenüber. Teilnehmer*innen aus den USA lehnen einen Pkw-Verzicht hingegen am stärksten ab.
- **Intention Gap:** Die Befragten stehen einer Substitution des Privat-Pkw durch geteilte autonome Mobilität grundsätzlich sehr aufgeschlossen gegenüber. Jedoch ist der Anteil an Personen, die alle Pkw-Fahrten substituieren würden, deutlich geringer. Man kann daher von einer partiellen Substitution ausgehen. Expert*innen äußern Zweifel, inwieweit geteilte autonome Mobilität tatsächlich als MIV-Substitut fungiert oder lediglich als Ergänzungsangebot genutzt wird. In der Folge könnten sogar mehr Fahrten entstehen und das Verkehrsaufkommen steigen.

72%



... der Befragten können sich vorstellen,
den privaten Pkw zu ersetzen.

Könnten Sie sich vorstellen, komplett auf einen eigenen Pkw
zu verzichten, wenn sich autonom fahrende Fahrzeuge etabliert
haben, die Ihren Erwartungen entsprechen?

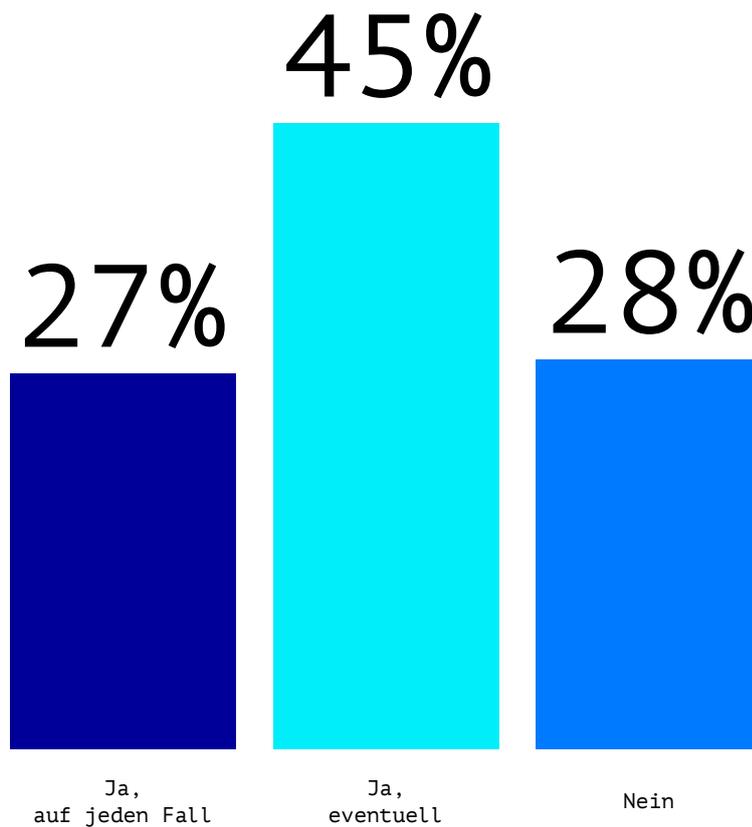


Abbildung 6: Pkw-Substitution durch geteilte autonome Mobilität
n=4.016 (Pkw-Besitzer*innen)

Welche dieser Fahrten wären generell geeignet, um sie mit einem geteilten autonom fahrenden Fahrzeug zu ersetzen?
(Mehrfachnennung möglich)

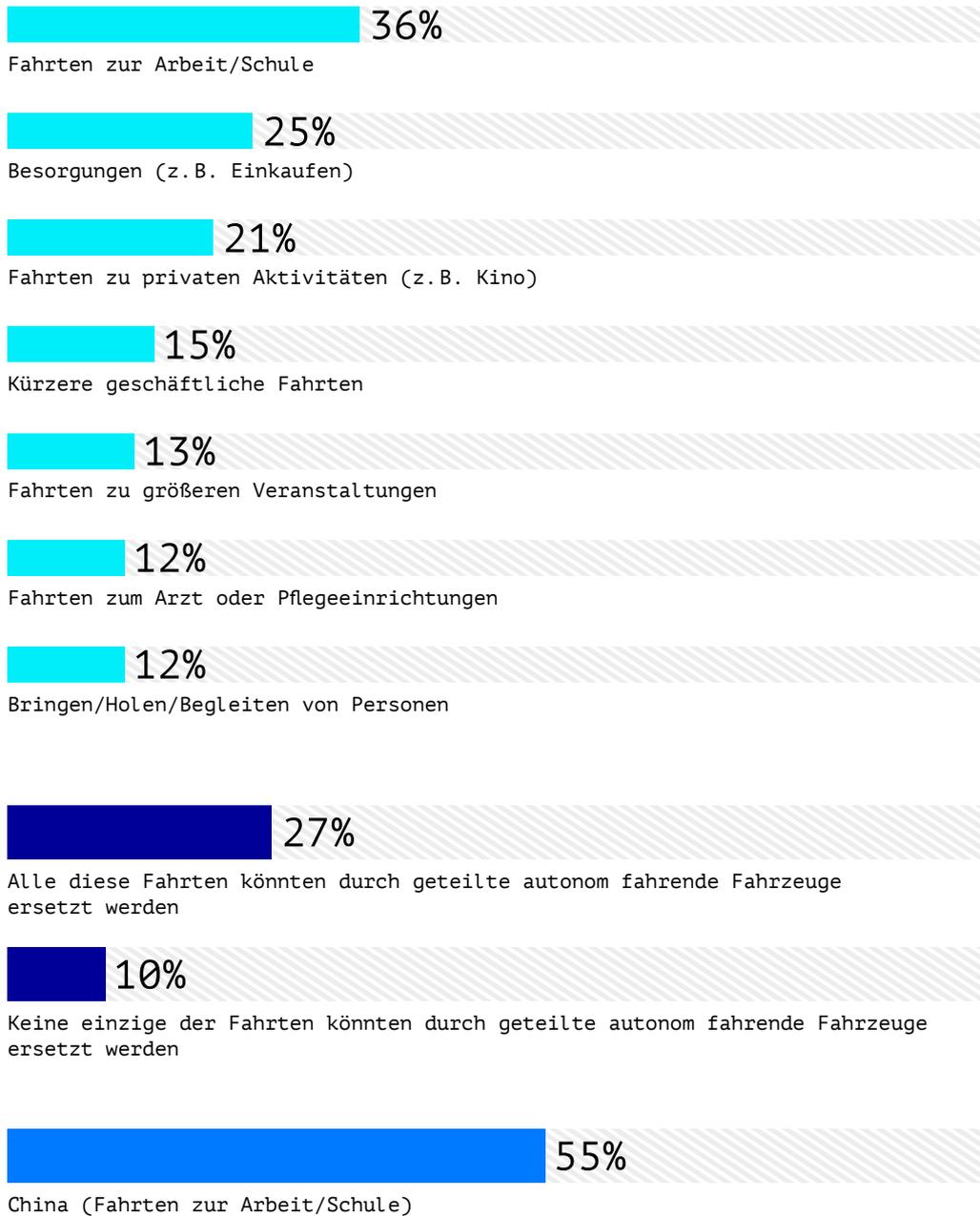


Abbildung 7: Substituierte Pkw-Fahrten durch geteilte autonome Mobilität
n=4.016 (Pkw-Besitzer*innen)

Pendlermobilität zukünftig geteilt & autonom – vor allem in China

- Über alle Länder hinweg zeigt sich, dass die am häufigsten getätigten Fahrten Pendelstrecken (Arbeit/Schule) sind. Diese werden länderübergreifend als relevantester Substitutionszweck angegeben.
- Insgesamt bewerten insbesondere die arbeitenden Generationen die Substitution von Pendelfahrten als besonders relevant.
- Insbesondere in China zeigt sich eine ausschließlich zweckbezogene Substitution von Pkw-Fahrten hinsichtlich Pendelstrecken zur Arbeits- oder Ausbildungsstätte. Dem stimmen mehr als die Hälfte der befragten Chines*innen zu. Nur knapp 18% sehen ein Potenzial darin, alle Privat-Pkw-Fahrten durch geteilte autonome Mobilität zu substituieren.

Größtes Substitutionspotenzial aller Fahrten in Europa bei Italiens "Heavy-Substituierer*innen"

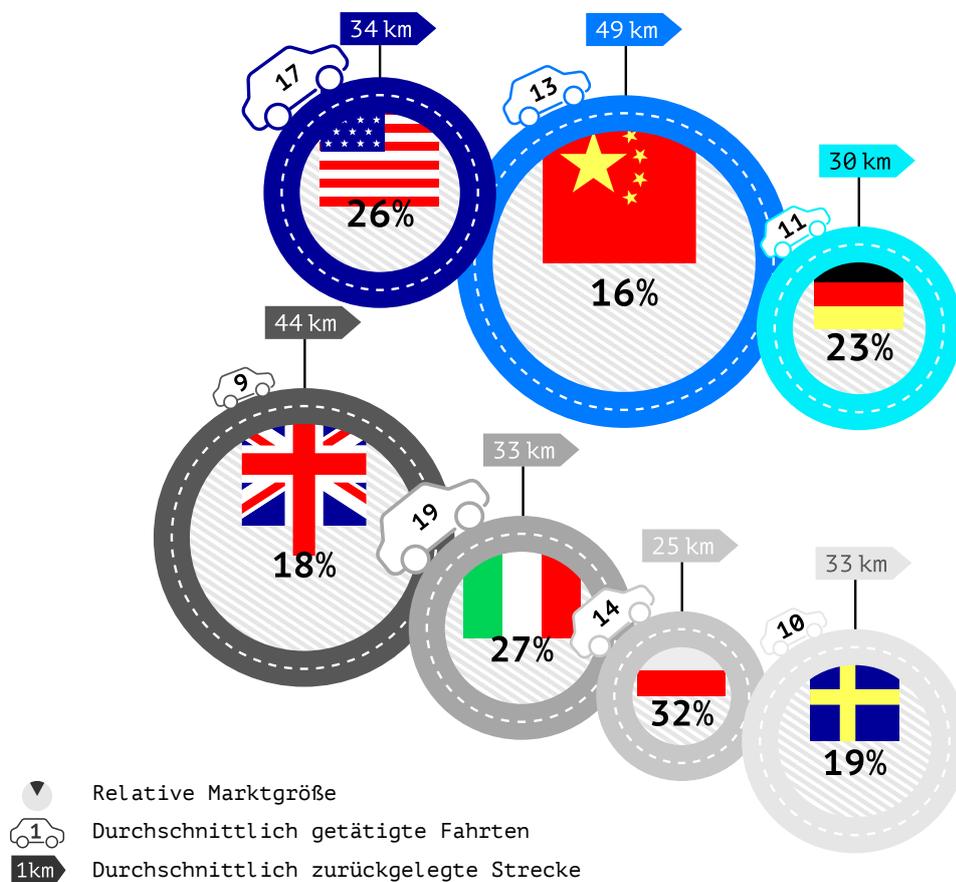


Abbildung 8: Heavy-Pkw-Substituierer*innen

- Bei der Betrachtung der Anzahl an sogenannten „Heavy-Substituierer*innen“¹ innerhalb eines Landes wird deutlich, dass in Polen, Italien und den USA jeweils mehr als ein Viertel der Befragten dazu bereit wäre, alle Pkw-Fahrten durch autonome Mobilitätsangebote zu ersetzen.
- Aufgrund des stark zweckbezogenen Substitutionspotenzials in China fällt die Bewertung an „Heavy Substituierer*innen“ tendenziell gering aus. Dies sollte aufgrund des generell hohen Substitutionspotenzials – zwar nicht für alle Pkw-Fahrten, aber insbesondere für Pendelstrecken – bei strategischen Marktentscheidungen Berücksichtigung finden.
- Am häufigsten fahren Heavy-Substituierer*innen in Italien (durchschnittlich knapp 19 Fahrten pro Woche) und den USA (durchschnittlich mehr als 17 Fahrten pro Woche). In diesen Märkten können Heavy-Substituierer*innen auch als Vielfahrer*innen charakterisiert werden: Sie fahren nicht nur im Ländervergleich häufiger, sondern auch innerhalb der Märkte häufiger als die Gesamtbevölkerung (Italien: 18 Fahrten pro Woche, USA: 15,5 Fahrten pro Woche).
- Die durchschnittlich längste zurückgelegte Strecke pro Woche sehen wir in China mit knapp 49 km. Im europäischen Vergleich fällt auf, dass im UK mit mehr als 44 km die längsten Strecken absolviert werden. Die Heavy-Substituierer*innen in Polen legen hingegen knapp 20 km weniger für eine durchschnittliche Strecke (und damit am wenigsten im Marktvergleich) zurück.

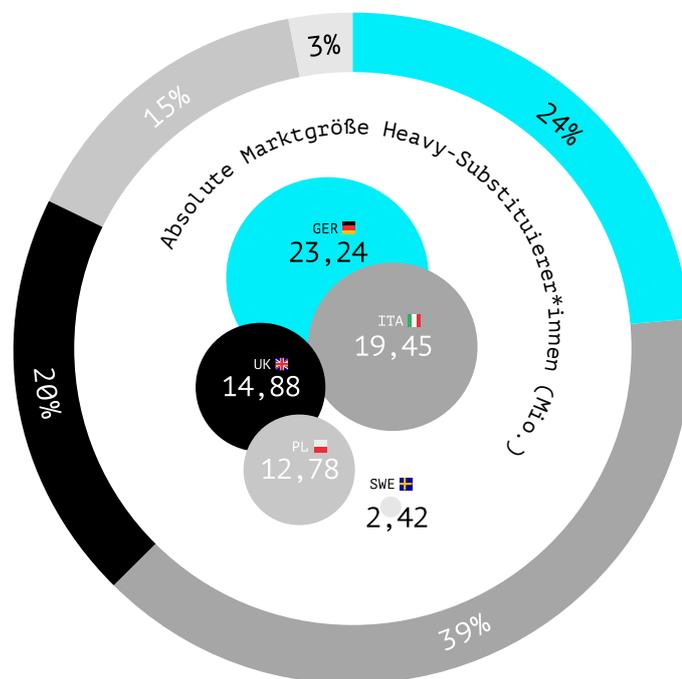


Abbildung 9: Potenzial einzusparender Fahrten in Europa (gemessen an absoluter Marktgröße, d.h. Einwohner*innen, und zurückgelegter Gesamtstrecke, d.h. Anzahl Strecken mal Länge Strecke)²

¹ Nur befragte Pkw-Besitzer*innen, die sich vorstellen könnten, alle Pkw-Fahrten durch geteilte autonome Mobilität zu ersetzen.

² Berechnungsvorgehen: (Absolute Marktgröße Heavy Substituierer*innen * durchschnittlich gefahrene Strecke pro Woche)/(SUMME(Absolute Marktgröße Substituierer*innen ALLE Länder * durchschnittlich gefahrene Strecke pro Woche ALLE Länder)

- Unter Berücksichtigung der absoluten Anzahl an Heavy-Substituierer*innen je Land³ zeigt das Einsparpotenzial anhand der durchschnittlich zurückgelegten Strecken in Europa, dass Italien den größten Anteil an einzusparenden Fahrten aufweist: 39 % der getätigten Fahrten durch Heavy-Substituierer*innen können durch geteilte autonom fahrende Fahrzeuge substituiert werden.
- Deutschland ist trotz der absolut größten Anzahl an Heavy-Substituierer*innen mit knapp einem Viertel der einzusparenden Fahrten auf dem zweiten Rang. Schweden fällt im Vergleich ab.

Reduzierte Fahrten und weniger Privatfahrzeuge durch die Nutzung geteilter autonomer Mobilität als ökologischer Mehrwert

- Insgesamt zeigt sich, dass die erwarteten Auswirkungen autonomer Mobilität, die einen ökologischen Beitrag leisten, vielschichtig sind. Lediglich die energieeffiziente Fahrweise autonom fahrender Fahrzeuge aufgrund vorausschauenden und grundsätzlich defensiven Fahrens fällt länderübergreifend in der Bewertung ab und wird seitens der Nutzer*innen somit als kein relevanter Faktor erachtet. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Energieeffizienz als grundsätzlicher Basisfaktor nachhaltiger Mobilität verstanden wird. Der Großteil der Befragten sieht in vielen Funktionen und Anwendungen autonomer Mobilität grundsätzlich Potenzial für einen ökologischen Mehrwert zu stiften und glaubt an einen nachhaltigeren Einsatz. Andererseits fällt auf, dass wesentlichen fahrbedingten Faktoren keine hinreichende Entwicklung zugetraut wird. Dies könnte ebenfalls mit eingeschränktem Technikvertrauen einhergehen.
- Die Analyse der Erwartungen an geteilte autonom fahrende Fahrzeuge hinsichtlich des ökologisch nachhaltigen Beitrags zeigt, dass China im Marktvergleich stark abfällt. Ökologische Nachhaltigkeitspotenziale spielen hier grundsätzlich eine untergeordnete Rolle.
- Das größte ökologische Potenzial durch die effiziente Fahrweise (Beschleunigung/Bremmung) autonomer Fahrzeuge, wird in China gesehen. Dies deckt sich mit einem höheren System- und Technikvertrauen der Chines*innen.
- Verringerte Emissionen und Energieeinsparungen durch den Wegfall der Parkplatzsuche sowie ein genereller Pkw-Verzicht sind innerhalb der USA, in Deutschland und auch in Schweden die wichtigsten Vorteile autonom fahrender Fahrzeuge, die einen Beitrag zu ökologisch nachhaltiger Mobilität leisten.
- Die Einsparung von Energie durch autonomes Ride Pooling zeigt in den USA den größten ökologischen Mehrwert im Ländervergleich.
- Teilnehmer*innen aus Polen und Italien sehen sowohl im Ländervergleich als auch innerhalb des Landes im elektrischen Fahrzeugantrieb das größte Potenzial, einen Beitrag zu einer ökologisch nachhaltigen Mobilität zu leisten.

³ Berechnungsvorgehen: Anzahl Einwohner*innen multipliziert mit dem Anteil an Heavy-Substituierer*innen pro Land

Reduzierte Fahrten und weniger Privat-Fahrzeuge durch die Nutzung geteilter autonomer Mobilität als ökologischer Mehrwert

THE AUTONOMOUS GAP

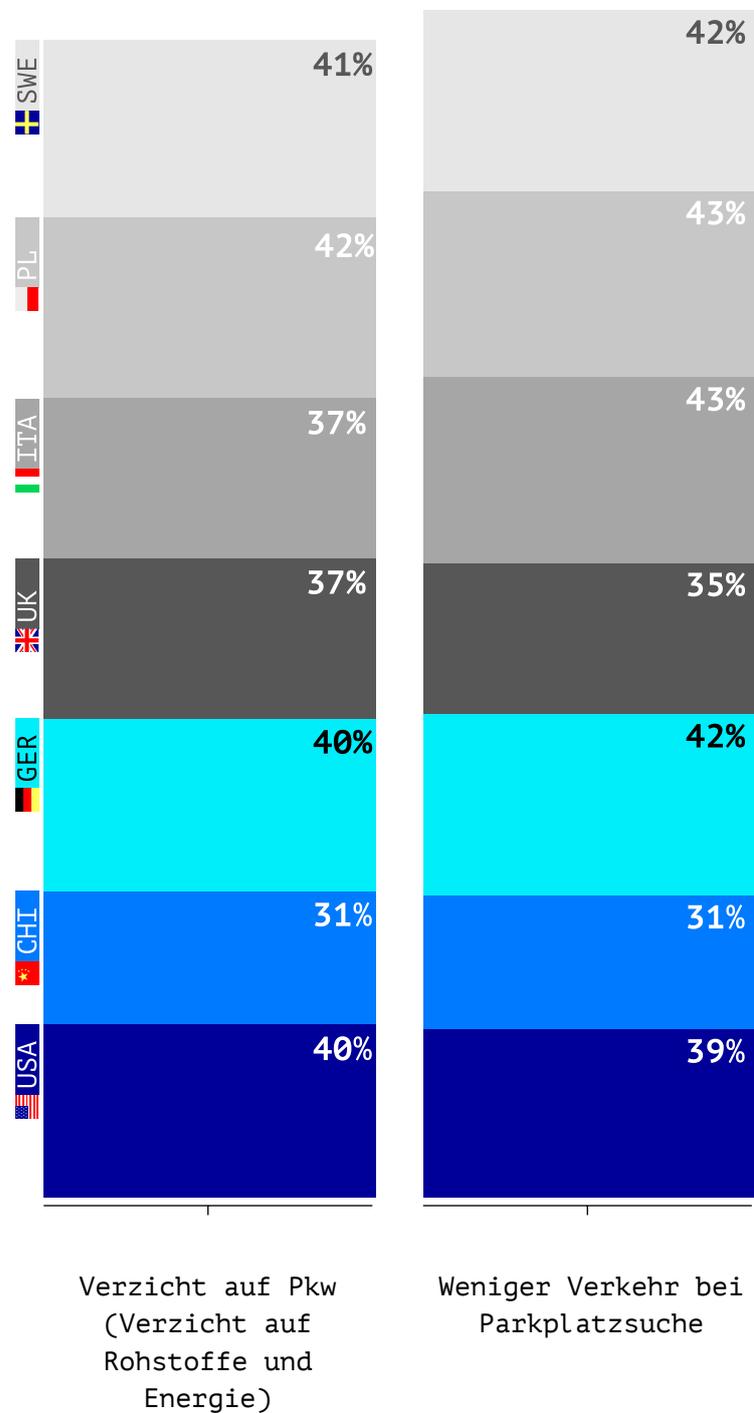


Abbildung 10: Ökologisch nachhaltiger Beitrag autonom fahrender Fahrzeuge
n=4.868

Soziale Nachhaltigkeit als gesellschaftliche Verantwortung

Neben der ökonomischen und ökologischen Dimension komplettiert die soziale Nachhaltigkeit den Triple Bottom Line-Ansatz. Hier werden Themen wie Inklusion, Diversität und eine verbesserte Lebensqualität (Mayer, 2020), aber auch Chancengleichheit (Rüegg et al., 2021) beschrieben. Neben einer verbesserten räumlichen Zugänglichkeit können auch die zeitliche Verfügbarkeit der Angebote sowie die Reduktion von Staus exemplarisch genannt werden. Inwieweit geteilte autonome Mobilität gesellschaftliche bzw. soziale Nachhaltigkeitseffekte mit sich bringt, zeigen wir im Folgenden.

- Der Ländervergleich zeigt bei der Bewertung der sozialen Nachhaltigkeit große Unterschiede. Vor allem weichen die Präferenzen in China und Italien von den restlichen Ländern ab: Der Zugang zu Mobilität für finanziell schlechter gestellte Menschen scheint hier eine untergeordnete Rolle zu spielen.
- Bei der Analyse nach Altersgruppen fällt auf, dass länderübergreifend ältere Menschen verstärkt der Meinung sind, dass sich für Personen mit körperlichen Einschränkungen oder Kindern neue Möglichkeiten durch autonom fahrende Fahrzeuge ergeben. In Italien und China ist dies nicht der Fall.
- In europäischen Ländern, ausgenommen Italien, zeigt sich, dass Personen aus dem ländlichen Raum insbesondere in der Anbindung von Gebieten ohne hinreichenden ÖPNV-Anschluss, Potenziale sehen. Der Zugang zu Mobilität scheint hier das größte gesellschaftliche Anliegen zu sein.

Übersicht Erwartungen soziale Nachhaltigkeit

THE AUTONOMOUS GAP

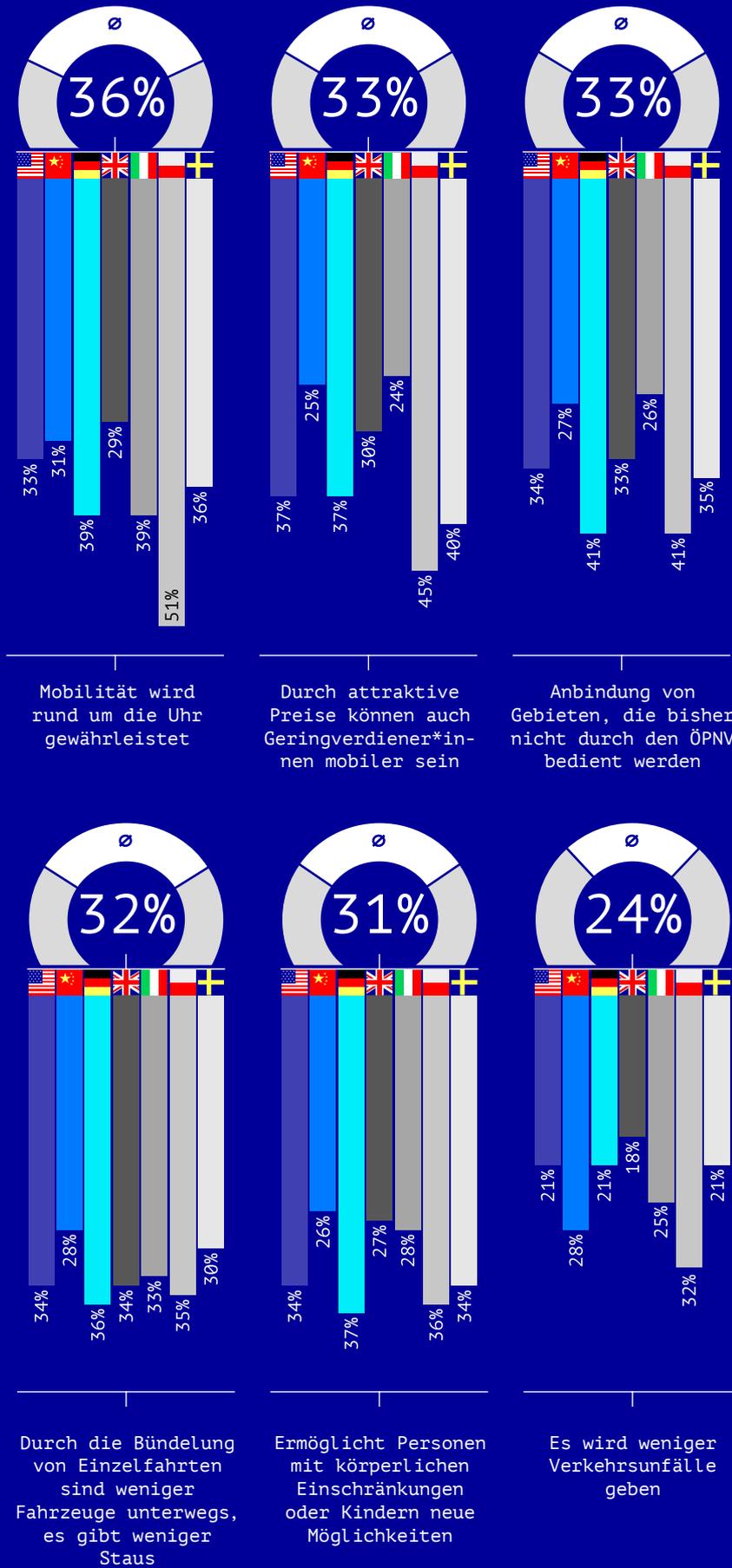


Abbildung 11: Übersicht: Erwartungen soziale Nachhaltigkeit
 n=4.868 (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

Mobilitätsversorgung schlägt Verkehrssicherheit

Wodurch könnten Ihrer Ansicht nach geteilte, autonom fahrende Fahrzeuge einen Beitrag zu nachhaltiger Mobilität leisten?

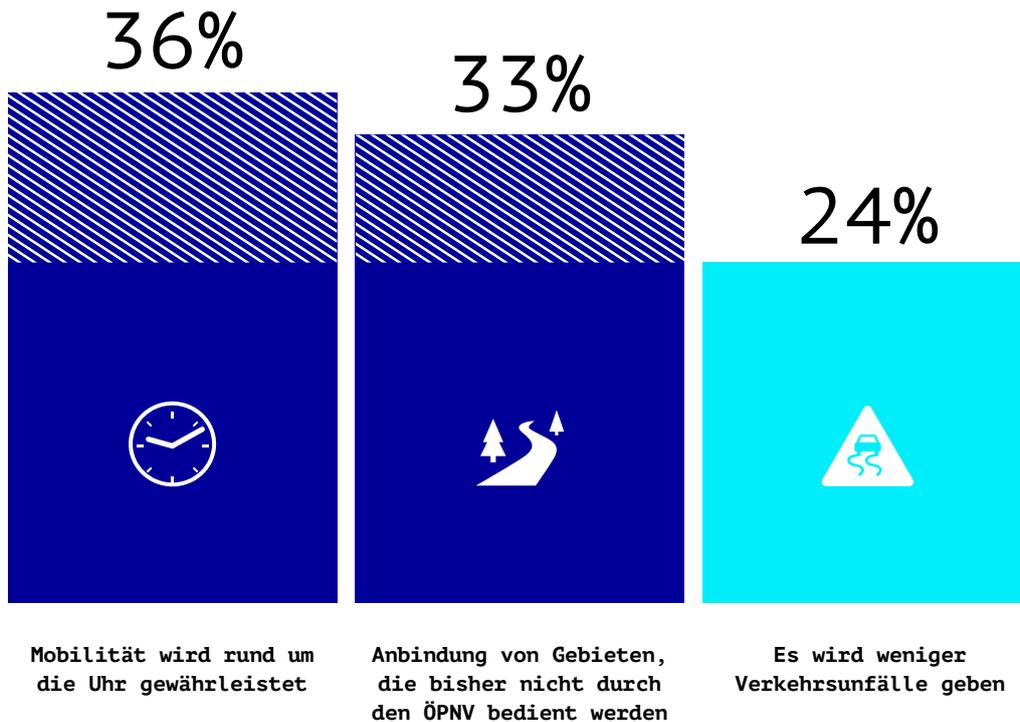


Abbildung 12: Vergleich soziale Erwartungen
n=4.868

- Insgesamt besitzt geteilte autonome Mobilität das größte Potenzial, Mobilität rund um die Uhr verfügbar zu machen. Im Sinne einer Daseinsvorsorge und Gewährleistung von Mobilität kann somit eine „Verfügbarkeitsgarantie“ entstehen.
- Länderübergreifend zeigt sich, dass eine Reduktion von Verkehrsunfällen durch geteilte autonome Mobilität als eher unwahrscheinlich angesehen wird.
- Die Diskrepanzen machen deutlich, dass die Optimierung der Mobilitätsleistung als Anforderung über der Verkehrssicherheit liegt.

Expert*innen sehen hier jedoch eine Reihe an Herausforderungen:

- **Utilisation Gap:** Ein 24/7-Angebot bringt die Problematik mit sich, dass einige der getätigten Fahrten Leerfahrten sind. Eine Rund-um-die-Uhr-Versorgung senkt Effizienz- und Kostenvorteile aufgrund niedrigerer Auslastung.

Business Model Gap

- Eine gesteigerte Mobilitätsversorgung durch geteilte autonome Mobilität wird insbesondere auf dem Land die größten positiven sozialen Effekte erwirken, da hier die Mobilitätssysteme (insb. ÖPNV) nicht hinreichend ausgebaut sind. Die Herausforderung solcher Geschäftsmodelle besteht im wirtschaftlichen Betrieb im ruralen Raum, da hier insgesamt eine geringere Anzahl potenzieller Kund*innen existiert. Entsprechend besteht für Betreiber das Dilemma zwischen der Erreichung eines maximalen sozialen Nachhaltigkeitseffekts und der Gewinnmaximierung.

Geteilte autonome Mobilität in den USA - Bitte für den Menschen!



- In den USA fällt auf, dass insbesondere soziale Aspekte, wie etwa Inklusion, im Vordergrund stehen: Hier wird insbesondere die Integration von Geringverdiener*innen, Menschen mit körperlichen Einschränkungen und Kindern durch den Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge als beitragsstiftend hervorgehoben.
- Als bedeutendste Nachteile geteilter autonomer Mobilität gelten solche mit einem direkten sozialen Einfluss, wie etwa dem Fehlen der direkten Interaktion mit Fahrer*in/ Notfallkontakt. Darüber hinaus herrschen auch Zweifel hinsichtlich unangenehmer Mitfahrer*innen im geteilten Fahrzeug oder Sorgen um einen Systemausfall.
- Es wird deutlich, dass die sozialen, interaktiven Elemente im US-amerikanischen Markt besondere Relevanz besitzen – sowohl als Chance, aber auch als Risiko.

Ranking der **erwarteten Vor- und Nachteile** in den USA

Nachteil 

Vorteil 

1	Gefahr von Unfällen durch Technik-Versagen oder Technik-Mängel	Durch attraktive Preise können auch Geringverdiener*innen mobil sein
2	Keine offiziellen Ansprechpartner*innen im Fahrzeug bei Fragen, Notfällen oder Pannen	Anbindung von Gebieten, die bisher nicht durch den ÖPNV bedient werden
3	Ggf. unangenehme Mitfahrer*innen bei eingeschränkter Fahrzeuggröße	Ermöglicht Personen mit körperlichen Einschränkungen oder Kindern neue Möglichkeiten

Abbildung 13 Vergleich erwartete Nachteile und Vorteile in den USA
n=1.089 (USA)

Geteilte autonome Mobilität in China – so komfortabel wie möglich, so sozial wie nötig

- Insgesamt spielt in China soziale Nachhaltigkeit (gemessen an den Anforderungen an autonom fahrende Fahrzeuge) eine untergeordnete Rolle. Die Bewertungen der sozialen Erwartungen an geteilte autonome Mobilität befinden sich im Durchschnitt auf einem geringeren Niveau als bei den anderen Märkten.
- In China steht vielmehr das Mobilitätssystem als Ganzes im Vordergrund, sozial-gesellschaftliche Komponenten – ausgenommen eine erwartete verbesserte Verkehrssicherheit – werden als weniger wichtig eingestuft.
- Dies bestätigt die Betrachtung der erhofften Vorteile geteilter autonomer Mobilität: Komfort, Verfügbarkeit und Flexibilität stehen hier ganz vorne.



THE AUTONOMOUS GAP





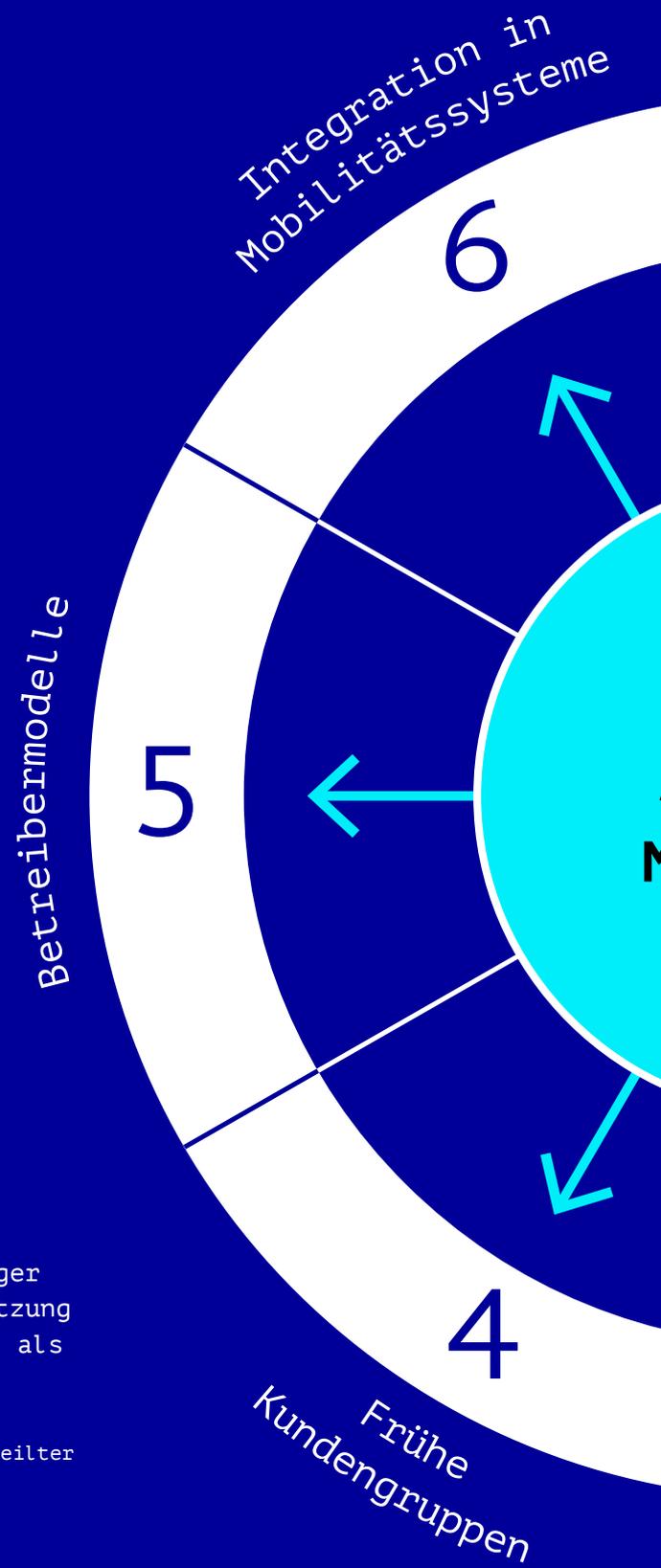
Anspruch und Realität geteilter autonomer Mobilität – Perspektiven im Vergleich

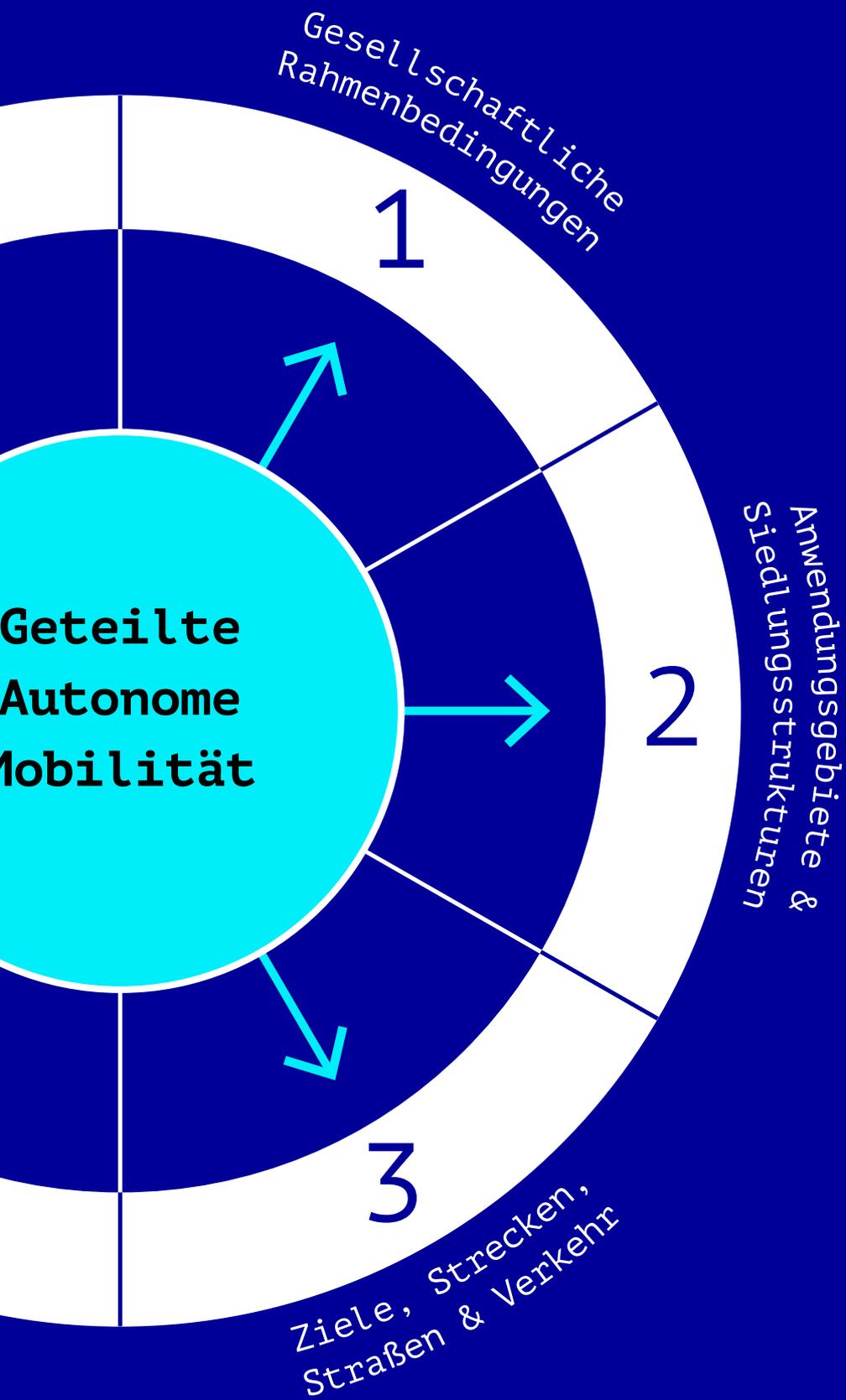
Inwieweit geteilte autonome Mobilitätsangebote tatsächlich Akzeptanz finden und genutzt werden, hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab. Wir betrachten sechs Gestaltungsfelder, die bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen und dem Betrieb autonomer Mobilität berücksichtigt werden müssen (siehe Abbildung 14).

Die dargestellten Ergebnisse basieren maßgeblich auf der Befragung der Nutzer*innen. Die Einschätzung und Bewertung der Erkenntnisse hinsichtlich Realisierbarkeit, Tragfähigkeit und technischer Umsetzung spiegeln wir mit internationalen Expert*innen und identifizieren eventuelle Gaps.

Reduzierte Fahrten und weniger Privat-Fahrzeuge durch die Nutzung geteilter autonomer Mobilität als ökologischer Mehrwert

Abbildung 14: Akzeptanzfaktoren geteilter autonomer Mobilität

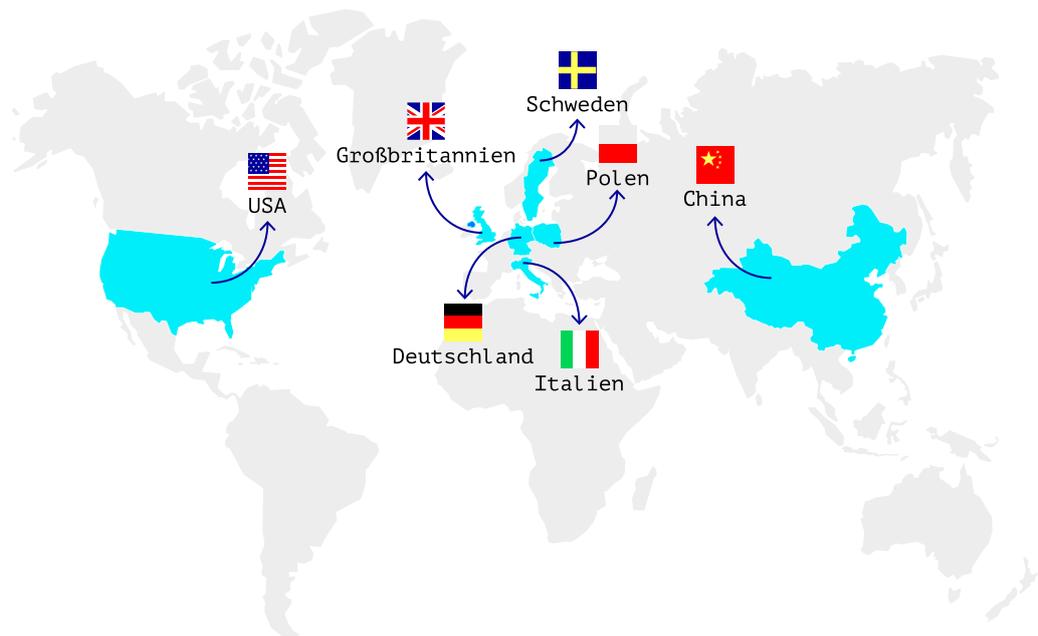




Gesellschaftliche Rahmenbedingungen: autonome Mobilität wird weltweit gefördert

Um die Ergebnisse innerhalb der untersuchten Regionen Europa, China und den USA richtig einzuordnen, spielt der gesellschaftliche Kontext eine wichtige Rolle. Im Folgenden werden relevante KPIs des jeweiligen Landes vorgestellt. So wird beispielsweise deutlich, dass das deutsche Sample strukturbedingt deutlich älter ist als die chinesischen Befragten, was sich auf den Grad der Offenheit gegenüber geteilter autonomer Mobilität und einzelnen Präferenzen und Anforderungen auswirkt.

THE AUTONOMOUS GAP



Die länderspezifischen Informationen zur Einordnung des jeweiligen Marktes werden in drei Kategorien gegenübergestellt:

- **Gesellschaftliche KPIs**
- **Strukturelle Samplebeschreibung**
- **Rechtlicher Rahmen**

Diese Hintergrundinformationen werden bei der Interpretation der Ergebnisse einbezogen und reflektieren den jeweiligen Stand der Märkte im Bereich autonomes Fahren sowie die gesellschaftlichen Entwicklungen im Allgemeinen.

Gesellschaftliche KPIs

Land	Population	Populationswachstum	Anteil urbane Population	GDP per capita (2020)
 China	1.410.539.758	+0,2 %	63 %	\$16.400
 USA	337.341.954	+0,7 %	83 %	\$60.200
 Deutschland	84.316.622	-0,1 %	78 %	\$50.900
 UK	67.791.400	+0,5 %	84 %	\$41.600
 Italien	61.095.551	-0,1 %	72 %	\$39.000
 Polen	38.093.101	-0,3 %	60 %	\$32.200
 Schweden	10.483.647	+0,5 %	89 %	\$50.700

Abbildung 15: Gesellschaftliche KPIs
Quelle: CIA World Factbook

Strukturelle Samplebeschreibung

Land	Durchschnittsalter	Fahrzeugbesitz	Zufriedenheit ÖPNV (Mittelwert: 1 = gar nicht zufrieden 5 = sehr zufrieden)	Bereits mit autonomem Fahrzeug gefahren
 China	40,4 Jahre	88 %	1☐ — M=3,92 — ☐5	32 %
 USA	46,3 Jahre	84 %	1☐ — M=3,19 — ☐5	13 %
 Deutschland	49,2 Jahre	78 %	1☐ — M=3,43 — ☐5	7 %
 UK	47,0 Jahre	77 %	1☐ — M=3,45 — ☐5	15 %
 Italien	48,8 Jahre	93 %	1☐ — M=3,07 — ☐5	5 %
 Polen	45,1 Jahre	84 %	1☐ — M=3,64 — ☐5	6 %
 Schweden	48,2 Jahre	67 %	1☐ — M=3,65 — ☐5	11 %

Abbildung 16: Strukturelle Samplebeschreibung
Befragung (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512;
UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

Aktueller Rechtsrahmen bei autonomem Fahren

 China	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erprobung automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen, erlaubt auf definierten Abschnitten unter strengen Anforderungen und Einschränkungen (Glueck & Wu, 2022). ■ Richtlinie für kommerziellen Einsatz vollautonomer Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr (Deng, 2022; Reuters, 2022). ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.
 USA	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kein harmonisierter Rechtsrahmen für alle Bundesstaaten: individuelle Verordnungen (CONNECTED AUTOMATED DRIVING EUROPE, 2022). Meistens unterschiedliche Vorschriften (Bellon, 2022), die von begrenzten Tests bis zum vollen Einsatz der Technologie reichen. ■ Automated Vehicles Comprehensive Plan (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2021): Förderung von Zusammenarbeit und Transparenz, Modernisierung des regulatorischen Umfelds, Vorbereitung des Verkehrssystems. ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.
 Deutsch-land	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gesetz zum autonomen Fahren (BMVI, 2021): bundesweite Fahrerlaubnis automatisierter Kraftfahrzeuge (Level 4) in festgelegten Betriebsbereichen im öffentlichen Straßenverkehr im Regelbetrieb. ■ EU-Verordnung über allgemeine Sicherheit von Fahrzeugen (Europäische Kommission, 2022): Rechtsrahmen zur Genehmigung automatisierter Fahrzeuge; technische Vorschriften für Level-3- und Level-4-Fahrzeuge geplant. ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.

Neben gesellschaftlichen KPIs, bevölkerungsspezifischen Strukturen und rechtlichen Rahmenbedingungen können sich auch bestehende Probleme (Pain Points) der allgemeinen Verkehrssituation auf die Akzeptanz und Bewertung geteilter autonomer Mobilitätskonzepte auswirken. Die folgende Sektion stellt bestehende Herausforderungen der jeweiligen Märkte vor und bietet die Möglichkeit, Wünsche und Erwartungen mit autonomen Mobilitätslösungen zu spiegeln.

 UK	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erprobung jeglicher Automatisierungsgrade auf öffentlichen Straßen unter gesetzlichen Anforderungen erlaubt (Testfahrer*innen, Verkehrssicherheit des Fahrzeugs, angemessene Versicherung) (Kalman & Cooper, 2020). ■ The Highway Code (UK Department for Transport, 2022): Abschnitt über „selbstfahrende Fahrzeuge“ eingeführt: Erlaubnis der Abgabe der Fahraufgabe an das Fahrzeug in bestimmten Situationen. ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.
 Italien	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dekret 28/2/2018 (CMS, 2020; Gazzetta Ufficiale, 2018): Erprobung automatisierter Fahrzeuge der Level 3 und 4 auf öffentlichen Straßen nur nach Genehmigung durch Ministerium zulässig. ■ EU-Verordnung über allgemeine Sicherheit von Fahrzeugen (Europäische Kommission, 2022): Rechtsrahmen zur Genehmigung automatisierter Fahrzeuge; technische Vorschriften für Level-3- und Level-4-Fahrzeuge geplant. ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.
 Polen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erprobung von automatisierten Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen für Level 3 und 4 erlaubt, sofern Auflagen erfüllt sind; Kontrollübernahme durch Sicherheitsfahrer*in gewährleistet (Koryzma & Komorowska, 2020; Krawczyk, 2018). ■ EU-Verordnung über allgemeine Sicherheit von Fahrzeugen (Europäische Kommission, 2022): Rechtsrahmen zur Genehmigung automatisierter Fahrzeuge; technische Vorschriften für Level-3- und Level-4-Fahrzeuge geplant. ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.
 Schweden	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erprobung automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen ist nach Genehmigung durch Verkehrsbehörde möglich. Genehmigung erfordert Nachweis, dass Betrieb auf verkehrssichere Weise erfolgt (Transport Styrelsen, 2021). ■ Ankündigungen, Level 4 und 5 innerhalb von fünf Jahren in Schweden zu realisieren (WISTRAND, 2022). ■ UN-Regulation No. 157 (UNECE, 2022): Erhöhung der erlaubten Maximalgeschwindigkeit beim automatisierten Fahren unter bestimmten Verkehrsbedingungen von 60 km/h auf 130 km/h.

(Park-)Platzmangel als weltweiter Treiber geteilter autonomer Mobilität

Was trifft auf die **Verkehrssituation** an Ihrem Wohnort zu? (Mehrfachnennung möglich)

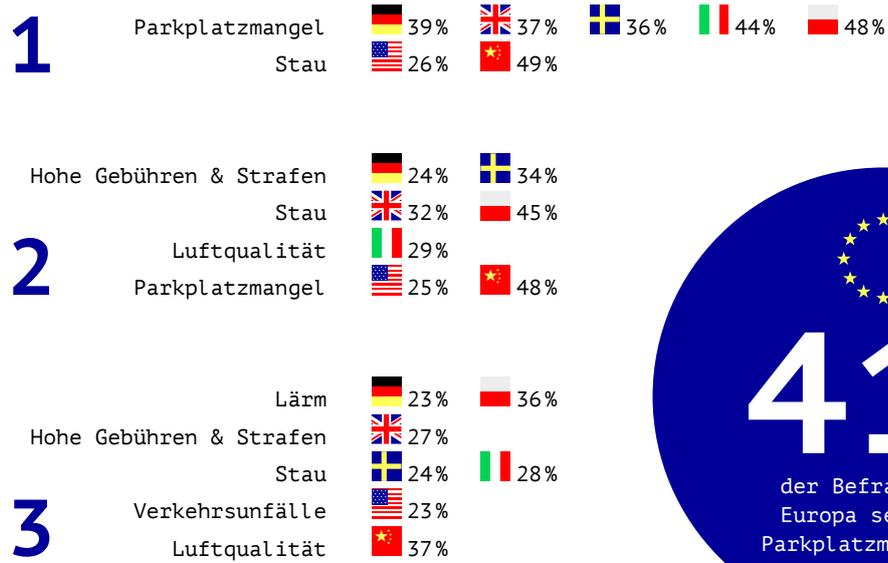


Abbildung 17: Pain Points Gruppenvergleich Top 3 pro Markt
Quelle: Fraunhofer (Abweichungen von 100% aufgrund von ‚nichts davon‘)
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

- Länderübergreifend zeigt sich, dass fehlender Parkraum einer der wichtigsten Problembereiche in der Verkehrssituation ist. Der Bedarf nach ausreichend vielen Parkflächen für Privat-Pkw liegt insbesondere in Europa an erster Stelle, stellt sich aber auch in China und den USA als Kritikpunkt heraus.
- Staus spielen vor allem in den USA und China eine bedeutende Rolle.
- Zudem fällt auf, dass in den USA, Schweden und Deutschland knapp ein Drittel der Befragten angibt, keine Probleme mit der aktuellen Verkehrssituation zu haben. Hier kann von einer tendenziell höheren Zufriedenheit ausgegangen werden. Polen und China hingegen sehen deutliches Optimierungspotenzial, nur knapp jede*r zehnte Befragte sieht hier keine Probleme bei der Verkehrssituation.

- Ebenfalls länderübergreifend zeigt sich beim Vergleich der Pain Points und den erwarteten Vorteilen autonomer Mobilität eine hohe Kongruenz.
- Autonom fahrende Fahrzeuge sind entsprechend aus Sicht der potenziellen Nutzer*innen dazu in der Lage, die aktuellen Pain Points zu lösen und die Mobilitätssituation zu verbessern.

Expert*innen-Reflektion:

- Vonseiten der Expert*innen besteht Konsens und breite Zustimmung: Alle Regionen bzw. Regierungen fördern autonome Mobilität grundsätzlich und ermöglichen einen regulatorischen Rahmen.
- Dies geschieht auf unterschiedlichen Wegen:
 - **Europa:** Bewusstes proaktives Schaffen von Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren, aber auch neue Mobilitätslösungen.
 - **USA:** Hohe Freiheit bzw. Flexibilität zum Ausprobieren neuer Technologien und Geschäftsmodelle.
 - **China:** Schnelle Anpassungen und proaktive Unterstützung durch den Staat zur Förderung von Technologie und Geschäftsmodellen.

Zitat Automotive OEM: Europa geht voran – passive Unterstützung hinsichtlich der Schaffung klarer Rahmenbedingungen ist wichtiger als aktive.

Zitat Ride-Pooling-Anbieter (privatwirtschaftlich): Europa schafft den nötigen Rahmen für sichere Betreibermodelle.

Zitat Automotive OEM: Autonomes Fahren ist in China ein wichtiges Thema, um sich gegenüber der westlichen Welt zu profilieren. Das zeigt sich neben dem staatlichen Interesse vor allem auch in einer hohen Innovations- und Technologieoffenheit der Gesellschaft.

- Vonseiten der Expert*innen besteht breite Zustimmung in der Aussage, dass die Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen kein Hindernis darstellen wird.
- Der europäische Markt ist im Ländervergleich aufgrund umfangreicher Prozesse in leichtem Verzug. Dies wird aber nicht als kritisch angesehen, da hieraus die Gewährleistung von Rechtssicherheit resultiert.
- Grundsätzliche Einigkeit herrscht in Bezug auf Datensicherheit. Datenschutz wird laut Expert*innen kein zentrales Problem darstellen. Der europäische Markt ist hier vorsichtiger und zurückhaltender, entsprechende Bedenken können jedoch ausgeräumt bzw. technisch gelöst werden.

Bei allem, was Sie bisher wissen oder auch nur vermuten, worin sehen Sie persönlich **generelle Vorteile** von **geteilten autonom fahrenden Fahrzeugen**?

Schweden

- Großstadt → Hohe Parkgebühren und Strafen
- Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet → Hohe Parkgebühren und Strafen
- Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet → Parkplatzmangel
- Ländliche Gegend in Stadtnähe → Parkplatzmangel

Niedriger Preis

Top erwarteter Vorteil

Keine Parkplatzsuche

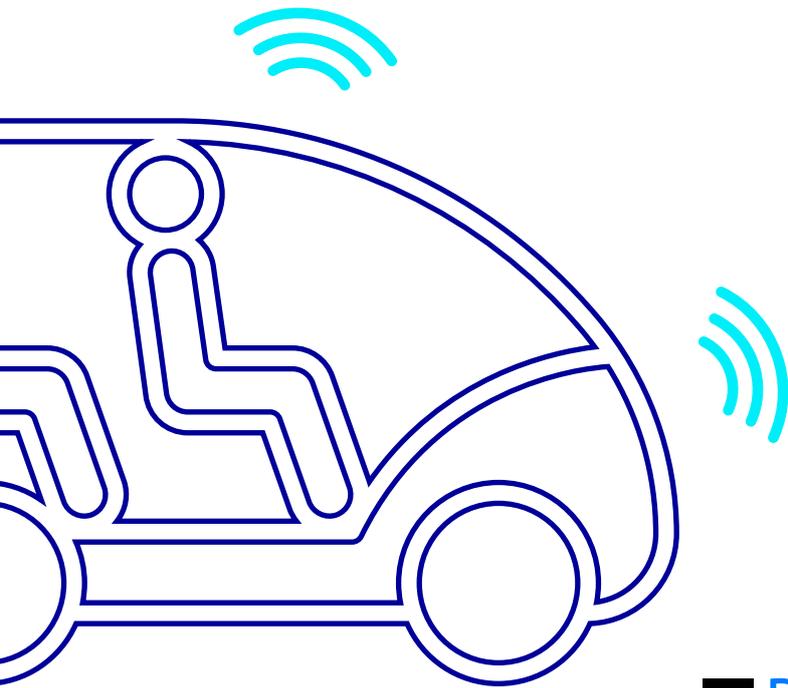
Top erwarteter Vorteil

Ländliche Gegend in Nähe kleinerer Städte

- Parkplatzmangel
- Man braucht lange, um zum Einkaufen, zum Arzt oder zu Ämtern zu kommen

Abbildung 18: Vergleich Pain Points und erwartete Vorteile Top 1
Ranking nach Land und Stadttyp
Quelle: Fraunhofer
(Deutschland: n=512; UK: n=548; Schweden: n=545)





Deutschland

- Großstadt → Parkplatzmangel
- Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet → Parkplatzmangel
- Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet → Parkplatzmangel
- Ländliche Gegend in Stadtnähe → Parkplatzmangel

**Keine
Parkplatzsuche**

Top erwarteter Vorteil

Flexibilität

- Ländliche Gegend in Nähe kleinerer Städte:
- Man braucht lange, um zum Einkaufen, zum Arzt oder zu Ämtern zu kommen

Top erwarteter Vorteil

Anwendungsgebiete und Siedlungsstrukturen: Autonome Mobilität ist überall gefragt - Anforderungsdifferenzen zwischen urbanem und ländlichem Raum

Zum jetzigen Zeitpunkt konzentrieren sich viele Projekte und Forschungstreibende auf die Analyse und Einsatzfelder geteilter autonomer Mobilität im urbanen Raum – doch gerade die oftmals schlecht angebundenen ländlichen Gebiete könnten zukunftsweisende Einsatzfelder autonomer Mobilität sein. Denn die jeweilige Verkehrssituation, ÖPNV-Infrastruktur, Siedlungsbegebenheiten sowie Erreichbarkeit von Ämtern, medizinischer Versorgung, Bildungseinrichtungen oder Geschäften des täglichen Bedarfs wirken sich direkt auf mögliche Einsatzzwecke autonomer Mobilität aus. Im Folgenden zeigen wir, inwieweit sich die urbane und rurale Bevölkerung in ihren Ansprüchen und Bedürfnissen differenziert und was dies für den Einsatz geteilter autonomer Mobilität bedeutet.

In China und den USA steht das urbane Pendeln im Vordergrund - europäische Länder präferieren die Anbindung von (urbanen) Verkehrsknoten

- Der Transport von Mitarbeiter*innen zur Arbeitsstätte und zurück stellt länderübergreifend das am häufigsten genannte Einsatzfeld geteilter autonomer Mobilität dar.
- Der Einsatz von geteilter autonomer Mobilität innerhalb eines Werksgeländes wird am seltensten von den Befragten ausgewählt.
- Im Ländervergleich zeigt sich, dass Fahrten zur Arbeitsstätte und zurück maßgeblich in Polen, Italien, USA und China präferiert werden. In Deutschland und Schweden scheinen diese Fahrten weniger Relevanz zu besitzen.
- Transporte innerhalb des Werksgeländes treffen lediglich in China auf Zuspruch.
- Die europäischen Befragten sprechen sich stärker für Transportwege zum Bahnhof oder Flughafen aus. Dieser Einsatzzweck erhält in China die geringste Zustimmung.

Nachfolgend haben wir **konkrete Angebote** aufgelistet, bei denen **geteilte autonom fahrende Fahrzeuge** in Zukunft eingesetzt werden könnten. Welche der folgenden Angebote würden Sie sich wünschen? (Mehrfachnennung möglich)



Abbildung 19: Gewünschte Einsatzfelder geteilter autonom fahrender Fahrzeuge
n=4.868

Nachfolgend haben wir konkrete Angebote aufgelistet, bei denen geteilte autonom fahrende Fahrzeuge in Zukunft eingesetzt werden könnten. Welche der folgenden Angebote würden Sie sich wünschen?

(Mehrfachnennung möglich)

THE AUTONOMOUS GAP

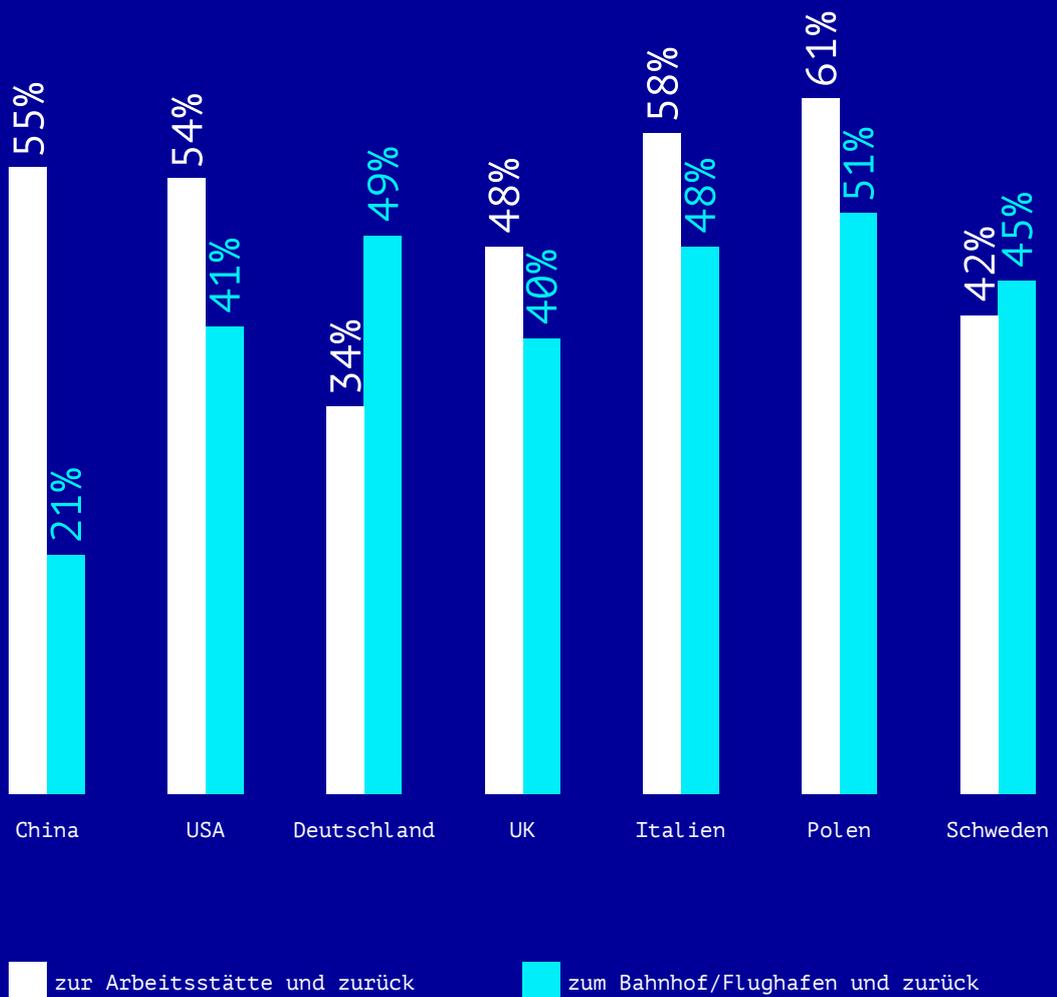


Abbildung 20: Auswahl gewünschte Einsatzfelder geteilter autonom fahrender Fahrzeuge

(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

Flexibel und pünktlich zur Arbeit - Städter*innen wünschen sich autonome Mobilität zum Pendeln im urbanen Raum

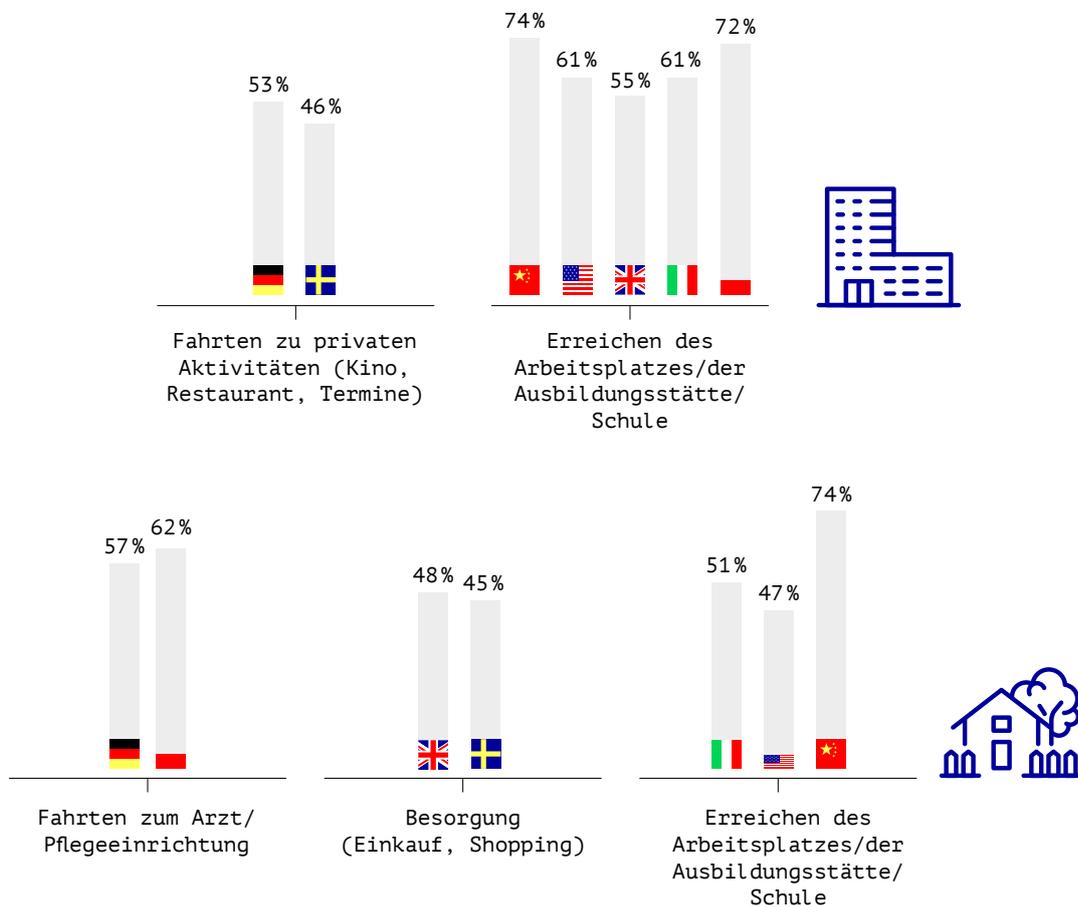


Abbildung 21: Fahrtwünsche im urbanen und ländlichen Raum
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548;
Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)
Hinweis: Definition „Urbaner Raum“ erfolgte anhand des Stadttyps
„Großstadt“, Definition „Ländlicher Raum“ erfolgte anhand des
Stadttyps „Ländliche Gegend in Nähe kleinerer Städte“

- In urbanen Gebieten zeigt sich länderübergreifend (ausgenommen Deutschland), dass Fahrten zum Erreichen des Arbeitsplatzes/ der Ausbildungsstätte sich grundsätzlich am ehesten eignen.
- Dies ist im urbanen Raum des UK ebenfalls der Fall. In ländlich geprägten Gebieten hingegen eignet sich die Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge insbesondere für Besorgungen.
- In Deutschland zeichnet sich regionalübergreifend eine Präferenz für Fahrten zu privaten Aktivitäten ab. Im ländlichen Raum werden insbesondere Fahrten zum Einkaufen/Arzt bevorzugt. Ein ähnliches Muster lässt sich in Schweden erkennen.
- In ländlichen Gebieten Europas zeigt sich überwiegend, dass privat motivierte Fahrten (z. B. Besorgungen/Arzt) priorisiert werden.

Expert*innen-Reflektion:

- Insbesondere die USA werden von den Expert*innen in Bezug auf Vororte (breite Straßen, ausgelegt auf Autos), aber auch Innenstädte (getaktete Ampeln, klar definierte Häuserblocks) als sehr taugliche Gebiete zum Betrieb geteilter autonomer Mobilitätskonzepte hervorgehoben.
- Für China wird darauf verwiesen, dass neue urbane Gebiete entsprechend strukturiert, geplant und gebaut werden – Bestandsgebiete hingegen nur eingeschränkt tauglich sind.
- Die Einschätzungen zu europäischen Märkten zeigen ein gemischtes Bild: Es existiert eine grundsätzliche Tauglichkeit für den Betrieb geteilter autonomer Mobilität in städtischen Gebieten, aber mit der signifikanten Einschränkung für historische Stadtkerne. Hier birgt die Infrastruktur aufgrund des historisch bedingten Baustandards (z. B. enge Gassen) große Hürden im Betrieb autonomer Mobilität.
- Ländliche Gebiete werden hinsichtlich der Eignung der Infrastruktur bzgl. flächendeckender Abdeckung in allen drei Regionen als eher kritisch eingeschätzt, da Straßen, Spuren und Verkehrsräume oftmals uneindeutig gekennzeichnet sind, die Telekommunikationsabdeckung vielerorts lückenhaft ist, aber auch externe Einflussfaktoren wie verdreckte Straßen, Wild oder Zugmaschinen existieren können. Die punktuelle Einrichtung von Strecken in ländlichen Gebieten wird jedoch als realistisch angesehen.
- Innerhalb Europas werden insbesondere ländliche Gebiete in Süd- und Osteuropa aufgrund der oft schlechten Infrastrukturqualität von den Expert*innen als bis auf Weiteres untauglich eingeschätzt.
- In Bezug auf die Einrichtung von Car2X-Infrastrukturen wird China von den Expert*innen im Vorteil gesehen. Hinsichtlich der Entwicklungen in Europa aber auch in den USA sind die Expert*innen eher kritisch.

Zitat Automotive OEM: Autonomes Fahren wird sich sukzessive verbreiten, vergleichbar mit der Netzabdeckung von Mobilfunk, nur viel langsamer. In ländlichen Gebieten werden zunächst nur punktuelle Lösungen aufkommen, eine möglichst vollständige Abdeckung wird noch sehr lange dauern.

Zitat Automotive OEM: Autonomes Fahren ist weniger eine Frage der globalen Region, sondern vielmehr von Stadtstrukturen und Verkehrsinfrastrukturen.

Zitat Mobility Start-Up: Je nach Strecke und Tageszeit ist es denkbar, dass autonome Fahrzeuge im ländlichen Raum mit reduzierter Geschwindigkeit operieren – beispielsweise bei nächtlichen Fahrten sollte eine Geschwindigkeit von 50 bis 60 km/h auf Landstraßen kein größeres Verkehrshindernis darstellen.



Ziele, Strecken, Straßen und Verkehr - marktspezifische Einsatzfelder variieren stark und erfordern bedarfsgerechte Gestaltung

Für die Serviceleistung geteilter autonomer Mobilität müssen noch eine Vielzahl an Rahmenbedingungen festgelegt werden. Ein momentan stark diskutierter Aspekt ist die Streckennutzung. Konkret muss festgelegt werden, inwieweit autonome Mobilität eine Sonderspur („Segregated Lane“) benötigt oder ob die Fahrzeuge im Mischverkehr operieren (Razmi Rad et al., 2020). Um diese Frage zu klären, muss jedoch zuerst identifiziert werden, für welche Wegezwecke und Fahrten die Nutzer*innen geteilte autonom fahrende Fahrzeuge überhaupt nutzen würden und welchen Einfluss Sonderspuren auf die gesamte Stand- und Wegegestaltung haben.

Autonome Mobilität als attraktive Möglichkeit zum Erreichen des Arbeits- oder Ausbildungsplatzes

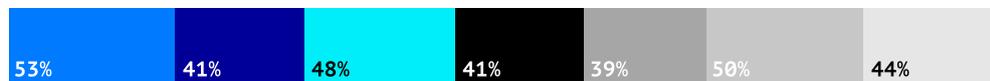
- Die größten Einsatzpotenziale geteilter autonomer Mobilität sehen die Befragten übergreifend bei Pendelstrecken zur Arbeits- oder Ausbildungsstätte.
- Kürzere, geschäftliche Fahrten werden lediglich in China als bedeutend bewertet.
- Insgesamt zeigt sich, dass Fahrten mit geteilten autonomen Fahrzeugen zum Transport von erwachsenen Einzelpersonen wie auch für allein fahrende Kinder oder Jugendliche als wenig geeignet eingeschätzt werden.

Für welche Fahrten könnten geteilte autonome Fahrzeuge aus Ihrer Sicht grundsätzlich gut geeignet sein?

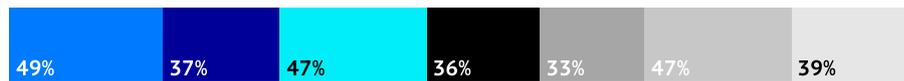
(Mehrfachnennung möglich)



Erreichen des Arbeitsplatzes bzw. der Ausbildungsstätte



Besorgungen (z.B. Lebensmittel, Shopping)



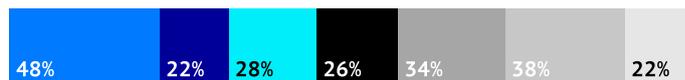
Fahrten zu privaten Aktivitäten (z.B. Kino, Restaurant)



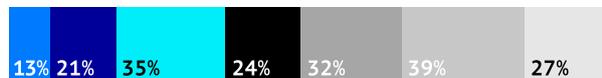
Fahrten zum Arzt oder zur Pflegeeinrichtung



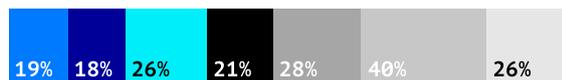
Fahrten zu größeren Veranstaltungen (z.B. Theater, Konzert)



Kürzere geschäftliche Fahrten



Transport/Begleitung von Personen



Für allein fahrende Kinder und Jugendliche

Abbildung 22: Fahrteignung

(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

Geteilte autonome Mobilität als besserer ÖPNV

Bei der Betrachtung der Ergebnisse wird deutlich: Geteilte autonome Mobilität soll den klassischen ÖPNV revolutionieren und ein komfortableres, flexibles und insgesamt optimiertes Angebot darstellen. Die folgende Abbildung stellt die Relevanz einzelner Faktoren im Vergleich zum konventionellen ÖPNV dar:

Wie wichtig sind Ihnen die folgenden Aspekte bei der **Nutzung** eines geteilten **autonom fahrenden Fahrzeugs** im **Vergleich** zu einer Fahrt mit dem **ÖPNV**? (Top2Boxen)

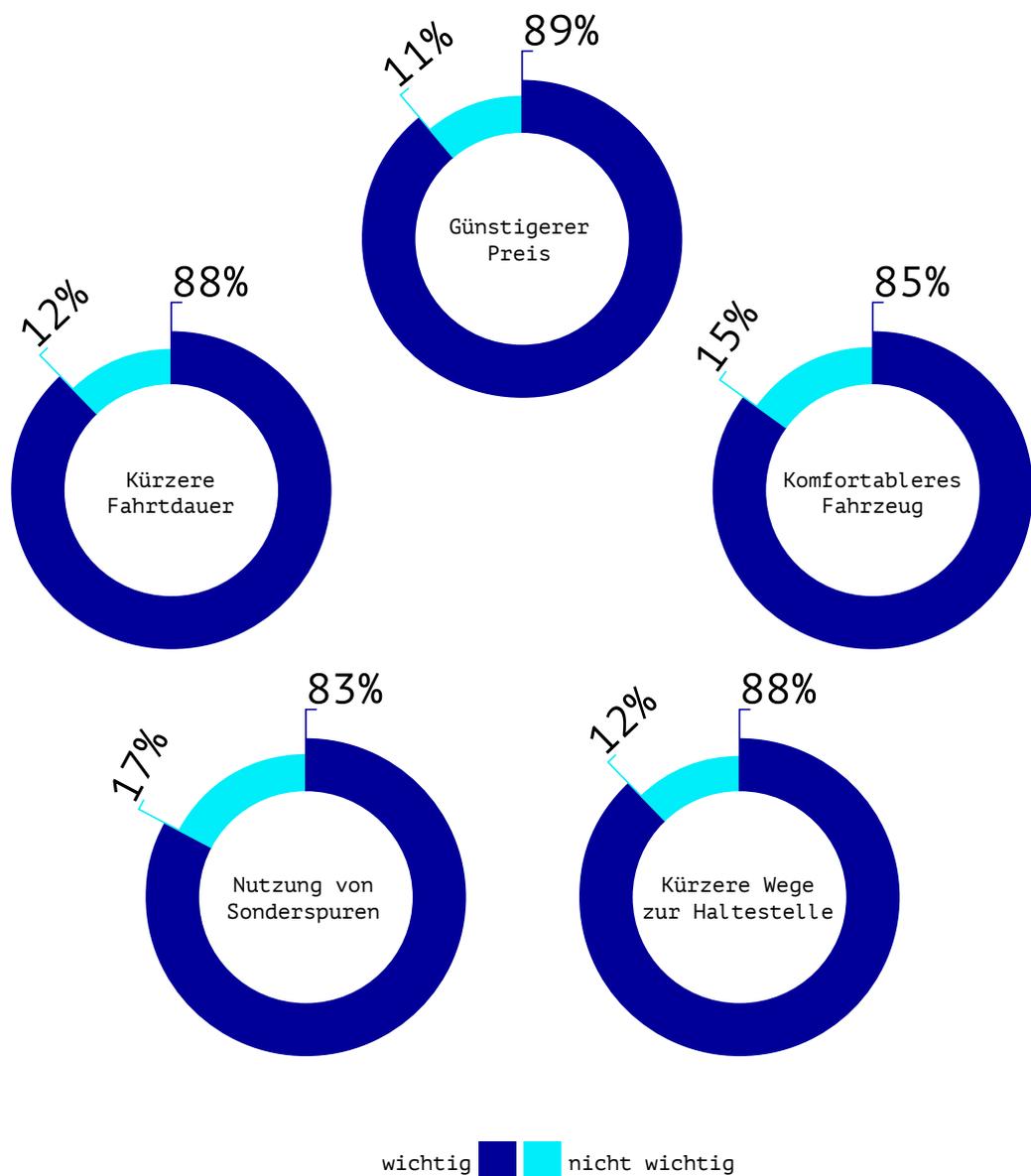


Abbildung 23: Geteilt autonom fahrendes Fahrzeug vs. ÖPNV
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

- Länderübergreifend zeigt sich ein klarer Zuspruch, dass autonome Mobilität in sämtlichen Kategorien eine bessere Leistung bietet als der konventionelle ÖPNV.
- Auffällig ist, dass trotz höherem Qualitätsanspruch keine zusätzliche Zahlungsbereitschaft besteht. 4 von 5 Befragten geben an, dass geteilte autonome Mobilität im Vergleich günstiger als der ÖPNV sein sollte.
- In China und Polen hat der Betrieb auf Sonderspuren größere Relevanz als in den anderen Ländern.

Expert*innen-Reflektion:

- Zwischen den Expert*innen besteht Uneinigkeit, inwiefern sich frühe autonome Fahrzeuge frei in einem Gebiet bewegen, oder eher separierte Strecken nutzen sollten.
- Das Verkehrsverhalten der Deutschen wird dabei als sehr strukturiert und reglementiert wahrgenommen, was positiv in Bezug auf den Umgang mit einem automatisierten System gesehen wird. In China wird in Bezug auf das wahrgenommene Verkehrsverhalten mit tendenziell komplexen Verkehrssituationen der Mixed-Verkehr eher als kritisch gesehen.
- Separate Fahrspuren werden vorwiegend in China und nur in Sonderfällen in den USA als wichtig erachtet. Für Europa scheint dies nicht denkbar, zumal die enge Bebauung der Städte dies vielerorts gar nicht zulassen würden und vor allem in Deutschland der Aufbau zusätzlicher Verkehrsflächen grundsätzlich wenig Akzeptanz in der Bevölkerung findet und gut argumentiert werden muss. Auch in China ist fraglich, inwiefern ältere städtische Bausubstanzen und Straßennetze die Integration separater Spuren zulassen.
- In allen drei Regionen wird die Nutzung von Bus- oder Tramspuren durch autonome Fahrzeuge von Expert*innen als denkbare Szenario angesehen, wobei die Auslastung berücksichtigt werden muss.
- Anbieter von Ride-Pooling-Diensten sehen einen frühen Bedarf im Angebot von autonomer Werksmobilität und versuchen über die Werksgrenzen hinaus Mobilität anzubieten.
- Anbieter von Ride-Pooling-Diensten haben gute Erfahrungen mit virtuellen Haltestellen, Automotive OEMs prognostizieren hingegen eher Door-2-Door-Angebote.

Zitat Ride-Pooling-Dienst (privatwirtschaftlich): Die Nutzer*innen nehmen unsere virtuellen Haltestellen sehr gut an, ein paar Meter zu diesen gehen zu müssen wird gut akzeptiert. Akzeptanzkritisch ist es eher, wenn virtuelle Haltestellen zu oft umgelegt werden.

Zitat Automotive OEM: Berufliche Fahrten laufen typischerweise auf dedizierten Strecken ab, Privat-Fahrten sind vielfältiger. In frühen Phasen mit dediziert freigegebenen Strecken für autonome Fahrzeuge können daher berufliche und betriebliche Fahrten eher sinnvoll abgedeckt werden.

Zitat Automotive OEM: Die Deutschen fahren zwar schnell, viel und offensiv Auto, aber kaum irgendwo auf der Welt ist der Verkehr und das Verhalten der Verkehrsteilnehmer*innen so gut strukturiert und reglementiert wie bei uns – das sind optimale Voraussetzungen für ein automatisiertes technisches System, das vor allem bei Unregelmäßigkeiten Probleme bekommt.

Frühe Kund*innen- gruppen: multimodaler Lifestyle als Wegbereiter geteilter autonomer Mobilität

Die ersten Annehmer*innen neuer Technologien sind entscheidend für den Diffusionsprozess und werden als Innovator*innen bezeichnet (Rogers, 2003). Wir sehen hier im Rahmen unserer Untersuchung all jene Personen, die bereits heute von einer sehr hohen Nutzungsabsicht für autonome Mobilität ausgehen. Sie sind entscheidend für die Einschätzung eines Marktangangs und zur Identifikation von Geschäftspotenzialen. Doch wie sehen diese Innovator*innen in den verschiedenen Märkten genau aus?



Stichprobengröße n=373
Anteil an Gesamtsample 53%



Männlich: 53 %
Weiblich: 48 %



Wohnort

Großstadt: 79 %
Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 11 %
Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 5 %
Ländliche Gegend in Stadtnähe: 4 %
Ländliche Gegend: 1 %



Alter

18-24: 15 %
25-34: 22 %
35-44: 21 %
45-54: 21 %
55-64: 11 %
65+: 11 %



Mobility

Pkw-Besitz: 9 %
ÖPNV-Nutzung: 59 %
Nutzung Sharing Mobility: 68 %



Stichprobengröße n=118
Anteil an Gesamtsample 20%



Männlich: 63 %
 Weiblich: 37 %



Wohnort

Großstadt: 51 %
 Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 19 %
 Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 11 %
 Ländliche Gegend in Stadtnähe: 10 %
 Ländliche Gegend: 9 %



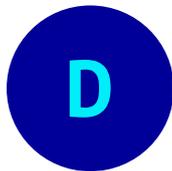
Alter

18-24: 17 %
 25-34: 28 %
35-44: 30 %
 45-54: 16 %
 55-64: 6 %
 65+: 4 %



Mobility

Pkw-Besitz: 84 %
 ÖPNV-Nutzung: 30 %
Nutzung Sharing Mobility: 42 %



Stichprobengröße n=69
Anteil an Gesamtsample 14%



Männlich: 49 %
 Weiblich: 51 %



Wohnort

Großstadt: 51 %
 Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 16 %
 Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 7 %
 Ländliche Gegend in Stadtnähe: 7 %
 Ländliche Gegend: 19 %



Alter

18-24: 17 %
 25-34: 17 %
35-44: 23 %
 45-54: 15 %
 55-64: 12 %
 65+: 16 %



Mobility

Pkw-Besitz: 77 %
 ÖPNV-Nutzung: 61 %
Nutzung Sharing Mobility: 32 %



Stichprobengröße n=76
Anteil an Gesamtsample 14%



Männlich: 61 %
 Weiblich: 40 %



Wohnort

Großstadt: 63 %
 Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 16 %
 Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 9 %
 Ländliche Gegend in Stadtnähe: 5 %
 Ländliche Gegend: 7 %



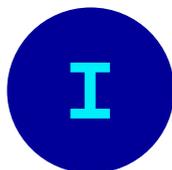
Alter

18-24: 17 %
 25-34: 30 %
35-44: 34 %
 45-54: 12 %
 55-64: 3 %
 65+: 4 %



Mobility

Pkw-Besitz: 86 %
 Nutzung Sharing Mobility: 47 %
ÖPNV-Nutzung: 53 %



Stichprobengröße n=77
Anteil an Gesamtsample 14%



Männlich: 51 %
 Weiblich: 49 %



Wohnort

Großstadt: 42 %
 Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 25 %
 Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 18 %
 Ländliche Gegend in Stadtnähe: 4 %
 Ländliche Gegend: 10 %



Alter

18-24: 9 %
 25-34: 18 %
35-44: 30 %
 45-54: 21 %
 55-64: 12 %
 65+: 10 %



Mobility

Pkw-Besitz: 94 %
 ÖPNV-Nutzung: 64 %
Nutzung Sharing Mobility: 49 %



Stichprobengröße n=127
Anteil an Gesamtsample 23%



Männlich: 52 %
 Weiblich: 48 %



Wohnort

Großstadt: 47 %
 Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 31 %
 Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 15 %
 Ländliche Gegend in Stadtnähe: 2 %
 Ländliche Gegend: 4 %



Alter

18-24: 12 %
25-34: 21 %
35-44: 21 %
 45-54: 19 %
 55-64: 17 %
 65+: 11 %



Mobility

Pkw-Besitz: 87 %
 ÖPNV-Nutzung: 72 %
Nutzung Sharing Mobility: 55 %



Stichprobengröße n=100
Anteil an Gesamtsample 18%



Männlich: 59 %
 Weiblich: 41 %



Wohnort

Großstadt: 50 %
 Klein-/Mittelstadt in Ballungsgebiet: 23 %
 Klein-/Mittelstadt, kein Ballungsgebiet: 14 %
 Ländliche Gegend in Stadtnähe: 7 %
 Ländliche Gegend: 6 %



Alter

18-24: 13 %
 25-34: 21 %
35-44: 28 %
 45-54: 13 %
 55-64: 13 %
 65+: 12 %



Mobility

Pkw-Besitz: 68 %
 ÖPNV-Nutzung: 59 %
Nutzung Sharing Mobility: 30 %

Multimodalität und Sharing: Treiber für Innovatoren

China verfügt mit knapp 35 % über den höchsten Anteil an Innovator*innen im Vergleich zur Gesamtstichprobe, was auf geringere Markteintrittsbarrieren schließen lässt. Mit nur 14 % ist der Anteil in Deutschland am geringsten.

- Im Vergleich der Altersgruppen zeigt sich, dass vor allem die Generationen X (1965-1979) und Y (1980-1994) der geteilten autonomen Mobilität besonders aufgeschlossen gegenüberstehen.
- Marktübergreifend zeigt sich, dass die frühen Annehmer*innen geteilter autonomer Mobilität überwiegend aus dem urbanen Raum kommen.
- ÖPNV-Nutzer*innen sowie Personen, die Sharing-Angebote in ihrem Alltag verwenden, zeigen eine höhere Nutzungswahrscheinlichkeit als Personen, welche weder den ÖPNV noch Sharing-Angebote verwenden. Dieser Effekt ist bei Personen, welche Active Mode Sharing-Angebote (z. B. Bike Sharing) verwenden, besonders ausgeprägt.

Expert*innen-Reflektion:

- Für alle drei Regionen sehen es die Expert*innen als notwendig an, autonome Mobilitätsangebote eher für breite Zielgruppen auszulegen, um einen breiten Zugang zu heterogenen Gruppen zu ermöglichen.
- Grundsätzlich wird die Akzeptanz in Deutschland aufgrund einer allgemeinen Skepsis oder zumindest Vorsicht gegenüber Innovationen als etwas niedriger eingeschätzt. Es wird darauf hingewiesen, dass sich dieses Verhalten jedoch sehr schnell verändern kann, sofern entsprechende Technologien und Dienste im Alltag erfahrbar werden, weswegen hier kein Nachteil erwartet wird.
- Einerseits werden von den Expert*innen potenzielle Nutzer*innen als relevant bezeichnet, die nicht selbst Auto fahren (z. B. ältere Menschen, Kinder), andererseits wird aufgeführt, dass gerade diese Gruppen oftmals eine*n Fahrer*in als Ansprechperson oder Unterstützungshilfe (z. B. Gepäck) benötigen, was gegen autonome Mobilität spricht.

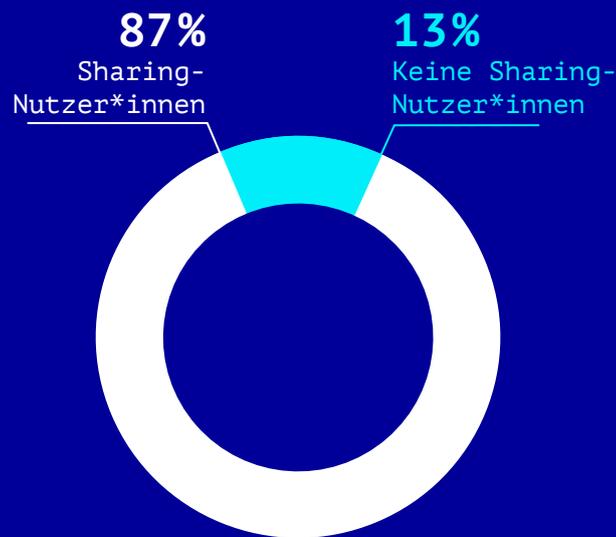
Zitat Ride-Pooling-Anbieter (privatwirtschaftlich): Unsere Stammkunden sind Großteils solche, die neuen Mobilitätsangeboten wie Scooter Sharing offen gegenüberstehen und diese multimodal nutzen.

Zitat Geschäftsmodell-Experte: Was ist für die Nutzer*innen wichtig, wenn sie eine Mobilitätsdienstleistung annehmen? Der Komfort ist meistens zweitrangig, oftmals ist der Faktor Zeit viel wichtiger.

Zitat Technologieunternehmen: Im Rahmen eines Pilotprojektes konnten wir beobachten, dass die Nutzer*innen die Fahrzeuge sehr schnell akzeptieren und fast schon als alltäglich wahrnehmen, wenn sie sie einmal genutzt haben.

„If it works and adds value, people will adopt it.“

James Gowers, CEO & CRO Matcha LLC



Expertenbestätigung:

Sharing-Kunden = Early Adopter von Ride-Pooling-Angeboten

Vertrauenstransfer:

Erhöhung der Nutzungsbereitschaft von Nicht-Sharing-Nutzer*innen durch Integration von ÖPNV-Systemen

Abbildung 24: Wahrscheinliche Nutzung geteilter, autonomer Fahrzeuge durch heutige Sharing-Nutzer*innen
n=4.868; davon Sharing-Nutzende n=1.432; Sharing-Nichtnutzende n=3.436

Betreibermodelle: Partnerschaften von Städten und Privat- wirtschaft als Grund- lage autonomer Mobilität

Nachdem relevante Interessens- und potenzielle Zielgruppen identifiziert wurden, werden wir im Folgenden auf mögliche Betreiber- und Geschäftsmodelle eingehen. Besondere Relevanz haben hierbei Akteure, die als Betreiber geteilter autonomer Mobilität infrage kommen. Ebenfalls thematisieren wir die Relevanz strategischer Kooperationen und die Zahlungsbereitschaft für geteilte autonome Mobilität.

Kommunale Institutionen als Schlüssel für den Betrieb geteilter autonomer Mobilität

- Insgesamt genießen Städte und Kommunen über alle Märkte hinweg als Betreiber autonom fahrender Fahrzeuge ein großes Vertrauen. Die Gründe dafür können vielseitig sein und reichen von einem großen Einfluss dieser Institutionen (insbesondere in China aufgrund des politischen Systems), einer persönlichen Identifikation bis hin zu stärkeren finanziellen Möglichkeiten.
- **Trust Gap:** Trotz der Tatsache, dass autonome Mobilität als „High Technology“ charakterisiert ist, vertrauen potenzielle Kund*innen bekannten Anbietern stärker als (digitalen) Technologieunternehmen, wenn es um den Betrieb autonomer Mobilitätsangebote geht.
- In den USA fällt das Vertrauen in die öffentliche Hand im Ländervergleich geringer aus.
- Entertainment-Anbieter größerer Veranstaltungen und solche von Freizeitaktivitäten überzeugen am stärksten in China.

Welchen **Akteuren** würden Sie Ihr **Vertrauen** schenken,
wenn diese solche Dienstleistungen anbieten würden?
(Mehrfachnennung)

44%



Kommune

39%



ÖPNV

32%



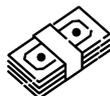
OEM

31%



Bahnbetreiber/Flughafen

30%



Arbeitgeber*innen

27%



Private Mobility Provider

Abbildung 25: Top 5 gewünschten Betreiber geteilter autonomer Mobilität
n=4.868

“Creating the right ecosystem and partnerships is the key. [...] Partner with public transport operators, as they know how to run fleets efficiently.”

Amit Rosenzweig, CEO Ottopia

Arbeitgeber*innen genießen Vertrauen bei Arbeitnehmer*innen

Betrachtet man die Instanz Arbeitgeber*innen als Anbieter autonomer Mobilität, fällt auf, dass diese vor allem bei den Arbeitnehmer*innen in UK, Polen und den USA einen Vertrauensbonus erhalten und die höchste Zustimmung erfahren:

- Es wird deutlich, dass die arbeitenden Generationen ihren Arbeitgeber*innen großes Vertrauen beim Anbieten autonomer Mobilität entgegenbringen.
- Insbesondere in den USA ist diese Tendenz stark ausgeprägt.
- Sowohl in UK, Polen und den USA sprechen sich Berufseinsteiger*innen bzw. Teilnehmer*innen aus der jüngsten Altersgruppe für die Arbeitgeber*in als Betreiber geteilter autonomer Mobilität aus.

“[Autonomous commuting solutions] could be a major aspect of increasing the attractiveness of the employer in the future whereas today other factors are defining the attractiveness.”

Giovanni CirceLa, USDAVIS

Die Präferenz kommunaler Anbieter als Betreiber autonomer Mobilität spiegelt sich auch in der Preiserwartung wider. Die Kosten für eine Fahrt müssen sich aus Nutzer*innensicht am ÖPNV orientieren.

Welchen Akteuren würden Sie ihr Vertrauen schenken,
wenn diese solche Dienstleistungen anbieten?
(Mehrfachnennung möglich)

	UK 	PL 	USA 
18-24	Meinem/meiner Arbeitgeber*in	Meinem/meiner Arbeitgeber*in	Meinem/meiner Arbeitgeber*in
25-34	Städten und Kommunen	Meinem/meiner Arbeitgeber*in	Meinem/meiner Arbeitgeber*in
35-44	Meinem/meiner Arbeitgeber*in	Meinem/meiner Arbeitgeber*in	Meinem/meiner Arbeitgeber*in
45-54	Privaten Mobilitätsanbietern Bahnbetreibern/ Flughafengesellschaften Automobilherstellern	Städten und Kommunen	Meinem/meiner Arbeitgeber*in
55-65	Kommunalen ÖPNV-Anbietern	Städten und Kommunen	Städten und Kommunen
65+	Kommunalen ÖPNV-Anbietern	Städten und Kommunen	Kommunalen ÖPNV-Anbietern

Abbildung 26: Ranking: gewünschte Betreiber geteilter autonomer Mobilität nach Altersgruppen (USA: n=1.089; UK: n=548; Polen: n=539)

Zahlungsbereitschaft für geteilte autonome Mobilität orientiert sich an bekannten Kenngrößen: ÖPNV ≤ autonome Mobilität < Taxi/Ride Hailing

Mehrzahlungsbereitschaft für ein geteiltes autonomes Fahrzeug als für die gleiche Strecke mit ...

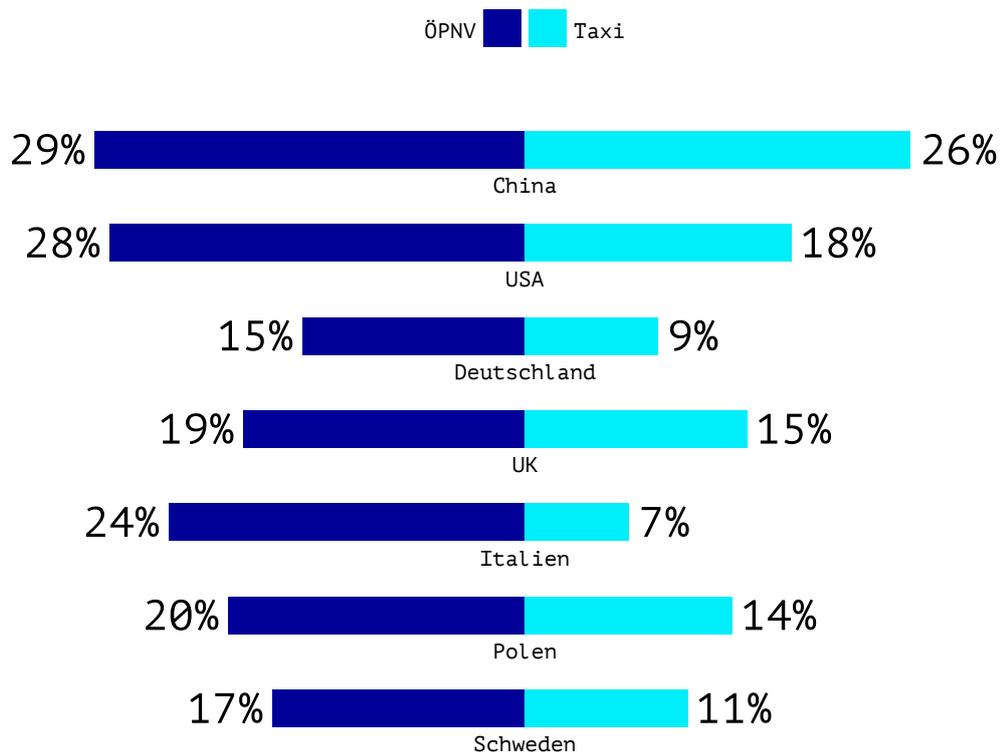


Abbildung 27: Mehrzahlungsbereitschaft für autonom fahrende Fahrzeuge im Vergleich zu ÖPNV und Taxi
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)



- Über alle Ländergrenzen hinweg besitzt der Großteil der Befragten eine Zahlungsbereitschaft für autonom fahrende Fahrzeuge äquivalent zu aktuellen ÖPNV-Tarifen.
- Die Bereitschaft zur Zahlung eines Mehrpreises im Vergleich zur gleichen Strecke mit dem ÖPNV liegt in den USA und China in etwa auf demselben Niveau.
- Im Marktvergleich sind die Nutzer*innen in Deutschland am seltensten bereit, mehr Geld für autonome Mobilitätsangebote auszugeben als für den ÖPNV.



Taxi

- Über alle Regionen hinweg ist die Mehrzahlungsbereitschaft für ein autonom fahrendes Fahrzeug geringer.
- Eine Ausnahme bilden die Ride-Hailing-Nutzer*innen. Sie sind länderübergreifend dazu bereit, für die Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge einen höheren Preis als für das reguläre Taxi zu bezahlen.
- In allen europäischen Ländern zeigt sich bei den jüngeren Generationen eine höhere Bereitschaft, mehr für die Nutzung eines autonom fahrenden Fahrzeugs auszugeben als für ein Taxi.

Expert*innen-Reflektion:

- Erhoffte ökonomische Effekte werden in allen drei Regionen, vor allem aber in China und den USA, als starker Treiber für die Einführung geteilter autonomer Mobilität gesehen.
- Es besteht Uneinigkeit, inwiefern die Verfügbarkeit von Fahrer*innen ein relevanter Einflussfaktor ist. Grundsätzlich werden weniger Fahrer*innen aber zu gewünschten ökonomischen Effekten bzw. einer Kostenreduktion führen, da das Personal nach wie vor einen großen Anteil der Betriebskosten ausmacht.
 - Länder mit hohen Gehältern, wie Deutschland, sind somit potenziell attraktiver.
 - Die Gefäßgröße von ÖPNV-Fahrzeugen nimmt mit sinkendem Gehalt von Fahrer*innen ab, da dann mehrere Fahrzeuge betrieben werden können → Autonomes Fahren ist somit ein Faktor, um kleinere Gefäße und somit mehr Flexibilität zu ermöglichen.
 - Mehrere Ride-Pooling-Anbieter (privatwirtschaftlich) bestätigen, dass sechs Sitzplätze mit aktuellen Pooling-Algorithmen gut zu betreiben sind.
- Die Knappheit von Fahrer*innen wird insbesondere in den USA in Bezug auf Lkws, aber auch allgemein im ländlichen Raum gesehen, denn autonomes Fahren ermöglicht vor allem einen 24/7-Betrieb. Mit Fahrer*innen ist das nachts nur schwer kostendeckend zu ermöglichen.
- Die Fahrer*innen erfüllen weitere Funktionen, die über das reine Führen des Fahrzeugs hinausgehen. Entsprechend müssen weitere Kostenblöcke beachtet werden, wie etwa ein Operations-Office zur Liveüberwachung der Fahrzeuge sowie Betriebshöfe und standardisierte Prozesse für tägliche Reinigung und Technikchecks.
- In den USA muss ein Abgleich zu Ride-Hailing-Diensten beachtet werden, wobei die Kosten für Fahrer*innen nicht nur tendenziell geringer sind, sondern auch viele weitere Aspekte des Geschäftsmodells abdecken, wie beispielsweise den eigenen Besitz der Fahrzeuge.
- Grundsätzlich wird erwartet, dass in China die Gehälter von Fahrer*innen, aber auch Logistik-Kurier*innen deutlich ansteigen, sodass Verfügbarkeit und Kosten der Fahrer*innen perspektivisch auch dort relevant werden.
- Für Europa, vornehmlich Deutschland, wurde vermehrt auf die Sondersituation der subventionierten ÖPNVs sowie die politische Aufgabe der allgemeinen Mobilitätsversorgung hingewiesen, was die Geschäfts- bzw. Betreibermodelle autonomer Mobilitätslösungen beeinflussen wird.

Zitat Geschäftsmodellexperte: Wenn in Europa, besonders in Deutschland, das Ride Hailing weiterhin reguliert wird, würde daraus ein Vorteil für den Einsatz geteilter autonom fahrender Fahrzeuge entstehen. Fraglich ist aber, ob dies dauerhaft Bestand haben kann.

Zitat Geschäftsmodellexperte: Die ODD bestimmt die notwendige Technik, diese wiederum die Kosten und somit das Geschäftsmodell, welches wiederum einen Einfluss auf die ODD haben kann.

Zitat Automotive OEM: Verkehrsplaner*innen in Deutschland gehen von vorneherein davon aus, dass der ÖPNV subventioniert werden muss, sodass entsprechende Geschäftsmodelle dahingehend zu kalkulieren sind.

Integration in Mobilitätssysteme: öffentliche Mobilität als Sprungbrett für autonome Mobilitätsangebote

(Un-)Zufriedenheit mit ÖPNV-Situation als Treiber geteilter autonomer Mobilität?

Neben den gesellschaftlichen Stimmen zu Problemfeldern in der Verkehrssituation am Wohnort legen wir im Folgenden die Meinungen zur ÖPNV-Situation insgesamt dar. Zu Beginn geben wir einen Überblick, wie hoch der Anteil an ÖPNV-Nutzer*innen in den Märkten ist und inwieweit die Befragten mit dem ÖPNV vor Ort zufrieden sind und welche Aspekte zu Unzufriedenheit führen. An diesen Punkten können autonome Mobilitätsangebote direkt ansetzen und bestehende Gaps schließen.

Haben Sie im letzten Monat eines dieser Verkehrsmittel
(S-Bahn/Straßenbahn/U-Bahn/Regionalverkehrsbus) genutzt?
ÖPNV-Nutzer*innen Anteil pro Land

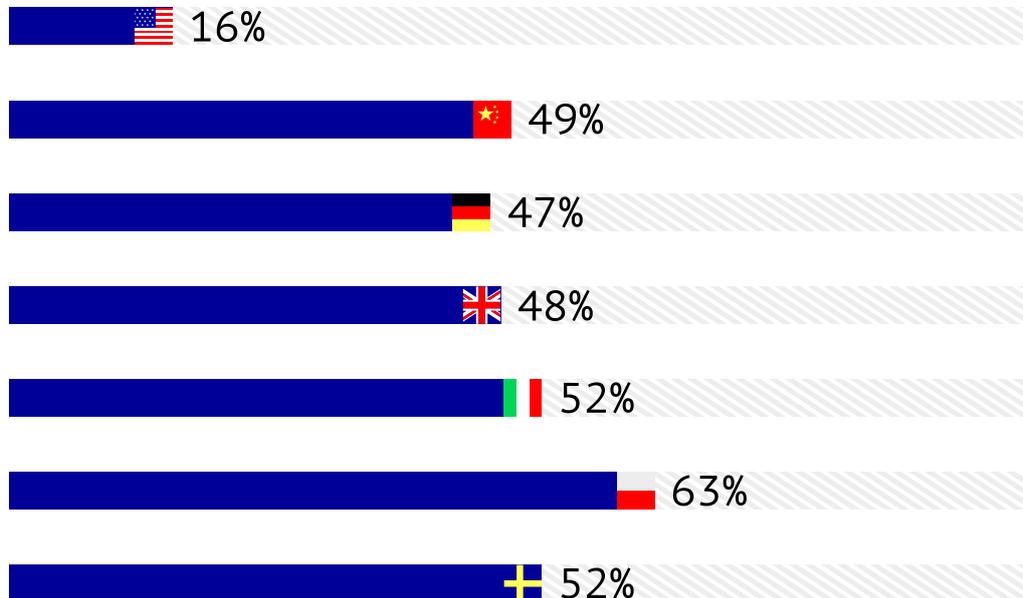


Abbildung 28: ÖPNV-Nutzer*innen Anteil pro Land
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545;
Polen: n=539; Schweden: n=545)

- In allen betrachteten Ländern nutzt fast jede*r Zweite das regionale ÖPNV-Angebot. Einzig in den USA zeigt sich eine deutliche Ablehnung.
- Geteilte autonome Mobilität kann vor allem dort ansetzen, wo bestehende Leistungen die Bedürfnisse noch nicht ausreichend abdecken. Betrachtet man nun die relativen Anteile derjenigen Befragten, die sehr unzufrieden mit der Leistung des ÖPNV sind, so zeigt sich der höchste Anteil in Italien und den USA.

Wie gut ist das ÖPNV-Angebot an Ihrem Wohnort?
Anteil **unzufriedene** ÖPNV-Nutzer*innen pro Land

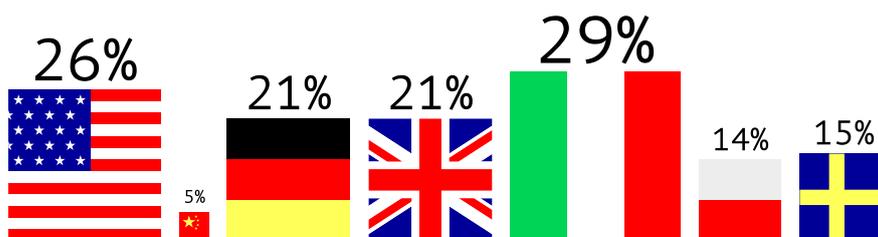


Abbildung 29: Unzufriedene ÖPNV-Nutzer*innen Anteil pro Land
(China: n=53; USA: n=282; Deutschland: n=109; UK: n=117; Italien n=156;
Polen: n=75; Schweden: n=80)

ÖPNV-Unzufriedenheit aufgrund mangelnder Mobilitätsleistung und zu hohen Preisen kann Chance für geteilte autonome Mobilität darstellen

Um einen passgenauen Service anzubieten ist es nicht nur wichtig zu wissen, ob die Bürger*innen unzufrieden mit dem ÖPNV sind, sondern vor allem, worin die genauen Gründe für den Unmut liegen. Unsere Befragung der unzufriedenen ÖPNV-Nutzer*innen zeigt, dass die drei größten Pain Points in der ungenügenden Mobilitätsleistung (Taktfrequenz, Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit) und der Preisstruktur liegen.

Warum bewerten Sie das ÖPNV-Angebot an Ihrem Wohnort als weniger, bzw. gar nicht gut? **Top 3 Gründe für Unzufriedenheit**
(Mehrfachnennung)

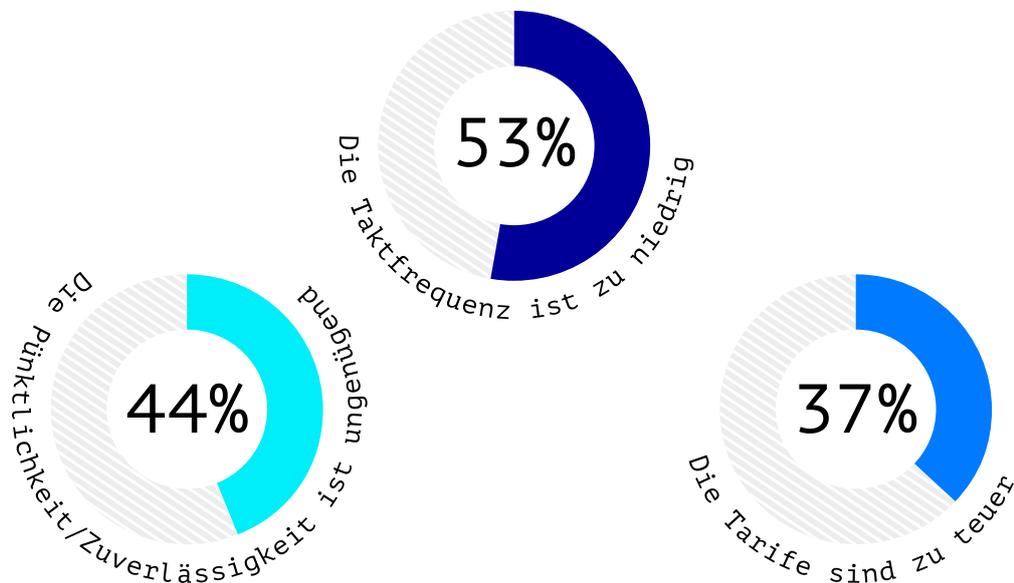


Abbildung 30: Top 3 Gründe für Unzufriedenheit
(n=2.965; Alle, die ÖPNV als weniger/gar nicht gut bewertet haben)

Autonome Mobilität als Alternative und Ergänzung des ÖPNVs

Wie bereits festgestellt, genießen neben Städten und Kommunen insbesondere ÖPNV-Gesellschaften großes Vertrauen bei den Befragten hinsichtlich der Eignung als Betreiber geteilter autonomer Mobilität. Dies spiegelt sich in der Analyse der Einsatzzwecke entsprechender Konzepte wider.

Zu welchem allgemeinen Zweck könnten geteilte autonom fahrende Fahrzeuge **besonders gut eingesetzt** werden?
(Mehrfachnennung möglich)

43%



Als Alternative zum ÖPNV

42%



In Gebieten, in denen es bisher noch kein (ausreichendes) ÖPNV-Angebot gibt

41%



Als Alternative zum Taxi, Ride Hailing & Co.

38%



In Randzeiten, wenn kein ÖPNV-Angebot zur Verfügung steht

36%



Für Routen, die bisher nicht oder nur mit größerem Zeitaufwand mit dem ÖPNV zurückgelegt werden können

35%



Als eigenständiges, neues Mobilitätsangebot

31%



Als Zubringer von und zu bestehenden ÖPNV-Knotenpunkten

30%



Für die letzte Strecke innerhalb einer Reise

Abbildung 31: Einsatzzwecke geteilter autonom fahrender Fahrzeuge
n=4868

- Es wird deutlich, dass der Einsatz geteilter autonomer Mobilität insbesondere als Alternative zum ÖPNV sowie in Gebieten, in denen es bisher noch kein (ausreichendes) ÖPNV-Angebot gibt, infrage kommt.
- Bei der Analyse nach Stadttypen fällt auf, dass sich in urbanen Regionen, in denen die Verkehrs- und ÖPNV-Infrastruktur besser als im ländlichen Raum ausgebaut ist, die Einsatzzwecke stark unterscheiden.
 - Im urbanen Raum wirken Unzufriedenheit oder Überlastung der ÖPNV-Systeme als treibende Kräfte hinter dem Wunsch nach einem Alternativangebot durch geteilte autonome Mobilität. Eine Entlastung des konventionellen ÖPNVs wäre durch die Integration geteilter autonomer Mobilität denkbar.
 - Im ruralen Gebiet wird insbesondere die Daseinsvorsorge durch Mobilität genannt. Die ÖPNV-Systeme und Infrastruktur sind hier bedeutend schlechter ausgebaut als im urbanen Raum, was den Einsatz von geteilten autonom fahrenden Fahrzeugen befördert. Eine Integration in ein bestehendes ÖPNV-System ist eher unwahrscheinlich.

Autonome Mobilität als zweite Chance für das ÖPNV-System in den USA?

- Zur Versorgungssicherheit insbesondere im ländlichen Raum, besitzt geteilte autonome Mobilität eine hohe Relevanz. Bei der Aufschlüsselung nach Märkten nimmt die Situation in den USA eine Sonderstellung ein, weswegen wir sie im Detail betrachten.
- Der ÖPNV in den USA ist aufgrund der historischen Entwicklung nur gering ausgebaut und wenig leistungsfähig (Statista Research Department, 2022). Das Problem besteht unter anderem in der Siedlungsstruktur: Öffentliche Verkehrsmittel rentieren sich bei einer hohen Bevölkerungs- und Nutzungsdichte. In den USA dominiert jedoch eine suburbane Zersiedelung. Die Bewohner*innen sind wegen des zurückgehenden Angebots an öffentlichen Verkehrsmitteln daher auf Privat-Pkw angewiesen. Die öffentlichen Verkehrsmittel wurden auf ein kleines Netz von Bussen und U-Bahnen im urbanen Raum reduziert. 61 % der Amerikaner*innen geben an, öffentliche Verkehrsmittel „nie“ zu nutzen (Faris, 2015).

Zu welchem allgemeinen Zweck könnten **geteilte autonom fahrende Fahrzeuge besonders gut eingesetzt** werden? 
(Mehrfachnennung möglich)

46%

In Gebieten, in denen es bisher noch kein (ausreichendes) ÖPNV-Angebot gibt

45%

Als Alternative zum Taxi, Ride Hailing & Co.

42%

Als Alternative zum ÖPNV

Abbildung 32: Top 3 Einsatzzwecke für geteilte autonom fahrende Fahrzeuge in den USA
n=1.089 (USA)

- Bei der Detailbetrachtung des US-amerikanischen Markts fällt auf, dass der am häufigsten genannte Einsatzzweck für geteilte autonom fahrende Fahrzeuge die Schließung der ÖPNV-Lücke ist. 46 % der befragten Amerikaner*innen äußern den Wunsch, dass autonome Mobilität in Gebieten, in denen es bisher noch kein (ausreichendes) ÖPNV-Angebot gibt, besonders nutzenstiftend wäre.
- Dieser Umstand eröffnet dem ÖPNV-System in den USA eine neue Chance. Die Grundlage hierfür könnten zukünftig geteilte autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge sein.

Expert*innen-Reflektion:

- Wir sehen eine grundsätzlich hohe Zustimmung, dass sich autonome Mobilitätslösungen homogen in bestehende Verkehrsangebote integrieren sollten.
- Geschäftsmodellexpert*innen sehen dies aber kritisch, da die eigentlichen ökonomischen Potenziale und der entstehende Nutzen im freien Door-2-Door-Einsatz gesehen werden.
- Die Integration in bestehende Systeme wird jedoch als relevant gesehen, um mit Städten und Kommunen zusammenzuarbeiten. Dies ist für das Ausweisen der Geschäftsgebiete und die Bereitstellung des rechtlichen Rahmens vor Ort unerlässlich.
- Vor allem in Stoßzeiten wird auf die Notwendigkeit von Angeboten mit großen Kapazitäten hingewiesen. Gerade der Pendelverkehr oder das Anbieten von Last Mile Shuttles zu üblichen Arbeitszeiten werden daher als kritisch bewertet.
- Grundsätzlich wird die Integration befürwortet, jedoch angemerkt, dass die Unternehmen typischerweise privatwirtschaftlich agieren. Auch der ÖPNV muss eine Integration anstreben und ermöglichen.

Zitat Ride-Pooling-Anbieter (privatwirtschaftlich): Für regelmäßige Fahrten sind wir eigentlich zu teuer, insofern werden unsere Angebote eher als situative Ergänzung von bestehenden Angeboten gesehen, sodass diese räumlich oder zeitlich nicht flächendeckend verfügbar sein können.

Zitat Geschäftsmodell-Experte: Wenn die Systeme irgendwann günstig sind und robust funktionieren, können Verkehrssysteme völlig neu gedacht werden, nicht nur hinsichtlich einer punktuellen ÖPNV-Anbindung.

THE AUTONOMOUS GAP



An aerial view of a city skyline at dusk, with a teal color overlay. The image shows several tall skyscrapers and a street with a dome-shaped building in the foreground. The text is overlaid on the image.

Autonome Mobilitätskonzepte im Spiegel internationaler Marktregionen

Auf Basis des bisherigen Forschungsstandes rücken im Folgenden fünf zukunftsrelevante Konzepte geteilter autonomer Mobilität in den Fokus. Dabei werden zum einen die Nutzungswahrscheinlichkeit sowie Einsatzmöglichkeiten des jeweiligen Konzepts dargelegt. Zum anderen werden die Befragungsergebnisse direkt den Erkenntnissen und Eindrücken der Expert*innen gegenübergestellt und ein Ausblick auf die jeweiligen Potenziale innerhalb der betrachteten Märkte gegeben.

VIP - Shuttle

Das VIP-Shuttle ist ein Mobilitätsangebot, das sich besonders stark am Werteverprechen des Individualverkehrs orientiert. Dementsprechend sind die luxuriös ausgestatteten Fahrzeuge für zwei bis vier Personen ausgelegt, die als exklusives Car Sharing eingesetzt werden können. Der Pooling-Gedanke ist bei diesem Konzept untergeordnet. Viel eher stehen Privatsphäre und Komfort im Vordergrund.

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die folgenden geteilten autonomen Fahrzeuge künftig nutzen?

Nutzung VIP-Shuttle (sehr) wahrscheinlich

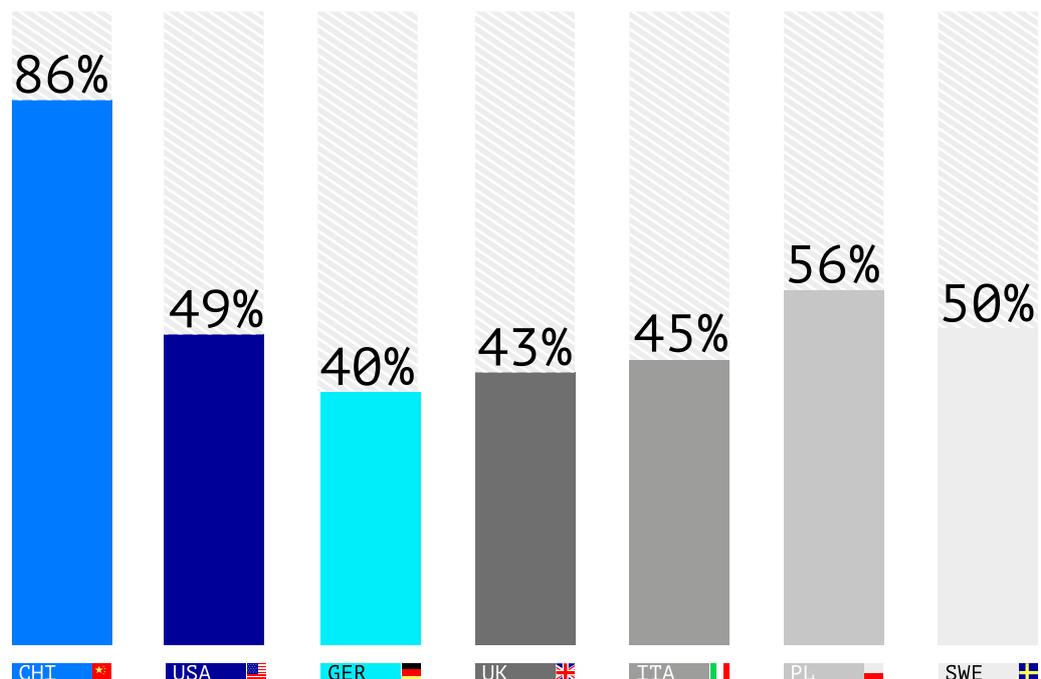


Abbildung 33: Wahrscheinliche Nutzung autonomer Fahrzeuge als VIP-Shuttle (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)

VIP-Shuttles im Pendelverkehr und als Entertainment in China

- China zeigt im Ländervergleich die höchste Nutzungsintention für VIP-Shuttles.
- Vor allem die ältere Generation (55 Jahre und älter) in China spricht sich für das Konzept des VIP-Shuttles aus. Am häufigsten wird dabei der Transport zur Arbeitsstätte sowie zum Bahnhof/Flughafen gewählt.
- Die USA und China stehen einer VIP-Shuttle-Nutzung fahrtzweckunabhängig positiver gegenüber als die Befragten in Europa.



Expert*innen-Reflektion:

- Die Nachhaltigkeit von VIP-Shuttles wird von den befragten Expert*innen stark bezweifelt. Gerade vonseiten der Automotive OEMs wird dennoch von einer hohen Nachfrage ausgegangen.
- Das freie autonome Fahren, insbesondere auch im urbanen Verkehr, wird als technisch sehr herausfordernd eingeschätzt, da externe Einflüsse zu jeder Zeit kontrolliert werden müssen. Dies ist zum jetzigen technischen Stand noch nicht möglich.
- Als Kritikpunkt wird deutlich hervorgehoben, dass durch VIP-Shuttles keine Verkehrsentlastung entsteht. Fraglich ist daher, ob sie bei zunehmendem Verkehr eine attraktive Lösung darstellen und das Pkw-Volumen tatsächlich reduzieren können.

Relevante Märkte: China und USA

Die Gesamtanalyse zeigt, dass VIP-Shuttles in China und den USA gefragter sind als in den europäischen Ländern. Bedingte Nachhaltigkeitspotenziale, der komplexe und enge europäische Verkehr und die fehlende Bereitschaft, Sonderstrecken einzurichten, gelten dabei als entscheidende Hürden in Europa. Wesentlicher Treiber in China und den USA ist der Wunsch nach individueller und komfortabler Mobilität. In China wird dies noch durch die hohe Bedeutung von Privatsphäre verstärkt; zudem gilt hier ein großes Fahrzeug als besonderes Statussymbol.

Betrachten Sie nochmals die von Ihnen gewünschten Angebote:
 Welches Fahrzeugkonzept ist hierfür vermutlich besonders
 gut geeignet? (Mehrfachnennung möglich)

Eignung VIP-Shuttle

THE AUTONOMOUS GAP

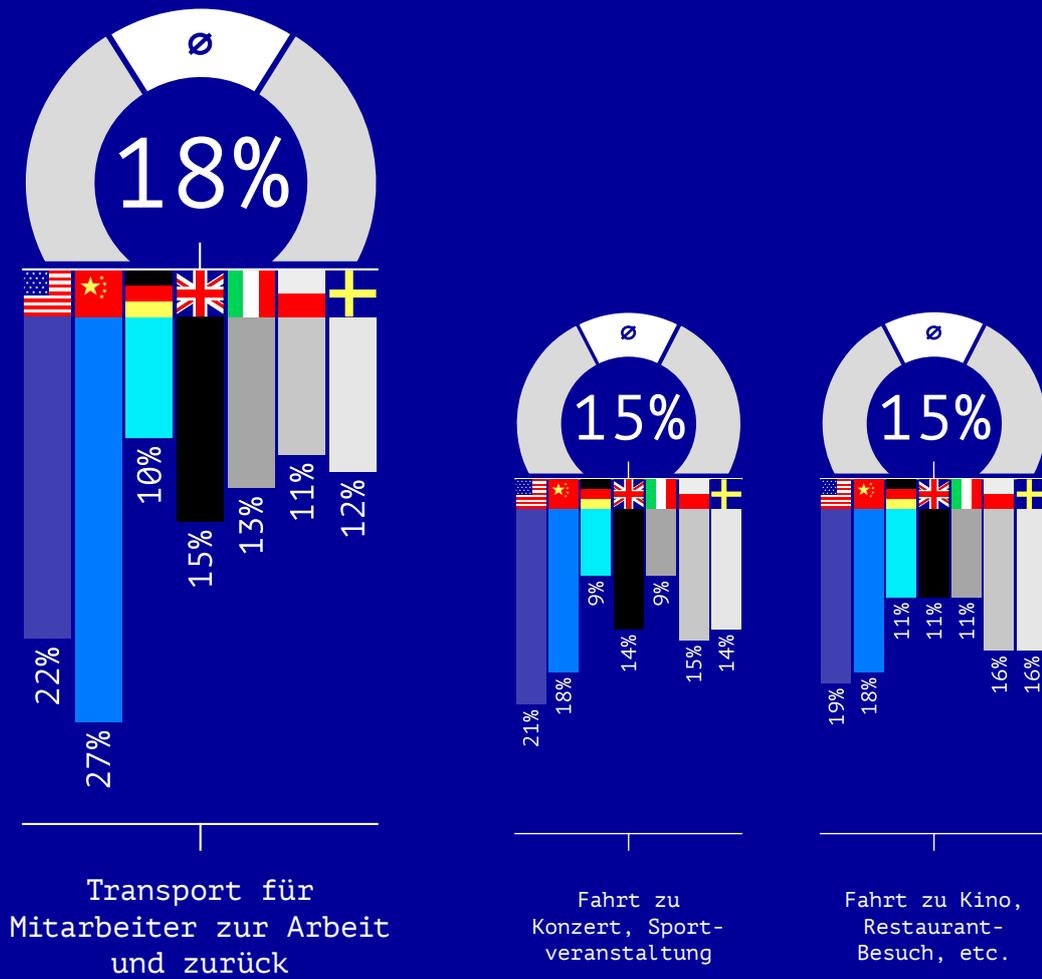
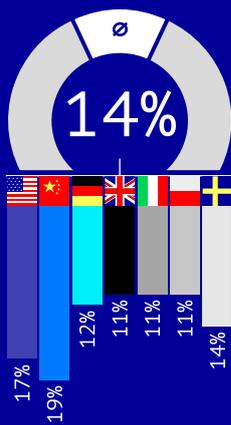
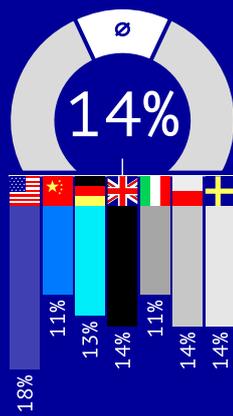


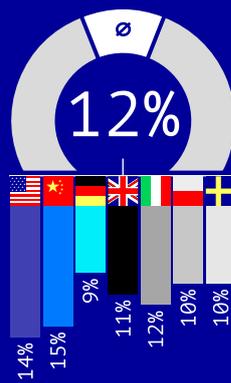
Abbildung 34: Eignung VIP-Shuttle
 n=4868 (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien
 n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)



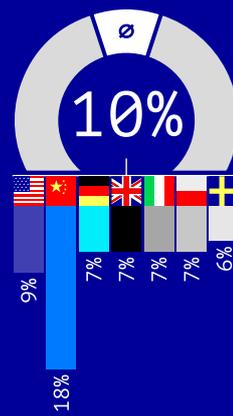
Fahrt zu
Besorgung/
Shopping, etc.



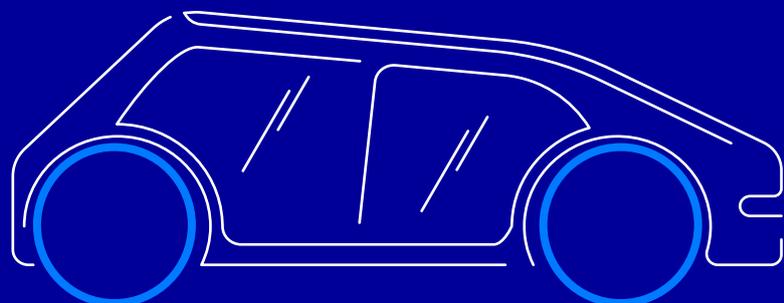
Transport zum
Bahnhof/Flughafen
und zurück



Fahrt innerhalb
Wohngegenden,
Innenstädten



Transport
innerhalb des
Werksgeländes



Kleinstfahrzeug

Das Segment des Kleinstfahrzeugs beinhaltet kompakte Fahrzeuge, die vor allem im urbanen Raum als Car Sharing-Konzept eingesetzt werden sollen. Es handelt sich um sehr kleine und wendige Fahrzeuge, die auf den Stadtverkehr ausgelegt sind. Ihr Platzangebot von ein bis zwei Sitzplätzen ist für die allermeisten innerstädtischen Fahrten ausreichend.

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die folgenden geteilten autonomen Fahrzeuge künftig nutzen würden?

Nutzung Kleinstfahrzeuge (sehr) wahrscheinlich

THE AUTONOMOUS GAP

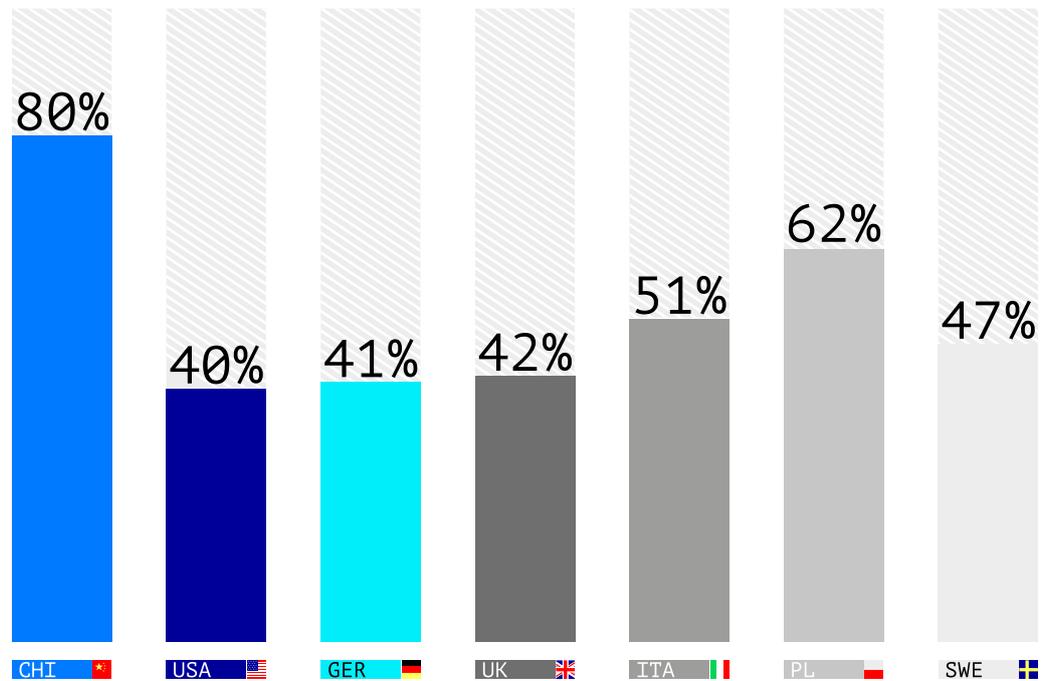


Abbildung 35: Nutzung Kleinfahrzeuge (sehr) wahrscheinlich
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545;
Polen: n=539; Schweden: n=545)

Das Kleinstfahrzeug wird im internationalen Vergleich übergreifend für kürzere Privatfahrten in den Bereichen Besorgung oder Entertainment gewünscht



- Länderübergreifend wird das Kleinstfahrzeug vor allem für kürzere Besorgungs- oder Freizeitfahrten ins Kino oder zum Restaurant gewählt.
- In Polen, Schweden und China wird das Konzept tendenziell eher von der älteren Bevölkerung präferiert (45 Jahre und älter)

Expert*innen-Reflektion:

- Der fehlende Beitrag zur Verkehrsentslastung aufgrund der niedrigen Sitzanzahl wird von den Expert*innen kritisch gesehen.
- Autonome Kleinstfahrzeuge könnten sogar zu mehr Einzelfahrten bzw. ohne übergreifendes Ride-Pooling-Konzept zu Leerfahrten vor und nach der Fahrt führen. Kritisch ist auch die technische Komplexität im Verhältnis zur Gefäßgröße. Eine Bindung an spezielle Strecken würde wiederum größere Fahrzeuge und Ride Pooling attraktiver machen.
- Bei höheren Kosten müssten wiederum höhere Erträge generiert werden, was eine Ausrichtung an Taxis bedeuten würde. VIP-Shuttles scheinen hier im Vergleich ökonomischer geeignet.
- Der Einsatz von Kleinstfahrzeugen wird eher später und als Ergänzung zu dann existierenden, autonomen Pooling-Konzepten erwartet, um situative Individualfahrten anzubieten.

Relevanter Markt: USA

Kleinstfahrzeuge werden in frühen Anwendungen voraussichtlich in den USA eingesetzt werden. Die starke Orientierung am individuellen Pkw, der unattraktive ÖPNV sowie die auf den Automobilverkehr ausgelegten Siedlungsstrukturen können den Einsatz von Kleinstfahrzeugen begünstigen. Dies widerspricht allerdings den Ergebnissen der Nutzer*innenbefragung, sodass näher analysiert werden muss, inwieweit sich die von den Expert*innen prognostizierte Markteignung tatsächlich in einer steigenden Nutzungsakzeptanz niederschlägt. In China werden laut der Expert*innen größere und komfortablere Fahrzeuge nachgefragt. Der Wunsch nach Privatsphäre kann ein Stellhebel gegenüber Ride-Pooling-Diensten sein. Der höhere Grad an Privatsphäre in kleineren Fahrzeugen spiegelt sich in der sehr dominanten Nutzungsentention der chinesischen Befragten gegenüber geteilt autonom fahrenden Kleinstfahrzeugen wider. Für Europa werden diese Fahrzeugkonzepte weniger Relevanz besitzen. Sie könnten in späteren Phasen als ergänzende Angebote in Mobility-as-a-Service-Angebote integriert werden. Gemäß der gewünschten Fahrtzwecke zeigt sich hier für die europäischen Länder eine hohe Relevanz für private Besorgungsfahrten und Potenziale für die Alltagsmobilität.

Betrachten Sie nochmals die von Ihnen gewünschten Angebote:
 Welches Fahrzeugkonzept ist hierfür vermutlich besonders gut
 geeignet? (Mehrfachnennung möglich)

Eignung Kleinfahrzeuge

THE AUTONOMOUS GAP

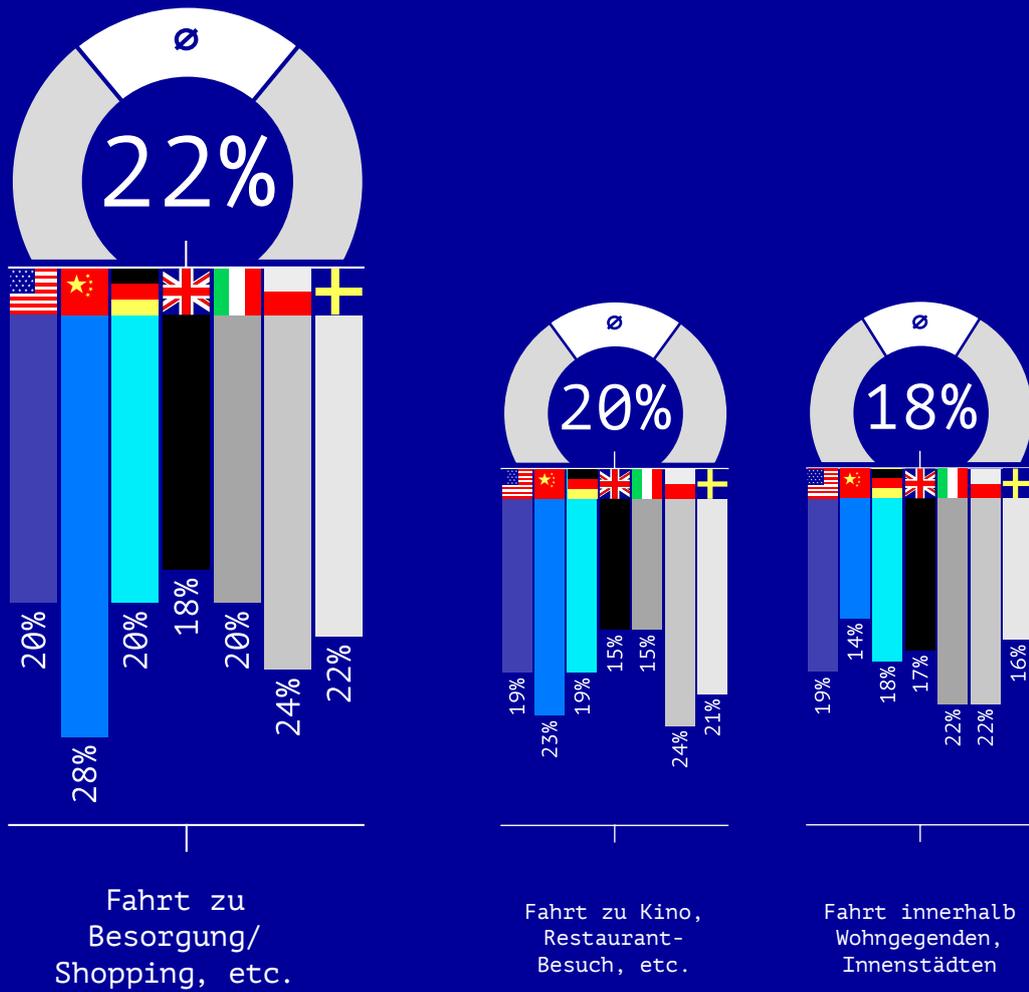
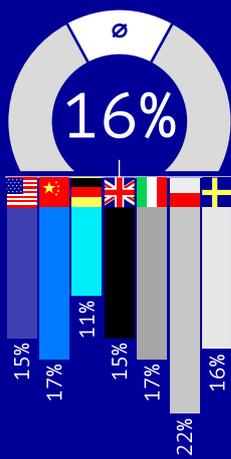
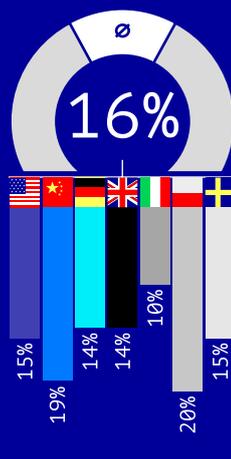


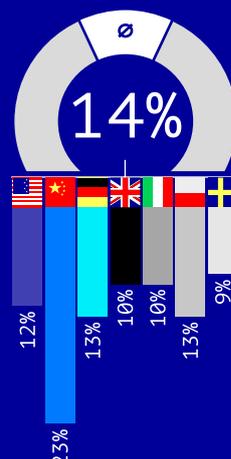
Abbildung 36: Eignung Kleinstfahrzeuge
 n=4.868 (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548;
 Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)



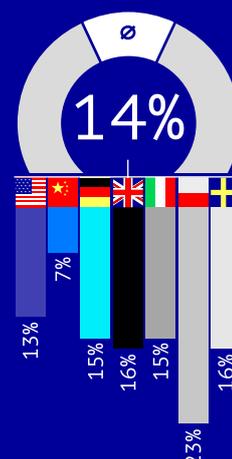
Transport für Mitarbeiter zur Arbeit und zurück



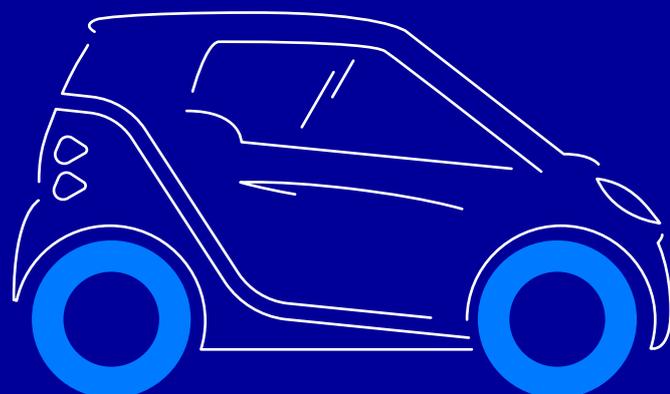
Fahrt zu Konzert, Sportveranstaltung



Transport innerhalb des Werksgeländes



Transport zum Bahnhof/Flughafen und zurück



Komfort - Shuttle

Das Komfort-Shuttle soll in erster Linie den Verkehr durch regelmäßige Hin- und Rückfahrten zur Arbeits- bzw. Ausbildungsstätte reduzieren, beispielsweise durch eine gute Anbindung an den ÖPNV wie bei heutigen Park & Ride-Systemen. Komfort-Shuttles werden dabei vorwiegend im Ride Pooling betrieben, das verschiedene Fahrtenfragen bündelt. Dementsprechend sind ein komfortables Interieur sowie flexible Buchungszeiten erforderlich, um mit dem privaten Pkw tatsächlich zu konkurrieren. Die eingesetzten Fahrzeuge sind tendenziell große und besonders hohe Fahrzeuge mit bequemem Ein- und Ausstieg.

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die folgenden geteilten autonomen Fahrzeuge künftig nutzen würden?

Nutzung Komfort-Shuttle (sehr) wahrscheinlich

THE AUTONOMOUS GAP

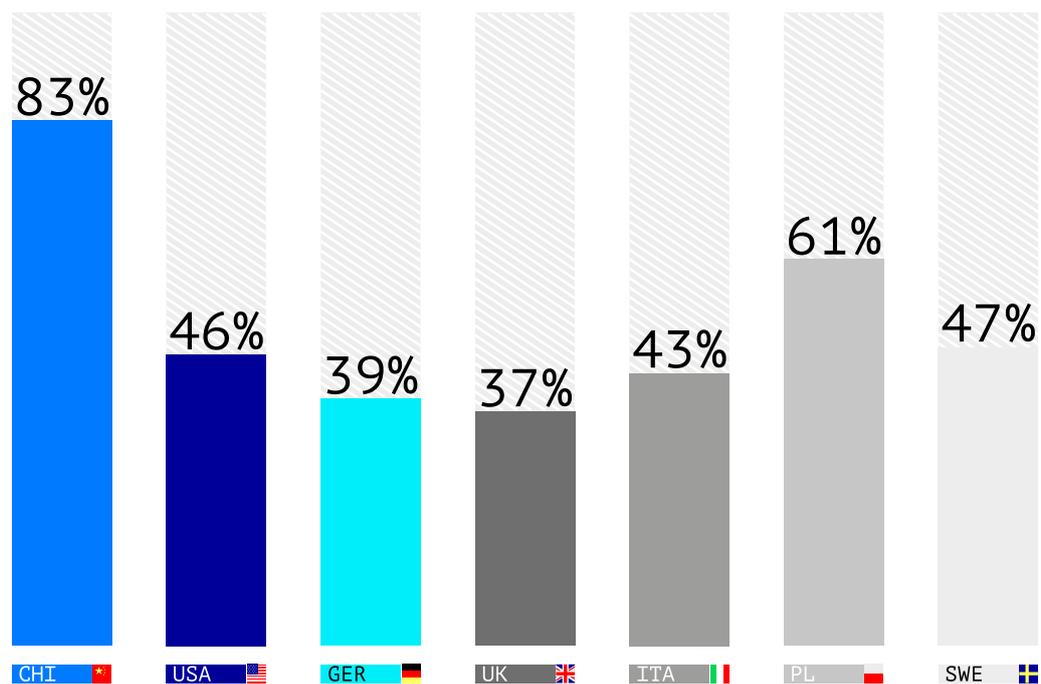


Abbildung 37: Nutzung Komfort-Shuttle (sehr) wahrscheinlich
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545;
Polen: n=539; Schweden: n=545)

Das Komfort-Shuttle eignet sich in Europa und den USA als Zubringer, in China hingegen wird es für Werksmobilität bevorzugt. Es wird übergreifend für längere Distanzen gewünscht



- Im Ländervergleich zeigt sich ein besonders hohes Nutzungsinteresse auf dem chinesischen und polnischen Markt. UK und Deutschland sind hier deutlich zurückhaltender.
- Das Komfort-Shuttle wird länderübergreifend eher für längere Transportstrecken gewählt.
- In Polen und den USA wird es zudem als interessante Möglichkeit für den Transport zu Sportveranstaltungen/Konzerten sowie innerhalb von Wohngebieten bewertet.
- Das Konzept wird vor allem von der ländlichen Bevölkerung für private Zwecke priorisiert (außer in Deutschland und UK).

Expert*innen-Reflektion:

- Komfort-Shuttles werden als frühe Form geteilter autonomer Mobilität erwartet und als grundsätzlich attraktiv gesehen.
- Das Konzept ermöglicht das direkte Aufsetzen neuer Geschäftsmodelle in Kombination mit Erkenntnissen aus aktuellem Ride-Pooling-Nutzungsverhalten.
- Auch Anbieter von Pilotprojekten auf Pkw-Basis verfolgen perspektivisch die Umsetzung von Ride Pooling.
- Komfort-Shuttles werden dabei als Mobilitätskonzept zur Ergänzung des ÖPNV gesehen.

Relevante Märkte: Europa, China und USA

Das Komfort-Shuttle wird voraussichtlich eine frühe Bedeutung in allen drei Märkten erhalten, wobei Europa aufgrund der Komplexität des Verkehrs in der Umsetzung etwas zurückbleiben wird. Ride Pooling wird ein starker Treiber für Europa, aber auch in den USA sein. In China gilt es hingegen zu beobachten, wie sich entsprechende Angebote zwischen den individuellen VIP-Shuttles und Großraumfahrzeugen positionieren können – denkbar ist dort aber der sehr frühe Einsatz als Werksmobilitätslösung. Das chinesische Sample zeigt im Vergleich das größte Potenzial für Komfort-Shuttles. Ein positiver Effekt auf die Verbreitung in Europa, und hier vor allem in Deutschland, stellt neben den hohen Gehältern der Fahrer*innen die Regulierung des Mobilitätsmarktes dar. Dieser verhindert günstigere Ride-Hailing-Angebote und ermöglicht somit attraktivere Konditionen für autonome Komfort-Shuttles als in anderen Märkten mit stärkerer Konkurrenz durch Ride-Hailing-Dienste.

Betrachten Sie nochmals die von Ihnen gewünschten Angebote:
 Welches Fahrzeugkonzept ist hierfür vermutlich besonders gut
 geeignet? (Mehrfachnennung möglich)

Eignung Komfort-Shuttle

THE AUTONOMOUS GAP

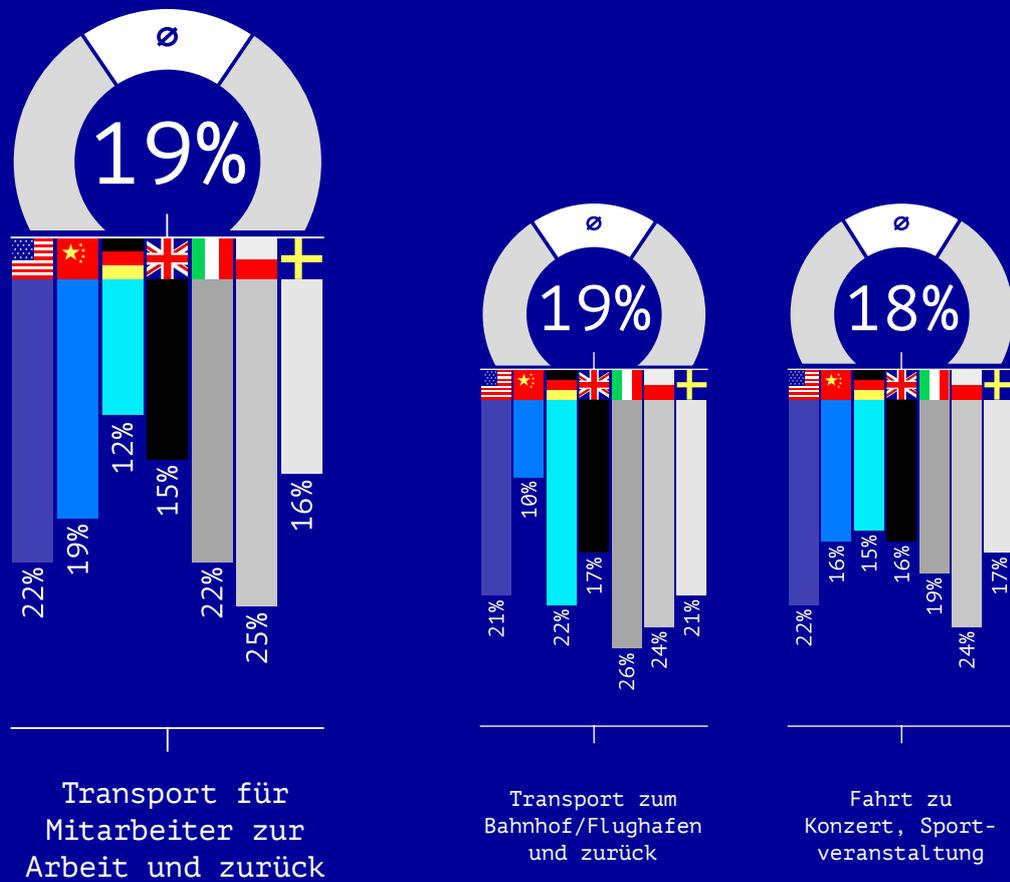


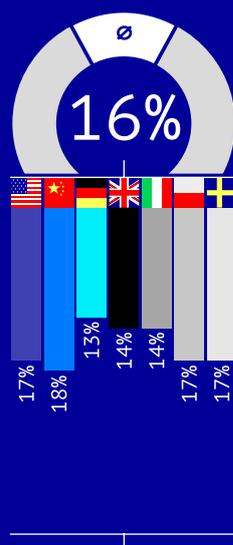
Abbildung 38: Eignung Komfort-Shuttle
 n=4.868 (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548;
 Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)



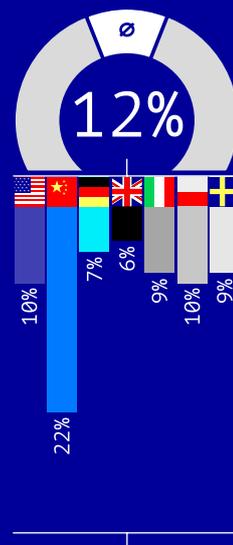
Fahrt innerhalb von Wohngebieten, Innenstädten



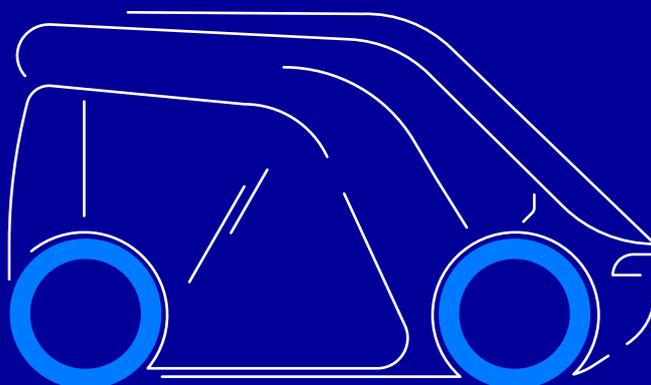
Fahrt zu Besorgung/ Shopping, etc.



Fahrt zu Kino, Restaurant-Besuch, etc.



Transport innerhalb des Werksgeländes



Peoplemover

Peoplemover basieren auf autonom fahrenden Kleinbussen. Sie sind für die öffentliche Nutzung als fester Bestandteil eines strecken- und liniengebundenen ÖPNV-Systems vorgesehen. Der Fokus liegt auf dedizierten, meist verkehrsberuhigten Gebieten (z.B. Altstädte oder Fußgängerzonen) und deren Verbindungen zum ÖPNV-Netz. Die eingesetzten Fahrzeuge bieten Platz für zehn bis 25 Passagiere und zeichnen sich durch einen sehr funktionalen und zweckorientierten Innenraum aus – ohne besondere Komfortfunktionen oder Designelemente.

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die folgenden geteilten autonomen Fahrzeuge künftig nutzen?

Nutzung Peoplemover (sehr) wahrscheinlich

THE AUTONOMOUS GAP

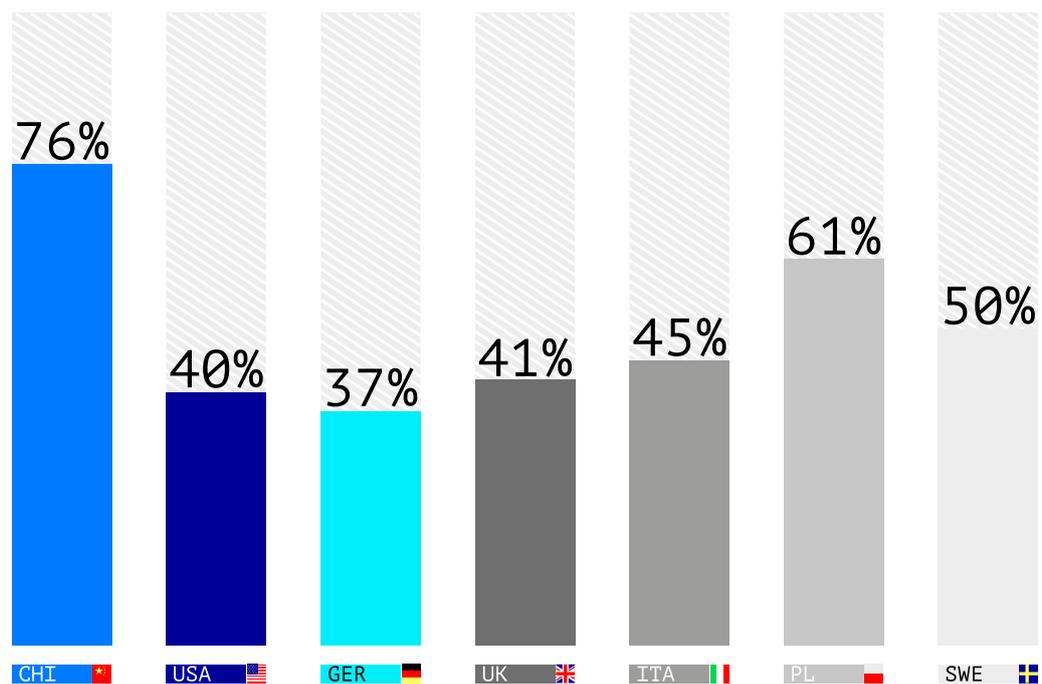


Abbildung 39: Nutzung Peoplemover (sehr) wahrscheinlich
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545;
Polen: n=539; Schweden: n=545)

Der Peplemover wird vor allem in Europa und den USA als relevantes Konzept gesehen. Dabei eignet er sich besonders für Pendelfahrten oder als Zubringer zu Knotenpunkten

- Der Peplemover scheint länderübergreifend für funktionale Pendelfahrten wie den Weg zur Arbeit oder zum Flughafen/Bahnhof ein geeignetes Konzept darzustellen.
- Das chinesische Sample sieht zweckübergreifend die geringsten Einsatzmöglichkeiten.
- In der Tendenz sehen europäische ÖPNV-Nutzer*innen länderübergreifend (außer in Deutschland) ein höheres Potenzial für den Einsatz zu Pendelzwecken.



Expert*innen-Reflektion:

- Peplemover werden als erste Form autonomer Mobilität auf dedizierten Strecken erwartet.
- Das Einsatzpotenzial wird vorwiegend beim Ausbau des ÖPNV-Netzes gesehen und mit festen Haltestellen sowie teilweisem Fahrplanbetrieb erwartet.
- Geschäftsmodelle lassen sich vorwiegend durch eine komplette Integration in den ÖPNV realisieren, wenn die Technikkosten nicht zu hoch werden.
- Mit zunehmender Gefäßgröße wird der Kostenvorteil gegenüber konventionellen Kleinbussen mit Fahrer*innen spürbar.
- Fahrzeuge mit zu geringer Kapazität können den ÖPNV dahingegen nicht sinnvoll erweitern (z. B. Kapazitätsengpässe bei der Umsteigesituation einer voll besetzten U-Bahn zu Stoßzeiten).

Relevante Märkte: Europa und USA

Geteilte autonome Großraumfahrzeuge werden vor allem in Europa gefördert und akzeptiert. Sie werden dort zunehmend auf definierten Strecken und spezifischen Operationsgebieten eingesetzt werden, beispielsweise auf gut strukturierten Straßen mit gerichtetem Verkehr – wie Stadtautobahnen und in verkehrsberuhigten urbanen Bereichen mit zusätzlicher V2X-Unterstützung. Der Einsatz auf gesonderten Fahrspuren wird vorwiegend nur dann möglich sein, wenn diese bereits frühzeitig in der Quartiersplanung oder, grundsätzlichen verkehrlichen Umstrukturierung von Arealen mitgedacht werden. In China werden sich entsprechende Angebote mit dem zumeist gut ausgebauten ÖPNV messen müssen und voraussichtlich dort eingesetzt werden, wo der ÖPNV Lücken aufweist. Grundsätzlich tendieren die chinesischen Nutzer*innen eher zu kleineren, individuelleren Fahrzeugkonzepten, wodurch Peplemover für den chinesischen Markt ein geringeres Potenzial haben. Eine große Akzeptanz erfahren die Fahrzeuge mit Passagiervolumen von zehn bis 20 Plätzen in den USA. Dort besteht die Möglichkeit, schnell neue ÖPNV-Strukturen auf Basis dieser Fahrzeuge aufzubauen. Fraglich ist jedoch, wer als Betreiber der Angebote infrage kommt und wie dessen Geschäftsmodell funktioniert. Der bewusste Aufbau und die proaktive Förderung solcher Mobilitätssysteme durch Städte und Kommunen werden innerhalb des US-amerikanischen Markts als weniger wahrscheinliches Szenario betrachtet. In Europa und China ist dies hingegen ein zentraler Faktor für die Verbreitung von Peplemovern.

Betrachten Sie nochmals die von Ihnen gewünschten Angebote:
 Welches Fahrzeugkonzept ist hierfür vermutlich besonders gut
 geeignet? (Mehrfachnennung möglich)

Eignung Peplemover

THE AUTONOMOUS GAP

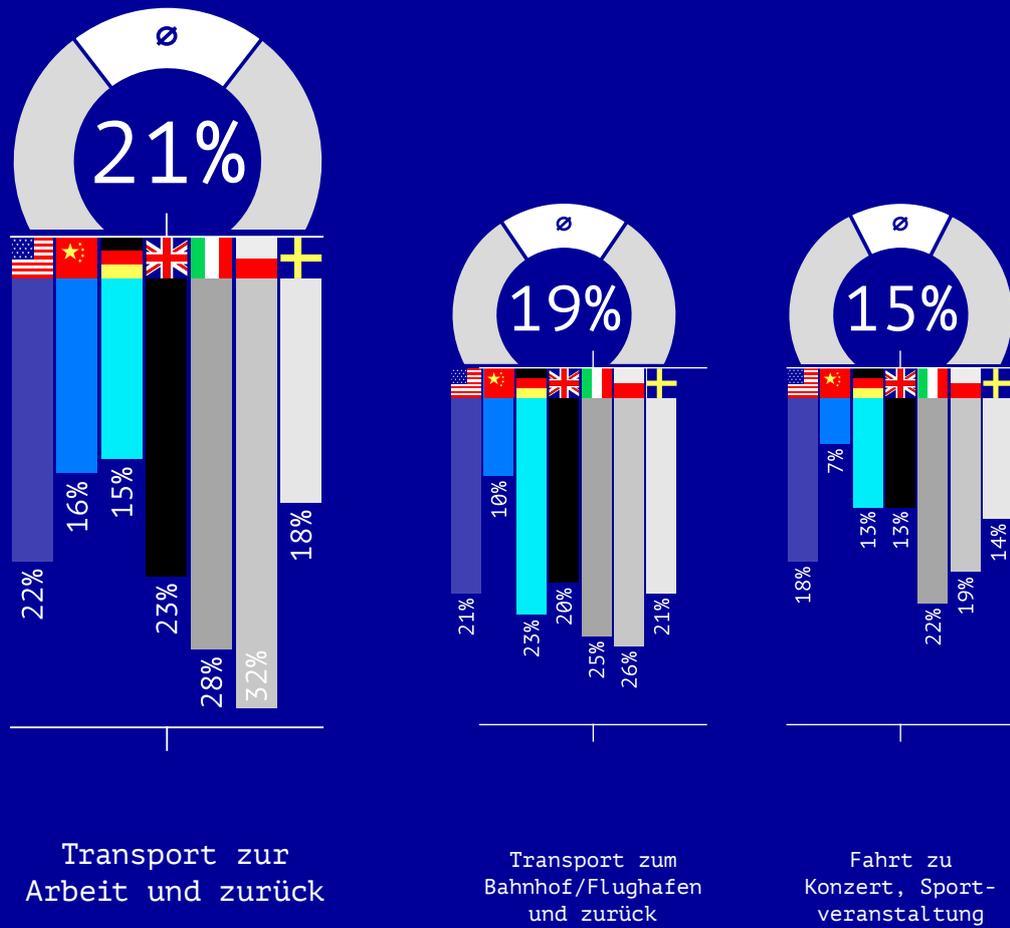
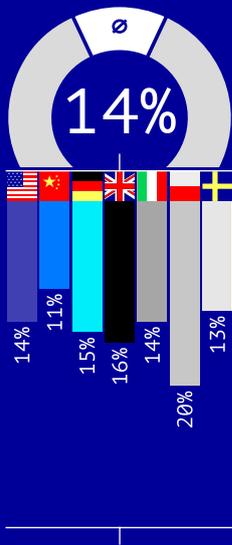
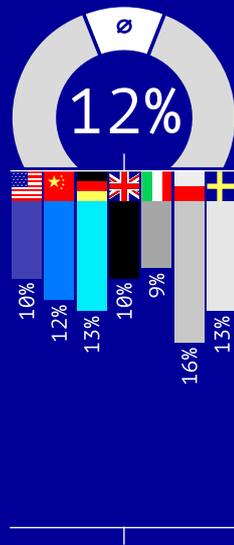


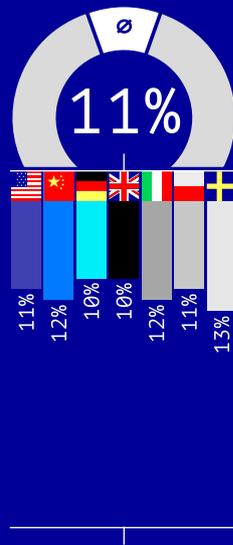
Abbildung 40: Eignung Peplemover
 n=4.868 (China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548;
 Italien n=545; Polen: n=539; Schweden: n=545)



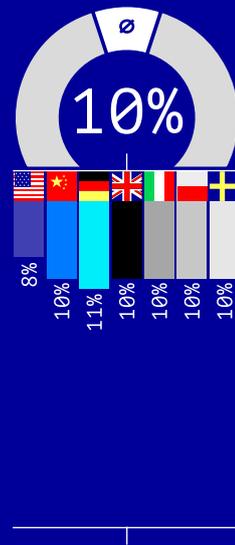
Fahrt innerhalb von Wohngebieten, Innenstädten



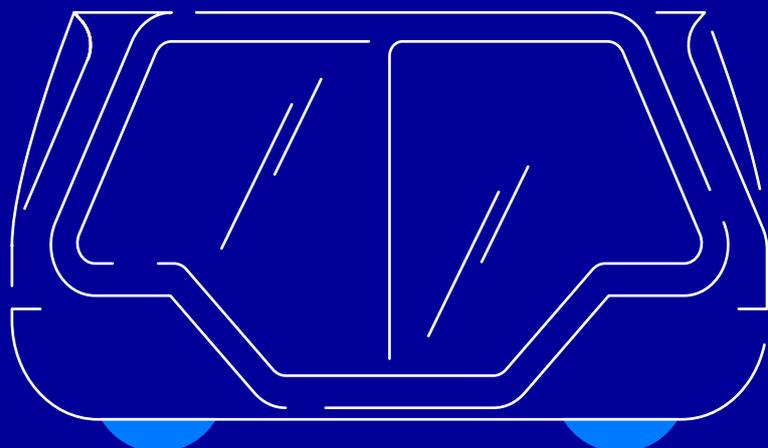
Fahrt zu Besorgung/ Shopping, etc.



Transport innerhalb des Werksgeländes



Fahrt zu Kino, Restaurant-Besuch, etc.



Distributionslogistik

Unsere Befragung konzentriert sich für die Distributionslogistik auf die Endkund*innenperspektive. Betrachtet wird eine autonome Transportlösung, die den Lieferservice von einem Anbietenden oder einem Zwischenlager direkt zur Endkundschaft übernimmt. Die eingesetzten Fahrzeuge können dabei unterschiedliche Dimensionen annehmen: von variablen Kleintransportern bis hin zu größeren Spezialfahrzeugen für einzelne Lieferungen. Dementsprechend bewegen sie sich im öffentlichen Mischverkehr oder bei entsprechender Zulassung sogar auf Gehwegen. Logistik-B2B-Lösungen wie Highway-Trucks oder Platooning reflektieren wir zusätzlich im Rahmen der Expert*inneninterviews.

Wie interessant wäre es für Sie, wenn autonom fahrende Fahrzeuge bei Lieferungen eingesetzt würden?

Nutzung für Lieferung (sehr) interessant

THE AUTONOMOUS GAP

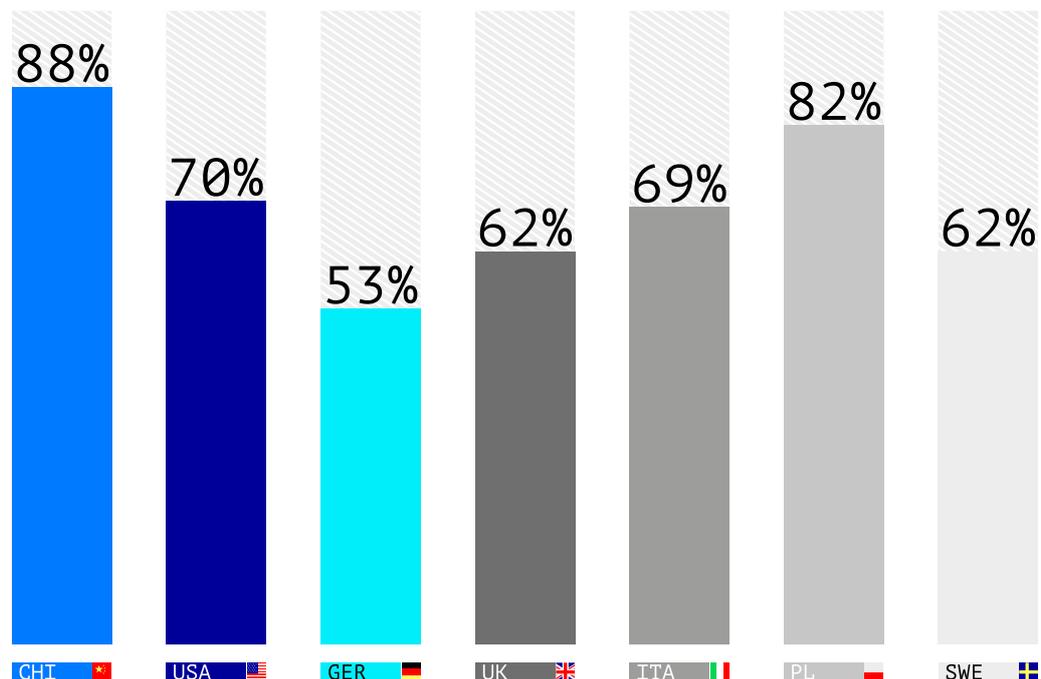


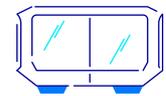
Abbildung 41: Nutzung für Lieferung (sehr) interessant
(China: n=1.090; USA: n=1.089; Deutschland: n=512; UK: n=548; Italien n=545;
Polen: n=539; Schweden: n=545)

Lieferroboter sind vor allem in den USA und China ein relevantes Konzept. Besonders vielversprechend lassen sie sich in urbanen, bevölkerungsreichen Umgebungen einsetzen

- China, Polen und die USA zeigen im Ländervergleich das höchste Interesse an autonomen Lieferrobotern. In Deutschland ist das Interesse am geringsten.
- Ein höheres Interesse besteht besonders bei der jüngeren Generation (18-34 Jahre). Mit zunehmendem Alter nimmt das Interesse gegenüber Lieferrobotern ab.
- Länderübergreifend ist das Nutzungsinteresse stärker, wenn bereits ein Abonnement bei einem Warendienstleister (z. B. Amazon Prime) besteht.
- Personen, die in bevölkerungsreichen, urbanen Regionen leben, bewerten das Konzept als deutlich interessanter als die ländliche Bevölkerung.

Gütertransport in Kombination mit Personentransport: wirtschaftlich sinnvoll, von Kund*innen aber kritisch bewertet

Doch nicht nur eigenständig operierende Lieferroboter werden künftig eine Rolle spielen. Autonome Fahrzeuge, die zum Personentransport genutzt werden, können beispielsweise in nachfrageschwachen Randzeiten oder zur Vermeidung von Leerfahrten effizient zum Gütertransport eingesetzt werden. Hierzu zeigen wir im Folgenden die Ergebnisse der Befragten, die regelmäßig pendeln und somit relevant für dieses Szenario sind.



- Länderübergreifend zeigt sich eine sehr geringe Bereitschaft, Personen- und Gütertransport zu kombinieren.
- In China zeigt sich eine etwas höhere Bereitschaft, wenn die Güter in einem separaten Gepäckraum gelagert werden.
- In Deutschland spricht sich ein Großteil für eine ausschließliche Beförderung von Personen aus. Kombinationen werden abgelehnt.
- Die Dauer der Fahrt scheint kaum einen Einfluss auf die Bewertung zu haben.

Wie stellen Sie sich das Konzept eines geteilten autonom fahrenden Fahrzeugs hierfür vor: **Gütertransport?**

(Abweichungen von 100% aufgrund von ‚Keine Angabe‘)

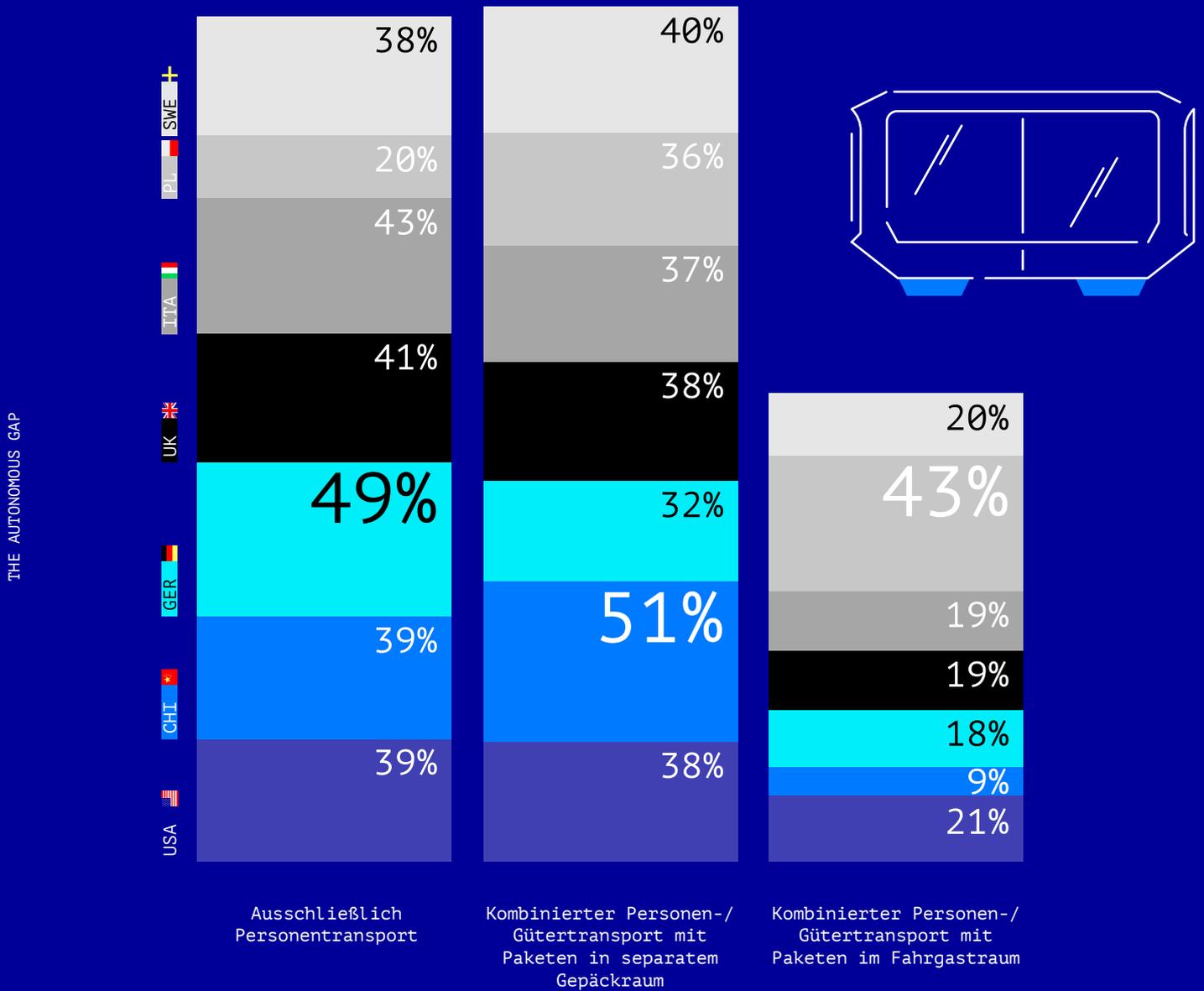


Abbildung 42: Konzept für Gütertransport

Szenario 1 Fahrt zur Arbeit bis zu 30 Minuten: n=1799 (USA: n=335; China: n=503; Deutschland: n=167; UK: n=167; Italien n=210; Polen: n=222; Schweden: n=195)

Szenario 2 Fahrt zur Arbeit über 30 Minuten: n=1796 (USA: n=344; China: n=543; Deutschland: n=158; UK: n=165; Italien n=198; Polen: n=216; Schweden: n=172)

Keine Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Lieferung

Wären Sie bereit, bei diesem Vertrag/bei den Lieferkosten für Internetbestellungen einen **Aufpreis** zu bezahlen, wenn die **Lieferungen besonders umweltverträglich** wären?

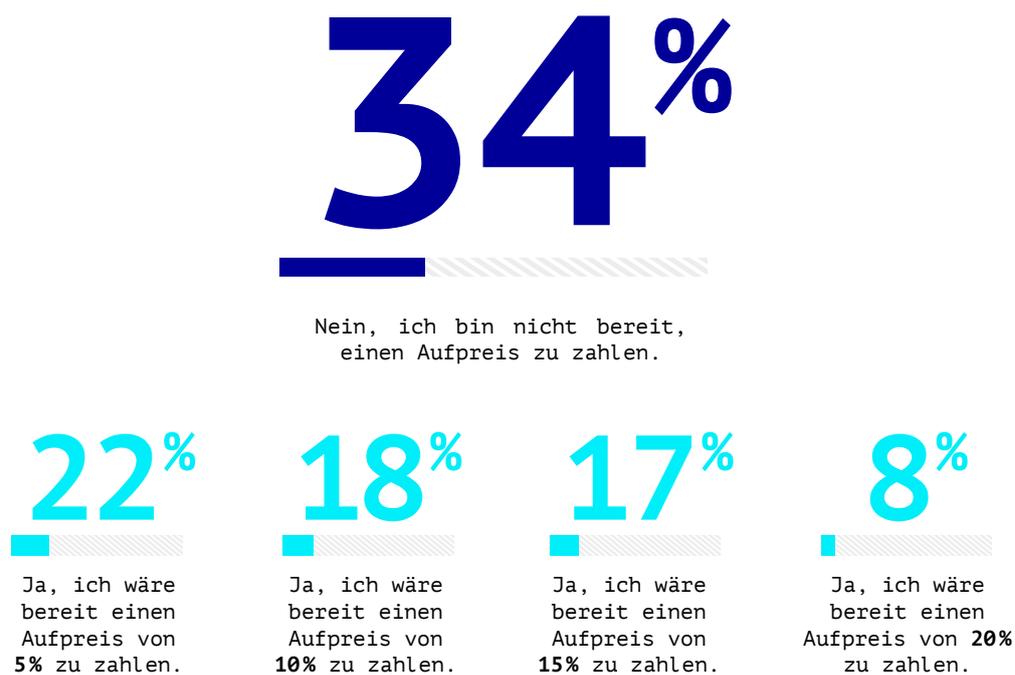


Abbildung 43: Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Lieferung
n=4.868

- Die Preisbereitschaft potenzieller Kund*innen für nachhaltige autonome Logistikkonzepte bei Onlinebestellungen zeigt deutlich, dass die Mehrheit nicht oder nur geringfügig (5 % Aufpreis) dazu bereit ist, für eine umweltverträgliche Lieferung mehr zu bezahlen.
- China ist der einzige Markt im Ländervergleich, der eine Mehrzahlungsbereitschaft in Betracht zieht: knapp ein Drittel der chinesischen Bevölkerung würde einen Aufpreis von 15 % bezahlen.
- Deutschland zeigt insgesamt die geringste Mehrzahlungsbereitschaft: 50 % der Befragten lehnt eine solche ab.
- Personen, die Waren oder Essen häufiger über das Internet bestellen, zeigen länderübergreifend eine höhere Zahlungsbereitschaft für einen solchen Aufpreis.

Expert*innen-Reflektion und Ergänzung:

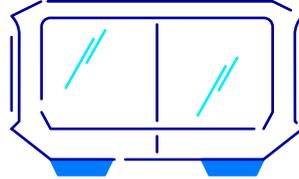
- Autonome Highway-Trucks werden insbesondere für den US-amerikanischen Markt als frühe Use Cases autonomer Mobilität gesehen. Als bislang noch kritisch wird der heterogene Rechtsrahmen der verschiedenen US-Bundesstaaten angesehen. Eine Homogenisierung ist hier zwingend nötig, um grenzüberschreitende Strecken zu realisieren.
- Die Robustheit gegenüber schlechten Wetterbedingungen wird insbesondere von den technisch versierten Expert*innen als noch große Herausforderung eingeschätzt, was in Bezug auf Logistikanwendungen besonders relevant ist, weil diese verlässlich operieren können müssen.
- Kleine Lieferroboter für die Letzte Meile werden vor allem für China als relevant erachtet. Sie müssen sich dort allerdings der Konkurrenz von kosteneffizienten Fahrradkurier*innen stellen. Teilweise wird erwartet, dass diese in Zukunft deutlich höhere Gehälter verlangen, was die Wettbewerbssituation verändern würde.
- Grundsätzlich wird es angezweifelt, ob bei den Technikkosten der Lieferroboter mit individueller und oft kostenfreier Lieferung attraktive Geschäftsmodelle entstehen können. Eine frühe Verbreitung wird daher nicht erwartet.
- Ride-Pooling-Anbieter stehen gemischten Konzepten aus Personen- und Gütertransport grundsätzlich offen gegenüber, sind aber skeptisch, inwiefern dies ökonomisch sinnvoll und entsprechende Geschäfts- und Betreibermodelle attraktiv realisierbar sind.
- **Expectation Gap:** Die Expert*innen prognostizieren Kostenvorteile durch die Kombination von Personen- und Gütertransport bei geteilter autonomer Mobilität, wobei Nutzer*innen einer solchen Doppelnutzung äußerst kritisch gegenüberstehen.
- Grundsätzlich werden in Bezug auf autonome Logistiklösungen keine positiven ökologischen oder sozialen Nachhaltigkeitseffekte gesehen. Diese könnten sich erst dann einstellen, eine völlig neue, voll vernetzte und automatisierte Logistikbranche entsteht, innerhalb derer systemische Effizienzoptimierung durchgeführt werden.

„Der größte Hebel ist die gesamte Automatisierung der Supply Chains, von First to Last Mile, deswegen werden unterschiedliche Gefäßgrößen und intelligente Vernetzung benötigt.“

Christian Rosen, Leiter MaaS TaaS Services bei VW Nutzfahrzeuge

Relevante Märkte: USA

Autonome Trucks werden sich bereits sehr bald in den USA verbreiten und dort im Rahmen unterschiedlicher Geschäftsmodelle und Technikkonzepte betrieben. Neben dem komplexen, aber lückenlosen Gate-2-Gate-Einsatz werden auch günstigere Angebote als Hub-2-Hub-Service angeboten werden, bei dem Fahrer*innen die Fahrzeuge auf den ersten und letzten Metern bis zum Highway steuern. Treiber für den Einsatz in den USA sind die hohen Kosten und geringe Verfügbarkeit von Fahrer*innen, der schlecht ausgebauten Schienenverkehr, die geringe Geschwindigkeitsdifferenz von Trucks und Pkw sowie die günstigen, stabilen Wetterbedingungen im Süden der USA, wo prominente Gütertransitstrecken zwischen Ost- und Westküste verlaufen. Ein weiterer begünstigender Faktor: das Fahren ist unkompliziert (wenig Ortschaften, oft weite Sicht, gerade Straßenverläufe). In China wird aktuell nur ein geringer Bedarf gesehen. Dies könnte sich bei steigenden Kosten für Fahrer*innen aber perspektivisch ändern. Dabei muss beachtet werden, dass die Fahrfunktionen und somit die Dienstleistungsverfügbarkeit auch in der Regenzeit gewährleistet wird. Bislang stellen Extremwetterlagen eine sehr große technische Hürde beim Betrieb automatisierter Distributionslogistik dar. In Europa gilt die enge Bebauung mit kurvenreichen Straßen, vielen Kreuzungen und Ortschaften, sowie die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Länder als große Herausforderung. Des Weiteren sind die hier stark wechselnden Wetterbedingungen (Regen, Schnee, Nebel) für autonome Fahrzeuge problematisch, insbesondere in zentralen Verkehrsdrehkreuzen.



THE AUTONOMOUS GAP

9





Weitere Informationen

Herausgebende

**MHP Management-
und IT-Beratung**

Fraunhofer IAO
Center for Mobility and
Innovation Systems

Studienleiter*innen

Oliver Kelkar
Associated Partner | Market Intelligence
& Innovation

Sebastian Stegmüller
Leiter Forschungsbereich Mobilitäts-
und Innovationssysteme

Autor*innen

Mira Kern
Research Associate Mobility Ecosystems

Nicolaj Motzer
Researcher Mobility Ecosystems

Marktforschung – Motor Presse Stuttgart

Nicolas Axtmann
Leiter Research & Services

Lisa Frey
Projektleiterin Marktforschung

Kontakt

research@mhp.com

Weitere Credits

freiland-design.de | Konzeption & Design

reitzen. | Infografiken

TBM Druck & Medien | Druck

Fotocredits © by Adobe Stock:

S. 4/5, 73 AA+W // S. 8/9 DedMityay // S. 13-15,
55 kinwun // S. 22/23 Gorodenkoff // S. 26/27
Design Science Tech // S. 36/37 ALEKSTOCK.COM
// S. 56/57 Lee

Studiendesign

Eine standardisierte, internationale Onlineumfrage (CAWI) lieferte Erkenntnisse hinsichtlich konkreter Anforderungen potenzieller Nutzer*innen sowie Einsatzpotenziale innerhalb verschiedener Märkte in Europa, China und den USA. Die Ergebnisse wurden durch qualitative Expert*inneninterviews angereichert und validiert, um tragfähige Geschäftsmodelle sowie Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit zu reflektieren.

Quantitative Onlinebefragung potenzieller Nutzer*innen

Die Befragung wurde innerhalb der relevanten Zukunftsmärkte Europa, China und den USA mit bevölkerungsrepräsentativen Panels durchgeführt. Der europäische Markt ist als Untersuchungsobjekt divers und wurde daher in die Länder Deutschland, Italien, Polen, Schweden und UK unterteilt. Mit der Auswahl wurde sichergestellt, dass ein Großteil Europas geografisch abgebildet ist, und verschiedene Ökosysteme, technologische Standards und Siedlungsstrukturen repräsentiert sind. Entsprechend wurde bei den einzelnen Stichproben eine repräsentative Quotierung gemäß Geschlecht, Alter sowie Wohnort genutzt. Die Rekrutierung der Teilnehmer*innen wurde über das Online Access Panel des Anbieters dynata unter Koordination der Motor Presse Stuttgart realisiert und fand zwischen dem 07.07.2022 und 18.07.2022 statt. Die Feldzeit beträgt elf Tage. Die Gesamtstichprobengröße beläuft sich auf $n=4.868$ gültige Fälle, wobei das Sample der USA $n=1.089$ Proband*innen, China $n=1.090$ und Europa $n=2.689$ umfasst. Die europäische Stichprobe teilt sich dabei in Deutschland $n=512$, Italien $n=539$, Polen $n=545$, Schweden $n=545$ und UK $n=548$ auf. Die Teilnehmer*innen sind mindestens 18 Jahre alt.

Qualitative Expert*inneninterviews

Autonome Mobilität hat den Markt für neue, branchenfremde Akteure geöffnet und bietet viel Raum für neue Kooperationen und gewinnbringende Allianzen. Es ist daher notwendig, dass befragte, internationale Expert*innen verschiedene Akteure repräsentieren, die bei der Umsetzung geteilter autonomer Mobilität eine Rolle spielen. Die Auswahl der Expert*innen erfolgte dabei über das Netzwerk der MHP Management- und IT-Beratung GmbH sowie das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Insgesamt wurden im September 2022 15 leitfadengestützte Expert*inneninterviews und zehn offene Interviews zur Reflektion der Erkenntnisse aus der Befragung der Nutzer*innen sowie zum technologischen Stand geführt. Des Weiteren wurde im Juli 2022 im Rahmen eines Netzwerktreffens des vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO organisierten Innovationsnetzwerks „FutureCar“ der Stand der Technik automatisierter Fahrzeuge diskutiert und ein Workshop zur Einschätzung des Marktanlaufs autonomer Mobilitätsangebote durchgeführt. Die Expert*innenmeinungen wurden dabei anonymisiert berichtet und bei direkten Zitaten lediglich die Sparte genannt. Sollten die Expert*innen einer öffentlichen Nennung zugestimmt haben, sind diese namentlich den Zitaten zugeordnet.

Allgemeiner Hinweis: Auswahl bestimmter Attribute und Rundungen können in Einzelfällen dafür sorgen, dass die Summen in den Grafiken nicht immer 100 % ergeben.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel der Klassifizierung autonomer Mobilitätskonzepte anhand der Ausstattung und des Einsatzzwecks (Stegmüller et al., 2019)	18
Abbildung 2: Chancenreiche Use Cases, Voraussetzungen und Hemmnisse in den Regionen	33
Abbildung 3: Nachhaltigkeitspotenziale	39
Abbildung 4: Preisbereitschaft geteilt autonom fahrendes Fahrzeug im Vergleich zum ÖPNV	41
Abbildung 5: Kooperationsmöglichkeiten mit geteilt autonom fahrenden Fahrzeugen	42
Abbildung 6: Pkw-Substitution durch geteilte autonome Mobilität	45
Abbildung 7: Substituierte Pkw-Fahrten durch geteilte autonome Mobilität	46
Abbildung 8: Heavy-Pkw-Substituierer*innen	47
Abbildung 9: Potenzial einzusparender Fahrten in Europa	48
Abbildung 10: Ökologisch nachhaltiger Beitrag autonom fahrender Fahrzeuge	50
Abbildung 11: Übersicht: Erwartungen soziale Nachhaltigkeit	52
Abbildung 12: Vergleich soziale Erwartungen	53
Abbildung 13 Vergleich erwartete Nachteile und Vorteile in den USA	54
Abbildung 14: Akzeptanzfaktoren geteilter autonomer Mobilität	58
Abbildung 16: Strukturelle Samplebeschreibung	61
Abbildung 15: Gesellschaftliche KPIs	61
Abbildung 17: Pain Points Gruppenvergleich Top 3 pro Markt	64
Abbildung 18: Vergleich Pain Points und erwartete Vorteile Top 1 Ranking nach Land und Stadtyp	66
Abbildung 19: Gewünschte Einsatzfelder geteilter autonom fahrender Fahrzeuge	69
Abbildung 20: Auswahl gewünschte Einsatzfelder geteilter autonom fahrender Fahrzeuge	70
Abbildung 21: Fahrtwünsche im urbanen und ländlichen Raum	71

Abbildung 22: Fahrteignung	75
Abbildung 23: Geteilt autonom fahrendes Fahrzeug vs. ÖPNV	76
Abbildung 24: Wahrscheinliche Nutzung geteilter, autonomer Fahrzeuge durch heutige Sharing-Nutzer*innen	83
Abbildung 25: Top 5 gewünschten Betreiber geteilter autonomer Mobilität	85
Abbildung 26: Ranking: gewünschte Betreiber geteilter autonomer Mobilität nach Altersgruppen	87
Abbildung 27: Mehrzahlungsbereitschaft für autonom fahrende Fahrzeuge im Vergleich zu ÖPNV und Taxi	88
Abbildung 28: ÖPNV-Nutzer*innen Anteil pro Land	91
Abbildung 29: Unzufriedene ÖPNV-Nutzer*innen Anteil pro Land	91
Abbildung 30: Top 3 Gründe für Unzufriedenheit	92
Abbildung 31: Einsatzzwecke geteilter autonom fahrender Fahrzeuge	93
Abbildung 32: Top 3 Einsatzzwecke für geteilte autonom fahrende Fahrzeuge in den USA	94
Abbildung 33: Wahrscheinliche Nutzung autonomer Fahrzeuge als VIP-Shuttle	98
Abbildung 34: Eignung VIP-Shuttle	100
Abbildung 35: Nutzung Kleinfahrzeuge (sehr) wahrscheinlich	102
Abbildung 36: Eignung Kleinstfahrzeuge	104
Abbildung 37: Nutzung Komfort-Shuttle (sehr) wahrscheinlich	106
Abbildung 38: Eignung Komfort-Shuttle	108
Abbildung 39: Nutzung Peplemover (sehr) wahrscheinlich	110
Abbildung 40: Eignung Peplemover	112
Abbildung 41: Nutzung für Lieferung (sehr) interessant	114
Abbildung 42: Konzept für Gütertransport	116
Abbildung 43: Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Lieferung	117

Literaturverzeichnis

Becker, Thomas; Herrmann, Florian; Duwe, Daniel; Stegmüller, Sebastian; Röckle, Felix & Unger, Niko (2018): Enabling the Value of Time. Implikationen für die innenraumgestaltung autonomer Fahrzeuge. Horvath & Partner GmbH <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/muse/en/documents/VoT-Studienbericht.pdf>.

Bellon, Tina (2022, 18. Juni): How free-wheeling Texas became the self-driving trucking industry's promised land. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/how-free-wheeling-texas-became-self-driving-trucking-industrys-promised-land-2022-06-17/>.

BMVI (2021, 20. Juli): Gesetz zum autonomen Fahren tritt in Kraft. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html>.

Brickwedde, Fritz (2010): Ökologische Nachhaltigkeit, in: Wolfgang Krüger, Bernhard Schubert & Volker Wittberg (Hrsg.). Die Zukunft gibt es nur einmal!, 47-60. Springer Fachmedien Wiesbaden.

CMS (2020, 21. Mai): Autonomous Vehicles Law and Regulation in Italy. <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-autonomous-vehicles-avs/italy>.

CONNECTED AUTOMATED DRIVING EUROPE (2022): US. <https://www.connectedautomateddriving.eu/regulation-and-policies/national-level/non-eu/us/>.

DHL Trend Research (N.A.): Self-Driving Vehicles in Logistics. A DHL Perspective on Implications and Use Cases for the Logistics Industry.

Deng, Iris (2022, 9. August): China steps up autonomous driving development with new guidelines on operating driverless vehicles for public transport. <https://www.scmp.com/tech/policy/article/3188314/china-steps-autonomous-driving-development-new-guidelines-operating>.

Dungs, Jennifer; Duwe, Daniel; Herrmann, Florian; Schmidt, Alexander; Stegmüller, Sebastian; Gaydun, Ralf; Peters, Peter L. & Sohl, Maik (2016): The value of time. Potential für user-centeres services offered by autonomous driving. Horvath & Partner GmbH. <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/2a430057-087a-4565-9622-52a6eb909e07/content>.

Europäische Kommission (2022, 6. Juli): Neue Vorschriften zur Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit und zur Verwirklichung des Konzepts vollständig fahrerloser Fahrzeuge in der EU. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_22_4312.

Faris, Daniel (2015, 17. August): Why Public Transportation Is So Limited in the United States. <https://truthout.org/articles/why-public-transportation-is-so-limited-in-the-united-states/>.

Friedrich, M., & Hartl, M. (2017). Wirkungen autonomer Fahrzeuge auf den städtischen Verkehr. In HEUREKA'17: Optimierung in Verkehr und Transport (No. FGSV 002/116).

Gazzetta Ufficiale (2022): DECRETO 28 febbraio 2018. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/04/18/18A02619/sg>.

Glueck, Ulrike & Wu, Stephen (2022): Autonomous Vehicles Law and Regulation in China. <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-autonomous-vehicles-avs/china>.

Kalman, Laurence & Cooper, Caroline (2020, 21. Mai): Autonomous Vehicles Law and Regulation in the UK. <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-autonomous-vehicles-avs/united-kingdom>.

Kockelman, K., Boyles, S., Stone, P., Fagnant, D., Patel, R., Levin, M. W., Sharon, G., Simoni, M., Albert M., Fritz H., Hutchinson R., Bansal, P., Domnenko, G., Bujanovic, P., Kim, B., Pourrahmani, E., Agrawal, S., Li, T., Hanna, J., Nichols, A. & Li, J. (2017). An assessment of autonomous vehicles: traffic impacts and infrastructure needs (No. FHWA/TX-17/0-6847-1). University of Texas at Austin. Center for Transportation Research.

Koryzma, Tomasz & Komorowska, Paulina (2020, 12. Mai): Autonomous Vehicles Law and Regulation in Poland. <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-autonomous-vehicles-avs/poland>.

Krawczyk, Karolina (2018, 5. April): Green light for autonomous vehicles in Poland? <https://codozasady.pl/en/p/green-light-for-autonomous-vehicles-in-poland>.

Lu, Q., Tettamanti, T., Hörcher, D., & Varga, I. (2020). The impact of autonomous vehicles on urban traffic network capacity: an experimental analysis by microscopic traffic simulation. *Transportation Letters*, 12(8), 540-549.

Mayer, Katja (2020): Nachhaltigkeit: 125 Fragen und Antworten. Wegweiser für die Wirtschaft der Zukunft (2. Aufl.) Springer Fachmedien Wiesbaden.

Niculescu, A. I., Dix, A., & Yeo, K. H. (2017, May). Are you ready for a drive? User perspectives on autonomous vehicles. In Proceedings of the 2017 CHI conference extended abstracts on human factors in computing systems (pp. 2810-2817).

Razmi Rad, Solmaz; Farah, Haneen; Taale, H; Van Arem, Bart & Hoogendoorn, S. P. (2020). Design and operation of dedicated lanes for connected and automated vehicles on motorways: A conceptual framework and research agenda, *Transportation Research Part C*, 117, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102664>.

Reuters (2022, 8. August): China drafts rules on use of self-driving vehicles for public transport. <https://www.reuters.com/technology/china-drafts-rules-use-self-driving-vehicles-public-transport-2022-08-08/>.

Rogers, Everett (2003). *Diffusion of Innovations* (5. Aufl.). New York, London, Toronto, Sydney: Free Press.
Rüegg, René; Tischhauser, Annina; Fritschi, Tobias; Zychlinski, Jan; Korell, Ilona Annik (2021). Was ist soziale Nachhaltigkeit? Eine Annäherung impuls. *Magazin des Departements Soziale Arbeit* (3), 18-21. Berner Fachhochschule BFH, Soziale Arbeit.

Statista Research Department (2022, 21. Januar): Umfrage zur Bewertung des ÖPNV-Netzes in ausgewählten Ländern 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1171687/umfrage/bewertung-des-oePNV-netzes-in-ausgewaehlten-laendern/>.

Stegmüller, Sebastian; Werner, Maximilian; Kern, Mira; Birzle-Harder, Barbara; Götz, Konrad & Stein, Melina (2019): Akzeptanzstudie "ROBOCAB". Fraunhofer IAO. <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/8cdc71f5-3475-430b-9bf2-b972883c59a0/content>.

The World Factbook. (2022). Von <https://www.cia.gov/the-world-factbook/> abgerufen am 01. September 2022.

Thrun, S. (2011). Leave the Driving to the Car, and Reap Benefits in Safety and Mobility, *New York Times*. Von <https://www.nytimes.com/2011/12/06/science/sebastian-thrun-self-driving-cars-can-save-lives-and-parking-spaces.html#:~:text=Self%2Ddriving%20cars%20will%20enable,way%20we%20use%20our%20highways>.

Transport Styrelsen (2021, 24. November): Automated vehicles. <https://www.transportstyrelsen.se/en/road/Vehicles/self-driving-vehicles/>.

UK Department for Transport (2022, 27. Juli): The Highway Code. <https://www.gov.uk/guidance/the-highway-code>.

UNECE (2022, 22. Juni): UN-Verordnung verlängert automatisiertes Fahren unter bestimmten Bedingungen auf bis zu 130 km/h. <https://unece.org/media/press/368227>.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2021, 21. Januar): Automated Vehicles Comprehensive Plan. <https://www.transportation.gov/av/avcp>.

Volkswagen (2019, 10. Mai): Platooning in der Logistikbranche: Forscher sehen nach Tests große Potenziale im realen Betrieb. https://www.volkswagenag.com/de/news/2019/05/Platooning_in_the_logistics_industry.html#.

Walters, J. G., Marsh, S., & Rodrigues, L. (2022). Planning Perspectives on Rural Connected, Autonomous and Electric Vehicle Implementation. *Sustainability*, 14(3), 1477.

Willems, L. (2021). Understanding the Impacts of Autonomous Vehicles in Logistics. *The Digital Transformation of Logistics: Demystifying Impacts of the Fourth Industrial Revolution*, 113-127.

WISTRAND (2022, 1. März): Germany and France at the forefront regarding legislation on automated vehicles – will Sweden be left behind? <https://www.wistrand.se/en/germany-and-france-at-the-forefront-regarding-legislation-on-automated-vehicles-will-sweden-be-left-behind/>.

Woodman, R., Lu, K., Higgins, M. D., Brewerton, S., Jennings, P., & Birrell, S. (2019, June). A human factors approach to defining requirements for low-speed autonomous vehicles to enable intelligent platooning. In 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 2371-2376). IEEE.

Zmud, J. P., & Sener, I. N. (2017). Towards an understanding of the travel behavior impact of autonomous vehicles. *Transportation research procedia*, 25, 2500-2519.

www.wetalkdata.de



mhp.com