

Urbane Mobilität 2030: zwischen Anarchie und Hypereffizienz
Autonomes Fahren, Elektrifizierung und die Sharing Economy bestimmen den Stadtverkehr von morgen



Management Summary

Unsere Szenario-Analyse für die Mobilität im Jahr 2030 zeigt, dass Deutschland bereits heute die Weichen stellen muss, um eine unkoordinierte Zunahme des Straßenverkehrs zu verhindern. Ziel muss ein vernetztes, koordiniertes, urbanes Verkehrssystem sein. Aufgabe des ÖPNV ist es, seine Wettbewerbsfähigkeit gegenüber autonomen Fahrzeugen aktiv zu behaupten oder solche Fahrzeuge in sein Angebot zu integrieren. Denn autonome Fahrzeuge werden im deutschen Verkehrssystem 2030 eine wichtige Rolle spielen – nicht zuletzt, weil Deutschland in diesem Bereich eine technologische Vorreiterrolle einnimmt.

Autonomes Fahren kann Kosten sparen, vor allem natürlich Personalkosten. Dadurch verändert sich das Preisgefüge des Verkehrssektors – insbesondere durch autonome Taxiflotten. Diese Entwicklung wird den ÖPNV unter Druck setzen und gleichzeitig die Nutzung privater Pkw sowie heutiger Carsharing-Angebote infrage stellen. Dabei droht gerade dem ÖPNV ein Teufelskreis: Gehen die Fahrgastzahlen im ÖPNV zurück, weil immer mehr Menschen autonome Taxiflotten nutzen, führt das im ÖPNV mittelfristig zu steigenden Preisen, was die Wettbewerbsfähigkeit des ÖPNV weiter schwächt. Damit verbunden wäre eine erhebliche Zunahme des Straßenverkehrs, inklusive längerer Beförderungszeiten.

Aus Sicht von Roland Berger ist nicht zu erwarten, dass "Ridesharing" allein diesen Trend kompensieren kann und zu einer signifikanten Nachfragebündelung führen wird. Im internationalen Vergleich ist Deutschland hier eher in einer Verfolgerrolle. Um einem Szenario der Verkehrsanarchie auf deutschen Straßen entgegenzuwirken, gilt es, die bisher nebeneinander existierenden Einzelsysteme der verschiedenen Akteure in ein intelligentes Gesamtsystem zusammenzufügen. Derzeit ist aber noch unklar, welcher der Akteure die notwendige koordinative Rolle spielen kann oder will.

Die vorliegende Studie hat Roland Berger unter Mitwirkung des ACE Auto Club Europa e.V. erstellt. Unterstützt wurde die Studie ferner vom Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV). Dazu haben wir zunächst die Ausgangssituation des deutschen Mobilitätssystems im internationalen Vergleich analysiert. Anfang 2017 wurden zudem mehr als 40 Experten aus der Automobilindustrie, dem ÖPNV und der Wissenschaft befragt. Analyse und Befragung bilden gemeinsam die Basis für die Definition von Szenarien der Entwicklung des deutschen Mobilitätssystems bis 2030.

Aus unseren Erkenntnissen skizzieren wir für die Entscheider aus Politik und Wirtschaft konkrete Handlungsoptionen. Mögliche Stoßrichtungen künftiger Strategien sind die Integration intelligenter Inselsysteme zu einem vernetzten Gesamtsystem und die Verhinderung einer unkontrollierten Zunahme des Individualverkehrs.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 1. Status quo: das deutsche Mobilitätssystem im internationalen Vergleich | 4 |
| 2. Zukunftsszenarien: vier Möglichkeiten, wie die urbane Mobilität 2030 aussehen könnte | 12 |
| 3. Was jetzt zu tun ist: Handlungsoptionen für Entscheider aus Wirtschaft und Politik | 18 |

Kapitel 1:

Status quo: das deutsche Mobilitätssystem im internationalen Vergleich

Für die mobile Zukunft ist Deutschland gut, aber noch nicht sehr gut aufgestellt.

Weltweit befinden sich Mobilitätssysteme in einer Umbruchphase. Getrieben wird diese Entwicklung von drei Trends: der Elektrifizierung des Straßenverkehrs, der zunehmenden Verbreitung von Sharing-Konzepten und der Einführung autonomer Fahrzeuge.

ELEKTRIFIZIERUNG UND SHARING: HERAUSFORDERUNG FÜR PLANER

Bereits heute zeichnet sich die zunehmende Elektrifizierung des Straßenverkehrs ab. Für sie muss Ladeinfrastruktur aufgebaut und diese wiederum in das Stromversorgungssystem eingebunden werden – Aufgaben, die Kommunen, Netzbetreiber, Mobilitätsanbieter und Automobilhersteller vor planerische Herausforderungen stellen: Je passgenauer die Ladeinfrastruktur dimensioniert wird, desto profitabler kann sie sein und desto schneller kann die Elektrifizierung stattfinden.

Sharing-Konzepte wie insbesondere das Ridesharing, d.h. organisiertes gemeinsames Fahren, können das Verkehrsaufkommen erheblich beeinflussen, etwa durch eine Optimierung des Zubringerverkehrs für den ÖPNV oder durch eine Erhöhung der Passagierzahl straßengebundener Fahrzeuge.

AUTONOMES FAHREN WIRD DIE MOBILITÄT DISRUPTIV VERÄNDERN

Wir erwarten, dass bis 2030 autonome Fahrzeuge der Stufen 4 und 5 serienmäßig in den Markt eingeführt werden. Wenn von "Stufe 4" bzw. "Stufe 5" die Rede ist, dann hat sich ein Fahrzeug gewissermaßen vom Menschen emanzipiert: Die Hoch- bzw. Vollautomatisierung ist erreicht – und damit das, was "autonomes Fahren" wirklich ist – ein technologischer Sprung, der die Mobilität disruptiv verändern wird. Denn Busse, Taxen und Privatautos können uns dann von A nach B bringen, ohne dass wir selbst lenken müssen und ohne dass ein Unternehmen einen Fahrer beschäftigen muss. → **A**
Die Automatisierung des Fahrens wird sich erheblich

auf das Preisgefüge und damit auf die Nutzung der diversen Mobilitätsangebote auswirken. Eine kostenbasierte Preisabschätzung zeigt beispielsweise, dass sich der Preis für autonome Taxen pro Personenkilometer im Vergleich zu dem konventioneller Taxen um ca. 60% senken lässt. Für eine durchschnittliche Familie bedeutet dies, dass sie durch die Nutzung autonomer Taxen in Zukunft zumindest auf den Zweitwagen komplett verzichten und dabei sogar noch Geld sparen kann.

Innerhalb des ÖPNV wird sich die Einsparung von Aufwand für Fahrpersonal am stärksten auf die Bussparte auswirken – die potenzielle Aufwandssenkung liegt hier bei bis zu 60%. Die relativen Einsparungen bei Straßenbahn und U-Bahn sind dagegen gering, da in diesem Bereich der Aufwand für Schieneninfrastruktur und Fahrzeugwartung dominiert. Im Ergebnis ist das Potenzial für eine Preissenkung im ÖPNV im Zusammenhang mit der Automatisierung von Fahrzeugen in Städten mit ausgeprägter Schieneninfrastruktur als eher gering einzuschätzen. Ferner sind die Kosten für die Nutzung privater Pkw in erster Näherung unabhängig von der Einführung autonomer Fahrzeuge.

Damit relativiert sich der heutige Kostennachteil von Taxen – bei gleichzeitiger Komfortsteigerung im Vergleich zu anderen Verkehrsmodi, da sich die Fahrzeit produktiv nutzen lässt (zumindest solange die Beförderungszeiten nicht maßgeblich zunehmen, siehe Kapitel 2). Mit der Einführung autonomer Taxen in den deutschen Markt droht ein selbstverstärkender Effekt: Die Senkung des Preises für autonome Taxen wird voraussichtlich dazu führen, dass sich die Summe der zurückgelegten Personenkilometer in den übrigen Verkehrsmodi, insbesondere dem ÖPNV, verringert. Entsprechend muss der ÖPNV seine Fixkosten auf weniger Fahrgäste umlegen – und mittel- bis langfristig die Fahrpreise erhöhen. Dies wiederum steigert die Attraktivität autonomer Taxen zusätzlich und führt dazu, dass sich ihr Anteil am modalen Split noch schneller

A: Die "bedingte" Automatisierung – Stufe 3 – ist bereits in der Erprobung
Die verschiedenen Stufen der Automatisierung

| | Fahrer überwacht das Fahrumfeld | |
|--|--|---|
| Level gemäß "Society of automotive engineers" | 0 | 1 |
| Bezeichnung | KEINE AUTOMATISIERUNG | FAHRERASSISTENZ |
| Beschreibende Definition | Der Fahrer führt dauerhaft alle Aspekte der dynamischen Fahraufgaben aus und wird dabei teilweise durch Warn- oder Interventions-systeme unterstützt | Je nach Fahrmodus übernimmt ein Fahrerassistenzsystem auf Basis der Informationen zum Fahrumfeld die Querführung (Lenken) oder die Längsführung (Beschleunigen/Verzögern); es wird erwartet, dass der Fahrer alle übrigen Aspekte der dynamischen Fahraufgabe übernimmt |
| Durchführen von Quer- und Längsführung | Fahrer | Fahrer und System |
| Überwachen des Fahrumfelds | Fahrer | Fahrer |
| Fallback-Leistung der dynamischen Fahraufgabe | Fahrer | Fahrer |
| Systemkapazität (Fahrmodi) | n/a | Bestimmte Fahrmodi |

Quelle: Society of Automotive Engineers Int., fka, Roland Berger

erhöht und dadurch das Verkehrsaufkommen auf den Straßen weiter steigt. Autonome Taxen bzw. Kleinbusse können dem ÖPNV aber durchaus auch Chancen bieten: etwa, wenn er diese in sein Angebot integriert und dadurch beispielsweise schlecht ausgelastete Busstrecken zu Tagesrandzeiten bzw. in ländlichen Regionen ersetzt oder neue tragfähige Angebote schafft.

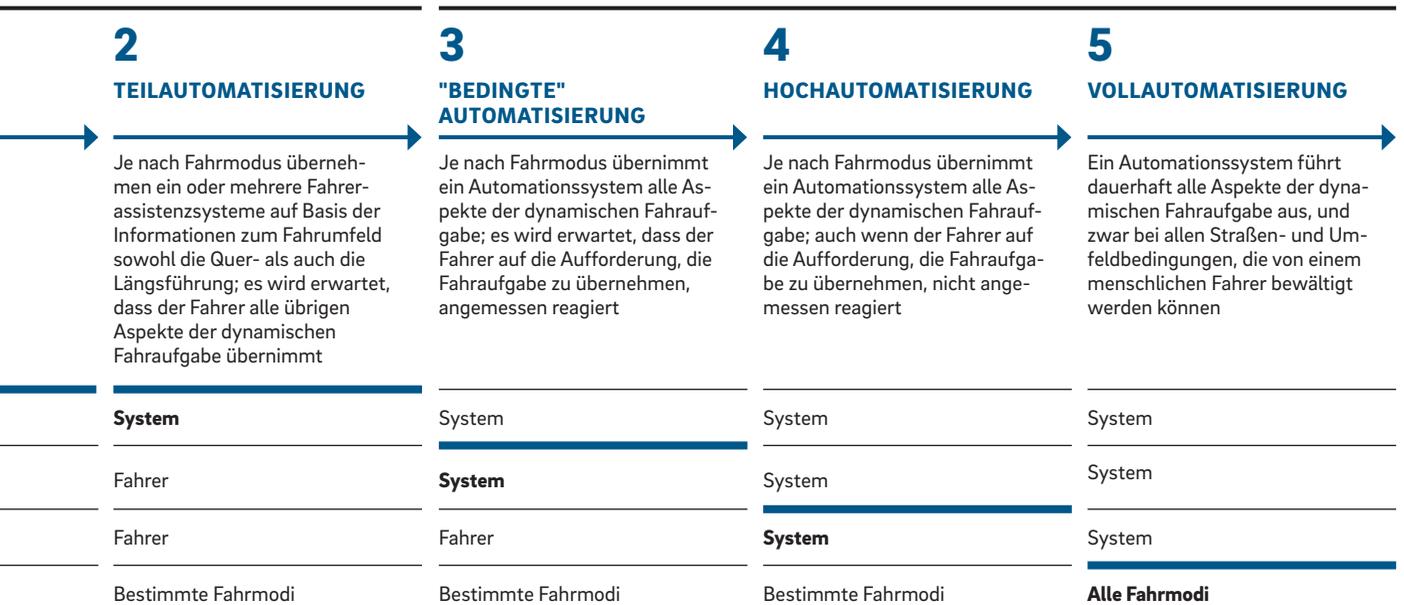
Autonome Taxen werden aber auch Anbieter heutiger Carsharing-Angebote unter Druck setzen: Diese Geschäftsmodelle gehen ineinander über. In der Konsequenz werden heutige Carsharing-Anbieter ihr Geschäftsmodell in Richtung autonomer Taxiflotten

weiterentwickeln und sich in diesem Zuge gegenüber neuen Marktteilnehmern behaupten müssen.

GRUNDLEGENDE EINORDNUNG DEUTSCHLANDS IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

Die Experten, die wir für diese Studie befragt haben, stellen Deutschland ein gutes Zeugnis aus, wenn es um die Ausgangslage für die mobile Zukunft bezüglich Infrastruktur, Technologie, Digitalisierung und rechtlicher Rahmenbedingungen geht: Auf einer Bewertungsskala von 1 (sehr schlecht) bis 10 (sehr gut) ergibt sich ein Mittelwert von 6,5. → **B**

Automatisiertes Fahrzeug-Führungssystem ("System") überwacht Fahrumfeld



DETAILEINSCHÄTZUNG ZUR INTERNATIONALEN POSITIONIERUNG

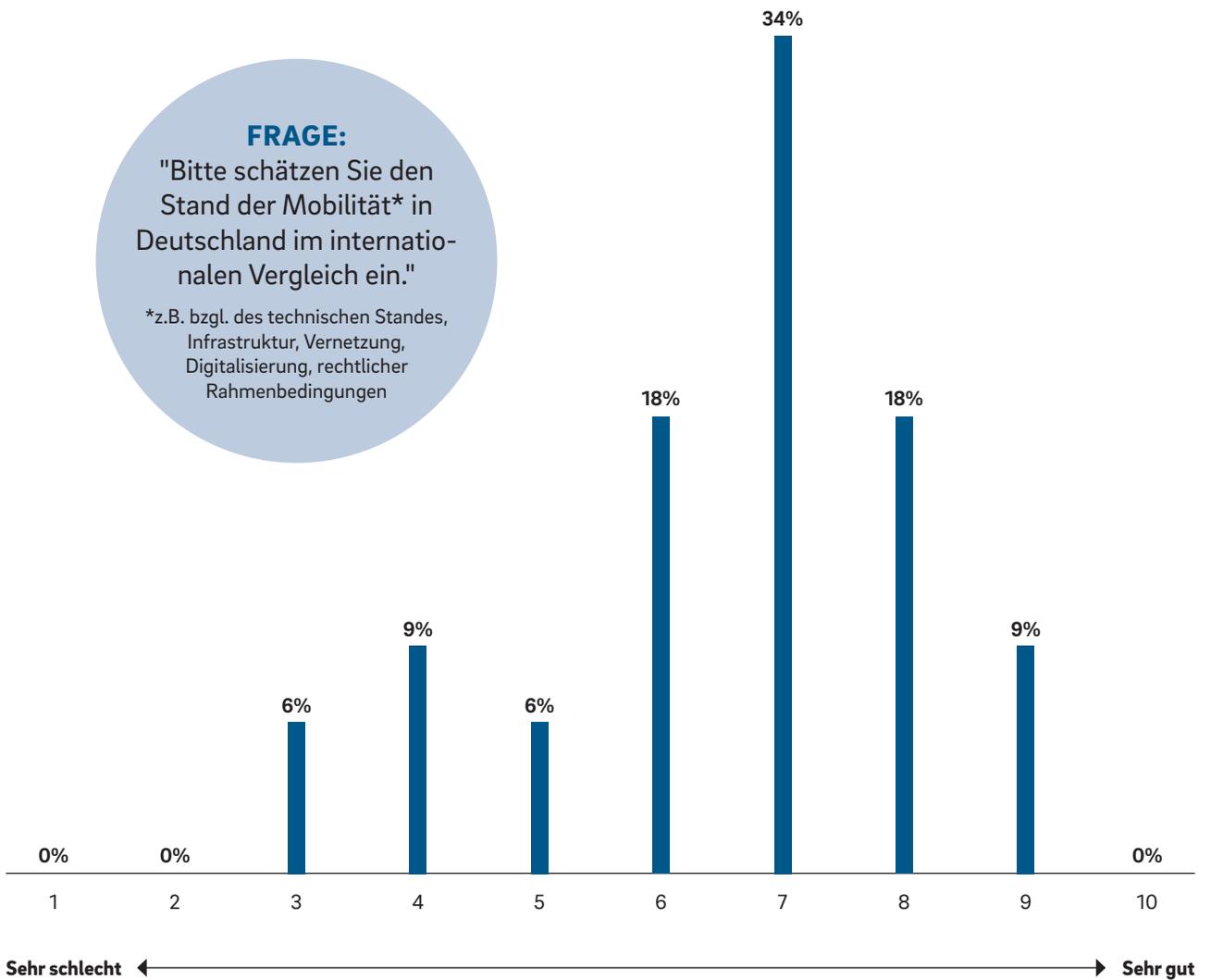
Um den Stand der Entwicklung in Deutschland differenziert einzuordnen, haben wir die drei Haupttreiber der Veränderungen der Mobilitätssysteme – Elektrifizierung, autonomes Fahren und Mobilitätssharing – im internationalen Vergleich betrachtet. In diesen Dimensionen haben wir regulatorische Rahmenbedingungen, wirtschaftspolitische Impulse sowie den technologischen Reifegrad bzw. die Offenheit der Nutzer analysiert und bewertet. Um ein möglichst breites Spektrum von länderspezifischen Mobilitätssituationen abzudecken,

haben wir die folgenden Länder in den Vergleich einbezogen: China, Frankreich, Indien, Indonesien, Israel, Japan, USA, Schweiz, Singapur. → [C](#)

DEUTSCHLAND IST TECHNOLOGIE-PIONIER

Bei der Entwicklung des autonomen Fahrens nimmt Deutschland (gemeinsam mit den USA) derzeit die Rolle eines technologischen Pioniers ein. Seine Stärke liegt vor allem im umfangreichen technischen Know-how und in der darauf basierenden hohen Verfügbarkeit von automatisierten Fahrfunktionen in Serienfahrzeugen deutscher Autohersteller.

B: Stand der Mobilität in Deutschland ist gut, aber nicht sehr gut
Ergebnisse unserer Expertenbefragung



Quelle: Expertenbefragung 2017

Betrachtet man hingegen wirtschaftspolitische Impulse und regulatorische Rahmenbedingungen, findet man Deutschland in einer Verfolgerposition. So hat die Bundesregierung Gesetze verabschiedet, die den Einsatz autonomer Fahrzeuge zwar grundsätzlich erlauben – ihn aber dahingehend einschränken, dass ein Fahrer eingreifen können muss, also bis Stufe 3. Diese Gesetze regeln unter anderem die wichtige Frage der Haftung.

Singapur ist bereits einen Schritt weiter. Zumindest das Testen von autonomen Fahrzeugen der Stufen 4 und 5 ist dort zulässig. Wie ernst es dem Stadtstaat mit der mobilen Zukunft ist, zeigt ein Blick auf die Zahlen: Die Regierung treibt die Grundlagenforschung für das autonome Fahren mit staatlichen Mitteln voran – kürzlich mit einem Auftrag von über 350 Mio. Euro, in dessen Rahmen On-board-Units zur Ortung von Fahrzeugen entwickelt werden sollen. Kurzfristig optimiert man damit die Themen Maut und Parken, langfristig soll die Technologie für die Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur als Basis für das autonome Fahren weiterentwickelt werden. Das deutsche Verkehrsministerium will dagegen 80 Mio. Euro für den Ausbau von Teststrecken und weitere Forschung bereitstellen. Die Bundesregierung hat das Ziel ausgegeben, dass Deutschland "Leitanbieter für automatisierte und vernetzte Fahrzeuge" bleibt sowie "Leitmarkt" wird.

CHINA TREIBT ELEKTROMOBILITÄT KONSEQUENT VORAN

Beim Thema Elektromobilität nimmt Deutschland eine Verfolgerrolle hinter China ein. Das bevölkerungsreichste Land der Erde sieht in der Elektromobilität die Chance, sich eine internationale Vormachtstellung zu erarbeiten, den CO₂-Ausstoß zu verringern und gleichzeitig seine Abhängigkeit vom Öl zu reduzieren. Deshalb hat China angekündigt, im Jahr 2018 das weltweit strengste Regelwerk einzuführen, das den Anteil an stromgetriebenen Autos massiv vergrößern soll. 2018 sollen Auto-

mobilerhersteller in China 8% ihrer Fahrzeugverkäufe mit Elektroautos oder Plug-in-Hybriden generieren; bis 2020 soll diese Quote bei 12% liegen. Auch wenn diese Quote nach aktuellen inoffiziellen Berichten möglicherweise leicht abgeschwächt werden sollte, so weicht die chinesische Regierung jedoch nicht von der grundsätzlichen Idee einer Quote ab.

Die zweite tragende Säule von Chinas Strategie sind die wirtschaftspolitischen Impulse im Bereich der Elektromobilität. So wurden 2016 höhere Investitionen in Forschung und Entwicklung der Elektromobilität getätigt als in Deutschland – sowohl nominal (4,8 Mrd. Euro vs. 1,4 Mrd. Euro) als auch relativ zum BIP (0,047% vs. 0,046%). Während Käufer von Elektroautos hierzulande in den Genuss von 4.000 Euro Preisnachlass kommen, ist die Förderung in China doppelt so hoch.

Bezüglich des technologischen Reifegrads bekleidet Frankreich die Spitzenposition, was auch im Roland Berger Index Elektromobilität nachzulesen ist (Q2/2017). Dort ist die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen und Plug-in-Hybriden am ausgeprägtesten – was unter anderem auf das Preis-Leistungs-Verhältnis der bereits erhältlichen sowie der bald herauskommenden Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybride zurückzuführen ist. Das treibt den Konsum an. 2016 betrug der Anteil dieser beiden Fahrzeugtypen, gemessen an allen Neuzulassungen, in Frankreich 1,4% – in China waren es 1,2% und in Deutschland lediglich 0,7%. Die Zahl der Ladesäulen scheint dagegen einen weniger großen Einfluss auf das Kaufverhalten zu haben: Hier liegt Deutschland mit 0,21 Ladesäulen pro 1.000 Einwohner noch vor Frankreich (0,14).

SHARING-SEGMENT IN DEUTSCHLAND ZURZEIT STARK REGLEMENTIERT

Der Einführung neuer Geschäftsmodelle im Bereich Ridesharing sind in Deutschland regulatorische Grenzen gesetzt. Ridesharing-Anbieter wie Clever-Shuttle und Allygator, die darauf setzen, dass sich verschiedene Nutzer

C: Im autonomen Fahren ist Deutschland Technologie-Pionier
 Einordnung Deutschlands im internationalen Vergleich

| Dimension | Element | Pionier | Verfolger | Nachfolger | Deutschland im Vergleich zum Pionier (Beispiele) |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------|-------------|---|
| AUTONOMES FAHREN | Regulatorische Rahmenbedingungen | Singapur | Deutschland | | In Singapur hat das Transportministerium große Freiheiten, Tests mit autonom fahrenden Verkehrsmitteln zu ermöglichen |
| | Wirtschafts-politische Impulse | Singapur | Deutschland | | Singapur hat Großauftrag zur Entwicklung eines Grundlagensystems für autonomes Fahren vergeben |
| | Technologischer Reifegrad | Deutschland USA | | | Deutschland zusammen mit den USA in Spitzenposition – Treiber hauptsächlich deutsche OEMs und Zulieferer |
| E-MOBILITÄT | Regulatorische Rahmenbedingungen | China | Deutschland | | China plant Einführung eines aggressiven Quotensystems für Automobilhersteller zur Umweltentlastung |
| | Wirtschafts-politische Impulse | China | Deutschland | | In China höhere staatliche Förderung der Elektromobilität – nominal und auch relativ zum BIP |
| | Technologischer Reifegrad | Frankreich | Deutschland | | Frankreich mit größtem relativem Absatz von E-Fahrzeugen, stimuliert durch bestes Preis-Leistungs-Verhältnis |
| MOBILITÄTS-SHARING | Regulatorische Rahmenbedingungen | China | | Deutschland | Einführung von Ridesharing-Modellen aufgrund der Verkehrsüberlastung in China aktiv gefördert |
| | Wirtschafts-politische Impulse | USA | Deutschland | | In den USA bereits mehrere Kooperationen zwischen ÖPNV und privaten Ridesharing-Anbietern |
| | Offenheit der Nutzer | Singapur | Deutschland | | In Singapur deutlich mehr Nutzer von Mobilitätssharing im Vergleich zu Deutschland |

ein Fahrzeug "on Demand" also auf Abruf teilen, müssen eine Genehmigung über § 2 Abs. 6 bzw. 7 PBefG erwirken. Die Geschäftsmodelle dürfen dabei den öffentlichen Verkehrsinteressen nicht entgegenstehen. Alternativ muss auf eine gewerbliche Personenbeförderung verzichtet werden, d. h. Beförderungsentgelte dürfen lediglich zur Deckung der Betriebskosten erhoben werden.

Andere Länder wie China unterstützen aktiv die Einführung neuer Ridesharing-Dienste, unter anderem um die hohe Luftverschmutzung in Großstädten zu bekämpfen. 2016 gab die chinesische Regierung den lokalen Behörden vor, schnellstmöglich notwendige Rahmenbedingungen für Ridesharing-Geschäftsmodelle zu schaffen (Tarife, arbeitsrechtliche Bedingungen etc.).

In puncto wirtschaftspolitische Impulse gehen die USA einen progressiveren Weg als Deutschland. In mehreren amerikanischen Städten werden Ridesharing-Anbieter bereits in den öffentlichen Nahverkehr integriert, um Kunden Mobilität, inklusive der "letzten Meile", aus einer Hand zu bieten sowie auf schlecht ausgelastete und unrentable Busstrecken verzichten zu können. In Tampa etwa können Passagiere von der letzten Busstation aus UberPool, Lyft oder ähnliche Dienste mit ihrem ÖPNV-Ticket nutzen. Der ÖPNV-Betreiber zahlt dafür pro Fahrt 5 Dollar an die Dienstleister. Die bisherigen internen Kosten pro Fahrgast betragen auf manchen Strecken bis zu 16 Dollar. Deutschland befindet sich in diesem Bereich noch am Anfang. Allerdings sind erste konkrete Pilotprojekte angelaufen, um private Ridesharing-Angebote in den ÖPNV zu integrieren (siehe etwa das Berliner Start-up door2door in Kooperation mit der Kreisstadt Freyung in Bayern oder in Duisburg).

Betrachtet man die Offenheit der Nutzer für Mobilitätssharing-Angebote, liegt Singapur in unserem Vergleich an erster Stelle. Diese Einschätzung deckt sich auch mit dem jüngsten "Automotive Disruption Radar" von Roland Berger (#Issue 1/2017). Zurzeit lässt sich dies am besten an der Nutzung klassischer Carsha-

ring-Angebote ablesen: Bereits 3,6% der Menschen in Singapur nutzen Carsharing-Angebote – in deutschen Städten sind es nur 2,1%. Gleichzeitig ist auch das Angebot von Carsharing-Fahrzeugen in Singapur mit einer Quote von 0,99 pro 1.000 Pkw am größten (Deutschland: 0,36). Dieser Unterschied lässt sich teilweise durch die Dichte des Stadtstaats Singapur erklären. Allerdings liegt Deutschland auch noch hinter Flächenstaaten wie der Schweiz (0,66).

THESEN FÜR DIE ENTWICKLUNG URBANER MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND

Aus dem Ländervergleich lassen sich folgende Thesen für die Entwicklung von Zukunftsszenarien bis 2030 (siehe Kapitel 2) ableiten:

- > Aufgrund der technologischen Vorreiterrolle Deutschlands im Bereich autonomes Fahren ist zu erwarten, dass die Automobilhersteller die Einführung autonomer Fahrzeuge der Stufen 4 und 5 in den deutschen Markt im internationalen Vergleich frühzeitig und mit großer Konsequenz verfolgen werden. Damit werden autonome Fahrzeuge und auch autonome Taxiflotten in Deutschland 2030 eine signifikante Rolle spielen.
- > Weil Deutschland in Bezug auf Sharing-Konzepte eine Nachfolgerrolle einnimmt, wird zunehmendes Mobilitätssharing allein eine potenzielle Zunahme des Straßenverkehrs durch die Einführung autonomer Individualfahrzeuge voraussichtlich nicht kompensieren können.
- > Der Ausbau der Ladeinfrastruktur wird die Verbreitung der E-Mobilität nicht nachhaltig limitieren, sondern mit der Verbreitung ebenfalls zunehmen. Gleichzeitig wird der Ausbau allein nicht ausreichen, um das Verbreiten von Elektrofahrzeugen nachhaltig zu steigern, da das Kaufverhalten stärker durch das Preis-Leistungs-Verhältnis der am Markt erhältlichen Fahrzeuge stimuliert wird.

Kapitel 2:

Zukunftsszenarien: vier Möglichkeiten, wie die Mobilität 2030 aussehen könnte

Auf Basis einer zweistufigen Expertenbefragung ergeben sich vier mögliche Szenarien für das deutsche urbane Mobilitätssystem im Jahr 2030.

In einer zweistufigen Expertenbefragung haben wir im Rahmen dieser Studie Zukunftsszenarien für deutsche urbane Mobilität im Jahr 2030 abgeleitet. Die erste Runde bestand darin, Einflussfaktoren zu sammeln und im Anschluss zu konsolidieren, um sie dann in einer zweiten Runde hinsichtlich Einfluss und Unsicherheit zu bewerten. Schließlich wurden die Ergebnisse in einem Expertenworkshop eingehend diskutiert.

DREI RANDBEDINGUNGEN STEHEN FEST

Einflussfaktoren mit großer Wirkung und großer Sicherheit (Trends) bilden die Basis für die Zukunftsszenarien 2030. Aus diesen Trends lassen sich folgende Randbedingungen für die zu definierenden Szenarien ableiten:

- > Der verkehrsplanerische Handlungsdruck ist groß: Eine zunehmende Flächenknappheit in Städten, etwa durch Urbanisierung bei einem gleichzeitig wachsenden Bedürfnis nach Mobilität, erfordert neue verkehrsplanerische Lösungen, unter anderem mit einem erhöhten Maß an Lärm- und Abgasschutz.
- > E-Mobilität hat sich etabliert: Starke Umwelt- und Klimaschutzvorgaben sowie ein wachsendes Bewusstsein für umweltschonende Mobilitätsformen begünstigen den Ausbau von E-Mobilität, Batteriekapazitäten, Ladeinfrastruktur und nachhaltigen Antriebstechnologien.
- > Verkehr ist intermodal und digital: E-Ticketing und intermodale Angebote sind hochgradig verfügbar und werden gerade von jüngeren Nutzergruppen akzeptiert.

ENTSCHEIDENDE UNSICHERHEITEN

Neben diesen Trends haben die Experten elf Einflussfaktoren mit großer Wirkung bei gleichzeitig großer Unsicherheit benannt (entscheidende Unsicherheiten). Im Zentrum steht das autonome Fahren. Aus diesen Faktoren lassen sich zwei Kerndimensionen ableiten, die den Szenariorahmen aufspannen:

- > Beschaffenheit des im Jahr 2030 zugrunde liegenden Verkehrssystems (z.B. Verkehrsflussmanagement, Vernetzung autonomer Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur, Optimierung der letzten Meile)
- > Beschaffenheit des im Jahr 2030 ausgeprägten Fahrverhaltens (z.B. Nutzung von autonomen Taxifлотten im Vergleich zu ÖPNV- oder Ridesharing-Angeboten) → [D](#)

VIER SZENARIEN FÜR URBA NE MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND 2030

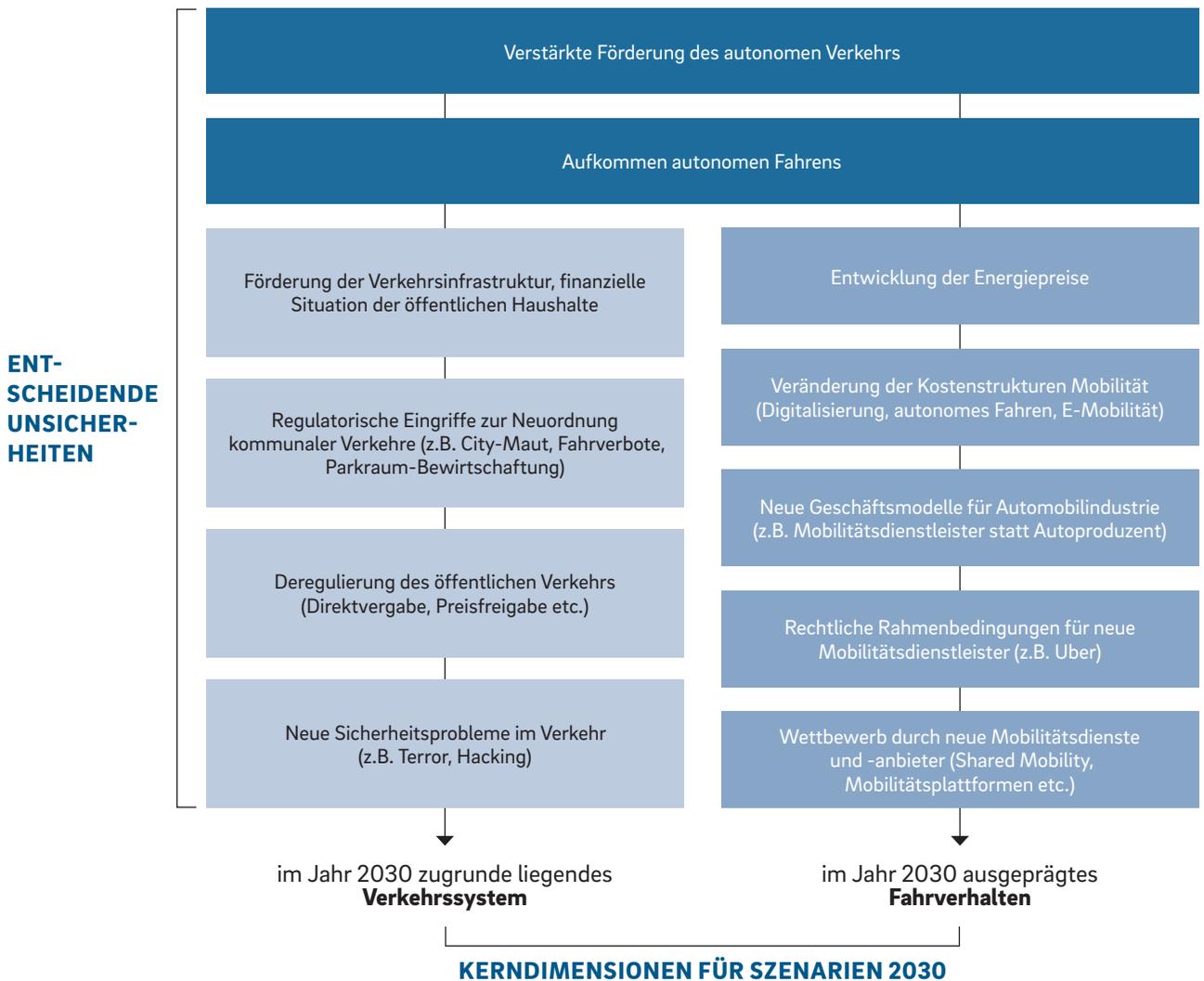
Entlang der Kerndimensionen "Verkehrssystem" und "Fahrverhalten" lassen sich vier Mobilitätsszenarien 2030 definieren. Allen Szenarien liegen (neben den oben aufgeführten Trends) die folgenden Annahmen zugrunde: Die Gesetzeslage im Jahr 2030 lässt das autonome Fahren der Stufen 4 oder 5 uneingeschränkt zu, bisher noch ungelöste Vorfahrtsregelungen zwischen autonomen und klassischen Fahrzeugen sind gelöst sowie Haftungsfragen geklärt. Ferner gehen wir davon aus, dass Datenverbindungen keine Limitation für autonome Mobilitätsdienstleistungen darstellen (in Kapitel 3 diskutiert). Allgemein gilt: Je höher der Durchdringungsgrad autonomer Fahrzeuge im Jahr 2030 ist, desto stärker unterscheiden sich die im Folgenden vorgestellten Szenarien vom Status quo. Der spezifische Ausprägungsgrad der Szenarien für individuelle Städte hängt maßgeblich von der Relation zwischen Fahraufkommen sowie der bereits vorhandenen Verkehrsinfrastruktur ab. Die absolute Größe einer Stadt spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Allgemein werden die Veränderungen des Mobilitätssystems kleine sowie große Städte betreffen. → [E](#)

SZENARIO ANARCHIE

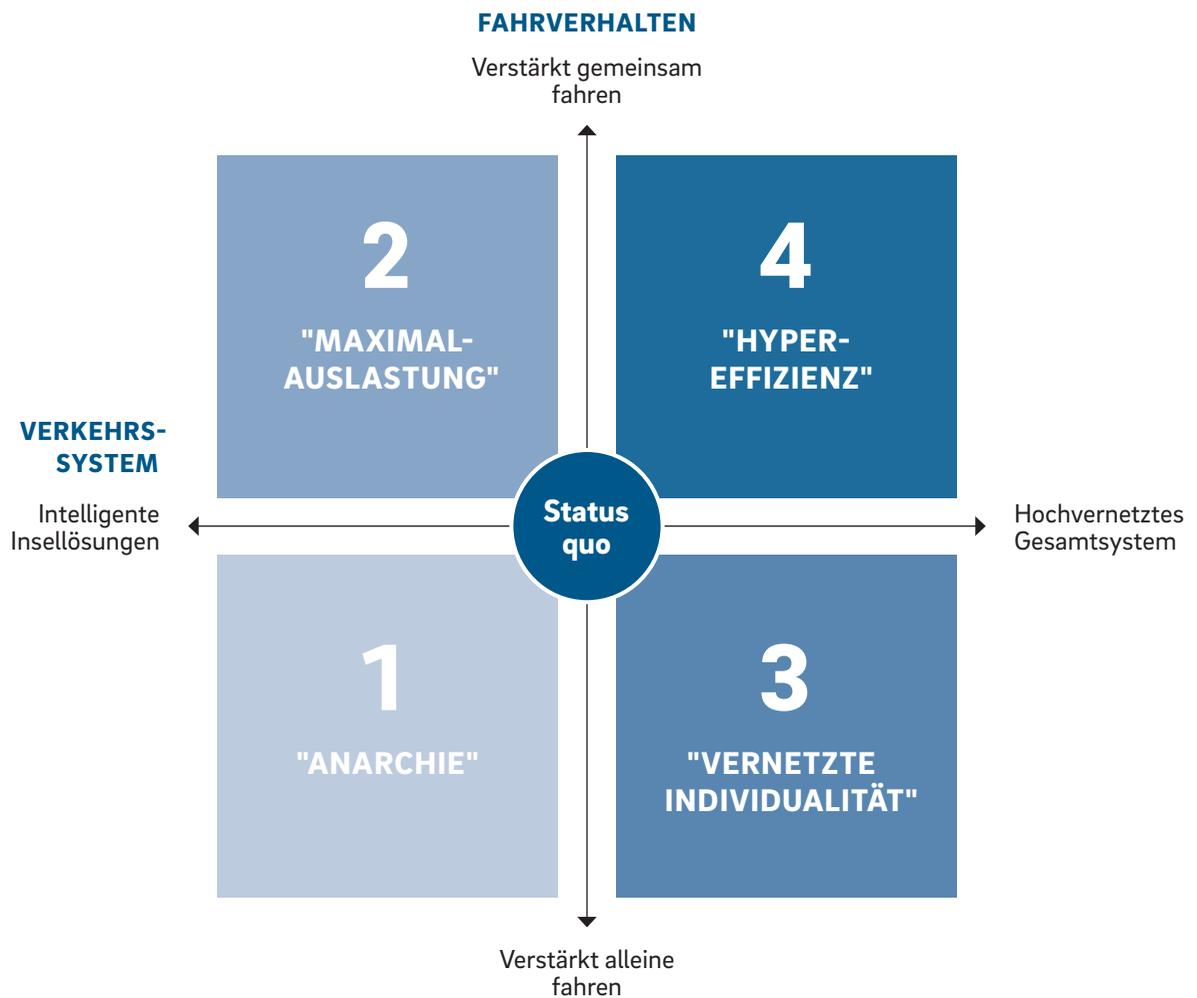
Das Szenario "Anarchie" beschreibt einen Zustand, in dem es keine gezielte Verkehrssteuerung, keine kollaborative Steuerung vernetzter autonomer Fahrzeuge und keine planerischen und regulatorischen Steuerungsimpulse gibt. Angebote autonomer Taxifлотten sind attraktiver als Angebote des ÖPNV.

D: Verkehrssystem und Fahrverhalten bestimmen die Szenarien

Entscheidende Unsicherheiten und Ableitung Kerndimensionen für den Szenariorahmen 2030



E: Szenarien reichen von Anarchie bis Hypereffizienz
Szenarien für urbane Mobilität 2030 in Deutschland



Das Verkehrsaufkommen erhöht sich erheblich, weil autonome Taxiflotten gegenüber dem ÖPNV durch das Zusammenspiel aus Komfort und geringerem Preis attraktiver sind als heutige Taxis und Ridesharing ein Nischenphänomen bleibt. Weiterhin erhöhen beispielsweise unbemannte Leerfahrten zu den Ladepunkten das Verkehrsaufkommen, da die Verkehrsinfrastruktur nicht gezielt für autonome und elektrifizierte Fahrzeuge ausgebaut bzw. angepasst ist. Zudem gibt es keine übergeordnete Instanz, die systemoptimierende Regeln für den Straßenverkehr vorgibt (z.B. Vorrechte manueller gegenüber autonomen Fahrzeugen oder umgekehrt) – dadurch wird der Mischverkehr zwischen manuell gesteuerten und autonomen Fahrzeugen insgesamt eher dazu führen, dass sich der Verkehrsfluss verlangsamt.

Autonom beförderte Fahrgäste nehmen eine Verlängerung der Reisezeiten hin, da sie komfortabler unterwegs sind. Andere Straßenverkehrsteilnehmer dagegen werden durch längere Reisezeiten stark strapaziert.

SZENARIO MAXIMALAUSLASTUNG

Im Szenario "Maximalauslastung" nimmt die Attraktivität des ÖPNV zu, weil dieses sein Angebot gezielt optimiert, die Kosten sinken. Es finden regulatorische Eingriffe statt. Eine hochvernetzte Steuerung des Gesamtsystems jedoch fehlt.

Die "letzte Meile" wird durch den Einsatz autonomer Kleinbusse bewältigt, wobei sowohl ÖPNV-Unternehmen als auch private Anbieter deren Betrieb übernehmen. Mobilitätslösungen stehen rund um die Uhr für jeden Menschen zur Verfügung – sichergestellt im Zweifel durch den ÖPNV. Dieser behält darüber hinaus einen Preisvorteil im Vergleich zu autonomen Taxiflotten durch konsequente Kostensenkung (z.B. Verringerung der Personalkosten in der Sparte Bus durch Einsatz autonomer Fahrzeuge) und regulatorische Eingriffe (z.B. gänzliche oder Teil-Einschränkung des Betriebs privater autonomer Taxiflotten oder Besteuerung dieser Geschäftsmodelle bzw. Einführung von City-Maut-Systemen).

Das Verkehrsaufkommen wird durch diese Maßnahmen in Summe abnehmen.

SZENARIO VERNETZTE INDIVIDUALITÄT

In diesem Szenario existiert ein übergeordnetes, hochvernetztes Gesamtsystem, das den Verkehrsfluss autonomer Fahrzeuge untereinander (kollaborativ) sowie im Zusammenspiel mit manuell gesteuerten Fahrzeugen optimiert. Angebote autonomer Taxiflotten sind attraktiver als Angebote des ÖPNV.

Das Fahraufkommen erhöht sich erheblich, da autonome Taxiflotten gegenüber dem ÖPNV durch das Zusammenspiel aus Komfort und geringem Preis attraktiver sind als heutige Taxis und Ridesharing ein Nischenphänomen bleibt. Allerdings sichert ein aktives Verkehrsmanagement die kollaborative Steuerung autonomer Fahrzeugflotten. In Kombination mit einer Optimierung der Verkehrsinfrastruktur für autonome bzw. elektrische Fahrzeuge führt dies zu vergleichbaren Beförderungszeiten (z.B. durch Minimierung der Zahl von Leerfahrten zu Ladepunkten).

SZENARIO HYPEREFFIZIENZ

Im Szenario "Hypereffizienz" fahren Menschen in einem hochvernetzten System verstärkt gemeinsam, weshalb es zu einer Gesamtsystemoptimierung kommt.

Ein aktives Verkehrsflussmanagement, die kollaborative Steuerung autonomer Fahrzeuge und eine nachfrageorientierte Preispolitik des ÖPNV sowie der autonomen Taxiflotten (über City-Maut) optimieren das Verkehrssystem. Die Nutzung von Ridesharing-Angeboten hat sich stark erweitert – mit reduzierender Wirkung auf das Verkehrsaufkommen. Daneben sichert der ÖPNV seine Attraktivität durch Kostensenkung und eine Optimierung der letzten Meile. Die Zahl der Leerfahrten autonomer Fahrzeuge wird mithilfe eines gezielten Ausbaus der Ladeinfrastruktur minimiert. In Summe verringern sich das Verkehrsaufkommen und die durchschnittlichen Beförderungszeiten.

F: "Anarchie" führt zu einer Steigerung von Verkehrsaufkommen und längeren Beförderungszeiten
 Detaildarstellung Szenarien

SZENARIOBILDENDE FAKTOREN

| | | |
|--|----------------------------------|--|
| Verkehrsflussmanagement | <i>passiv</i> 1 2 | <i>aktiv, in Echtzeit¹</i> 3 4 |
| Steuerung autonomer Fahrzeuge² | <i>nicht kollaborativ</i> 1 2 | <i>kollaborativ</i> 3 4 |
| Optimierung letzte Meile³ | <i>nein</i> 1 3 | <i>ja</i> 2 4 |
| Nutzung Ridesharing | <i>geringfügig erhöht</i> 1 3 | <i>stark erhöht</i> 2 4 |
| Attraktivität Robo-Taxis gegenüber ÖPNV | <i>geringer</i> 2 4 | <i>höher</i> 1 3 |
| Regulatorische Einschränkungen | <i>City-Maut</i> 2 3 4 | <i>private Mobilitätsdienste</i> 2 |
| Förderung der Verkehrsinfrastruktur⁴ | <i>autonome Fahrzeuge</i> 3 4 | <i>elektrische Fahrzeuge</i> 3 4 |

AUSWIRKUNGEN

| | | | |
|---------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|
| Auslastung ÖPNV | <i>geringer</i> 1 3 | <i>höher</i> 2 4 | |
| Verkehrsaufkommen | <i>geringer</i> 2 4 | <i>höher</i> 1 3 | |
| Beförderungszeiten | <i>geringer</i> 4 | <i>vergleichbar</i> 2 3 | <i>höher</i> 1 |

Legende

- 1 = Anarchie
- 2 = Maximalauslastung
- 3 = Vernetzte Individualität
- 4 = Hypereffizienz

1 Z.B. Steuerung durch flexible Preise ÖPNV, aktives Parkraum-Management 2 Steuerung autonomer Fahrzeugflotten, z.B. Platooning 3 Z.B. durch öffentliche autonome Fahrzeugflotten 4 Z.B. systematischer Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur, Einrichtung eigener Fahrstreifen für autonome Fahrzeuge

Quelle: Roland Berger

Kapitel 3:

Was jetzt zu tun ist: Handlungsoptionen für Entscheider aus Wirtschaft und Politik

Wie lassen sich die Chancen nutzen, die autonomes Fahren, Elektromobilität und das sich verändernde Nutzerverhalten mit sich bringen?

Um das Szenario "Anarchie" – geprägt durch eine Zunahme der Reisezeiten sowie des Verkehrsaufkommens im städtischen Straßenverkehr – zu vermeiden, gilt es für Entscheider aus Wirtschaft und Politik, bereits heute aktiv Weichen richtig zu stellen. Wie schon in Kapitel 1 diskutiert, werden nach unserer Einschätzung bis 2030 autonome Taxiflotten gerade in Deutschland aggressiv in den Markt drängen und zunächst das Straßenverkehrsaufkommen steigern. Ridesharing-Konzepte können hier kompensierend wirken – ohne explizite finanzielle Förderungsimpulse und passgenaue Rahmenbedingungen scheint es allerdings fraglich, ob sich diese Konzepte in Deutschland bis 2030 in ausreichendem Maße durchsetzen werden. Ferner sind frühzeitige verkehrsplanerische Steuerungsimpulse notwendig, um die Ladeinfrastruktur im Hinblick auf das gesamthafte Verkehrssystem optimal zu gestalten. Ohne diese expliziten Steuerungsimpulse wird der Marktdruck, der sich bis 2030 entfaltet, den Ausbau der Ladeinfrastruktur ausschließlich an Individualinteressen ausrichten.

Konkret ergeben sich entlang der entscheidenden Dimensionen zur Verhinderung des Szenarios "Anarchie" zwei mögliche Strategien. → [G](#)

STRATEGIE 1: INTELLIGENTE INSELSYSTEME ZU EINEM VERNETZTEN GESAMTSYSTEM INTEGRIEREN

- > Aktive Verkehrsflusssteuerung aufbauen, Verantwortlichkeiten klären und dabei Parkraum-Management und dynamische Preissteuerung in Stoßzeiten einbeziehen (dies erfordert auch regulatorische Anpassungen)
- > Städteplanerische Aktivitäten anstoßen, um das städtische Verkehrssystem in Bezug auf Mischverkehr aus elektrischen/autonomen und konventionellen Fahrzeugen zu optimieren: Zahl der Ladeleerfahrten reduzieren durch strategisch geschickte Positionie-

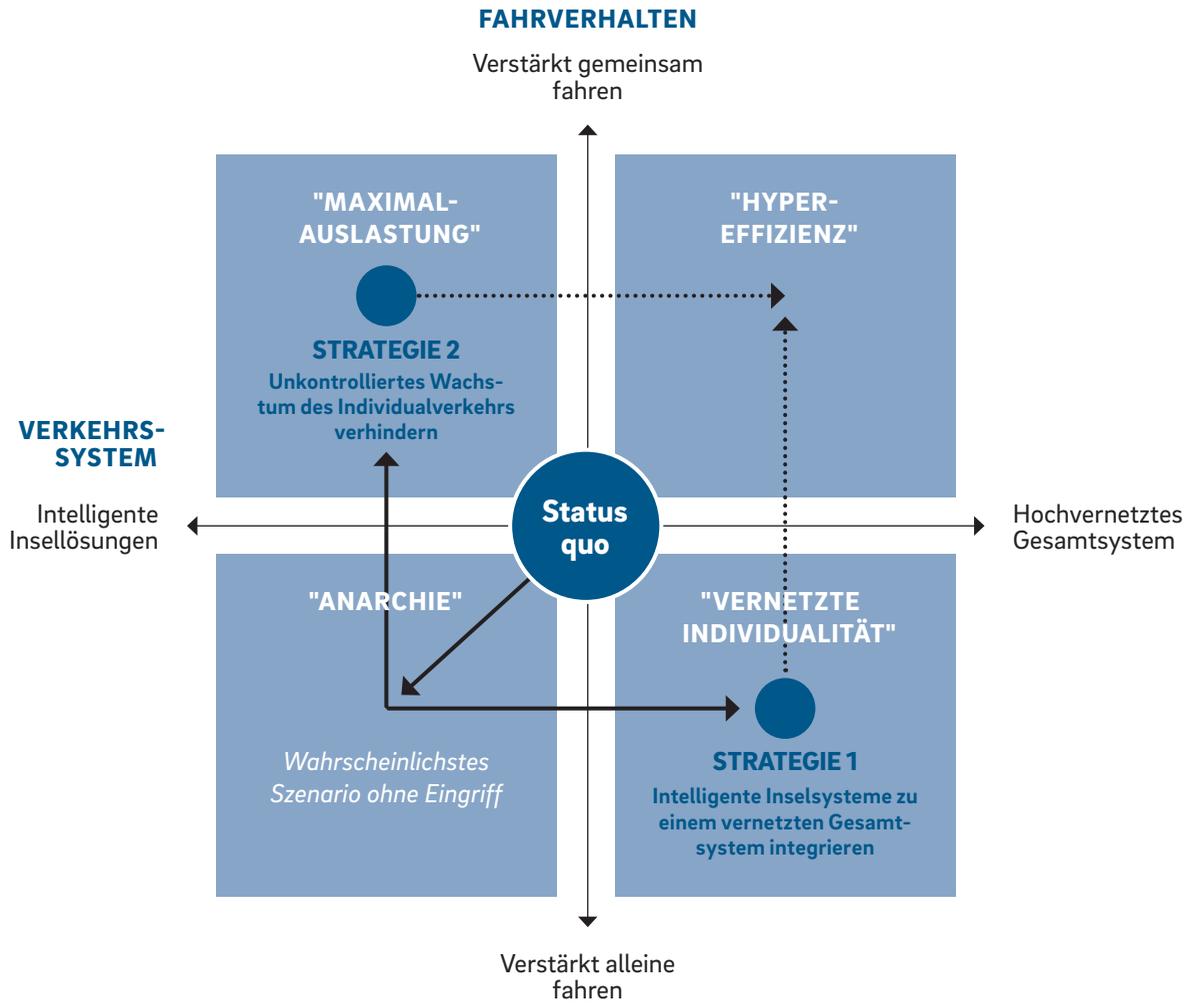
rung öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur, Einrichtung von Fahrstreifen für autonome Fahrzeuge

- > Konnektivität für kollaboratives autonomes Fahren sicherstellen, d.h. Taktikplanung autonomer Fahrzeuge, die Platooning (Verbandbildung) oder Vorfahrtsplanung an Kreuzungen ermöglicht (z.B. via 5G oder alternativ Dedicated Short Range Communication DSRC)
- > Fahrerassistenzserver aufbauen und betreiben – als Grundlage kollaborativer autonomer Fahrzeugverbände; hierfür müssen Standards bezüglich der V2X-Schnittstellen eingefordert oder gesetzt werden; Rollen und Verantwortlichkeiten zwischen ÖPNV und privaten Mobilitätsanbietern sowie Automobilherstellern sind zu klären.

STRATEGIE 2: UNKONTROLLIERTES WACHSTUM DES INDIVIDUALVERKEHRS VERHINDERN

- > "Letzte Meile" optimieren, um die Auslastung des Hochleistungs-ÖPNV zu steigern: durch Einsatz autonomer Fahrzeugflotten (z.B. autonomer Minibusse in der städtischen Peripherie) mit dem Ziel, ein intermodales Mobilitätsangebot bereitzustellen. Eine enge Verzahnung zwischen privaten und öffentlichen Akteuren sollte hierbei sichergestellt sein
- > ÖPNV-Leistungsangebot optimieren durch Ausweitung der Betriebszeiten rund um die Uhr, um Individualverkehrslösungen dauerhaft ersetzen zu können; dies lässt sich insbesondere durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge erreichen, da arbeitsrechtliche Einschränkungen wegfallen
- > Kostenvorteil des ÖPNV sichern, vor allem gegenüber autonomen Taxiflotten durch den gezielten Einsatz autonomer Technologie – allerdings ist das Kostensenkungspotenzial durch Automatisierung gerade im Schienenverkehr stark limitiert

G: Um das Szenario "Anarchie" zu verhindern, stehen zwei Strategien zur Auswahl
Grundlegende Strategien zur Verhinderung von Verkehrsanarchie



> Lenkungsabgaben einführen, um die Mobilitätsnachfrage zu steuern, unter anderem über die Einführung einer dynamischen City-Maut für (autonome) Individualfahrzeuge, die zu Hauptverkehrszeiten höher ausfällt und somit den Preisvorteil des ÖPNV gegenüber dem Individualverkehr erhöht.

Allgemein können diese Strategien in kleinen sowie großen Städten verfolgt werden. Für kleinere Städte stellen jedoch der Aufbau notwendiger IT-Systeme bzw. die Implementierung eines aktiven Verkehrsflussmanagements eine zusätzliche Herausforderung dar. Die hierfür notwendigen Investitionen bzw. den damit verbundenen Aufwand können größere Städte leichter tragen. In ländlich geprägten Gegenden sowie Städten mit hohem Pendleraufkommen kommt ferner der Optimierung der letzten Meile eine besonders große Bedeutung zu.

Die Entscheider aus Politik und Wirtschaft verfügen über ausreichend Hebel, um das Szenario "Anarchie" zu vermeiden.

POLITIK

Die Politik steht in der Pflicht, die Rahmenbedingungen für den Aufbau eines effektiven Verkehrsflussmanagements in Echtzeit schaffen. Dazu gehört, die Gesamtverantwortung für die Schaffung lokal hochvernetzter Verkehrssysteme zwischen öffentlichen und privaten Unternehmen festzulegen und ein Konzept zur effizienten regulatorischen Steuerung von Verkehrsflüssen zu entwickeln.

Um die Verkehrsinfrastruktur für elektrifizierten, autonomen Verkehr zu optimieren (inkl. öffentlicher/halb-öffentlicher Ladeinfrastruktur) sind darüber hinaus neue städteplanerische Konzepte gefordert.

ÖPNV-BETREIBER

Die ÖPNV-Betreiber stehen vor der Herausforderung, ihren bestehenden Preisvorteil zu sichern und ein attraktives Leistungsangebot zu garantieren. Dies kann zum Beispiel durch die Ausschöpfung von Kostensenkungspotenzialen aus einer möglichen Umstellung geeigneter Verkehre auf autonome Fahrzeuge geschehen.

Dazu gehört auch, ein umfassendes intermodales Tür-zu-Tür-Angebot bereitzustellen: mit Rund-um-die-Uhr-Verfügbarkeit oder der Entwicklung entsprechender Partnerkonzepte. Damit ließe sich auch die berühmte "letzte Meile" optimieren und die Attraktivität des Angebots für die Kunden erhöhen.

SONSTIGE UNTERNEHMEN

Des Weiteren sind die benötigten Bandbreiten für vernetzte autonome Mobilität bereitzustellen und standardisierte V2X-Schnittstellen mit Verbindung zu Fahrerassistenzservern zu schaffen.

UMSETZUNG KANN NUR GEMEINSAM GELINGEN

Um diese Strategien umzusetzen, sind erhebliche Infrastrukturinvestitionen erforderlich. Eine weit größere Herausforderung wird jedoch darin bestehen, die Vielzahl von relevanten Stakeholdern (ÖPNV, Automobilhersteller, private Mobilitätsdienstleister, Fahrer/Besitzer von Pkw) mit ihren unterschiedlichen Agenden zusammenzuführen, um ein hochvernetztes Gesamtsystem zu schaffen.

Impressum

IHRE FRAGEN BEANTWORTEN

DIE AUTOREN GERNE ...

AUTOREN

Dr. Torsten Henzelmann

Senior Partner
Head of Civil Economics, Energy and Infrastructure
+49 89 9230-8185
Torsten.Henzelmann@rolandberger.com

Tobias Schönberg

Senior Partner
Transportation
+49 30 39927-3316
Tobias.Schoenberg@rolandberger.com

Dr. Clemens Neuenhahn

Project Manager
Civil Economics, Energy and Infrastructure
+49 30 39927-3607
Clemens.Neuenhahn@rolandberger.com

David Frei

Senior Consultant
Transportation
+49 30 39927-3560
David.Frei@rolandberger.com

Tom Wunder

Senior Consultant
Transportation
+49 30 39927-3615
Tom.Wunder@rolandberger.com

Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen beteiligten Experten sowie dem ACE und dem VDV für die gute Zusammenarbeit!

Die Angaben im Text sind unverbindlich und dienen lediglich zu Informationszwecken. Ohne spezifische professionelle Beratungsleistung sollten keine Handlungen aufgrund der bereitgestellten Informationen erfolgen. Haftungsansprüche gegen Roland Berger GmbH, die durch die Nutzung der in der Publikation enthaltenen Informationen entstanden sind, sind grundsätzlich ausgeschlossen.

Über uns

Roland Berger, 1967 gegründet, ist die einzigste der weltweit führenden Unternehmensberatungen mit deutscher Herkunft und europäischen Wurzeln. Mit rund 2.400 Mitarbeitern in 34 Ländern ist das Unternehmen in allen global wichtigen Märkten erfolgreich aktiv. Die 50 Büros von Roland Berger befinden sich an zentralen Wirtschaftsstandorten weltweit. Das Beratungsunternehmen ist eine unabhängige Partnerschaft im ausschließlichen Eigentum von rund 220 Partnern.

Navigating Complexity

Seit 50 Jahren berät Roland Berger seine Klienten dabei, Veränderung erfolgreich zu gestalten. Heute und in der Zukunft unterstützen wir sie bei der Navigation durch die Komplexitäten unserer Zeit und schaffen mit flexiblen Strategien die Grundlagen für langfristigen Erfolg.

Publisher

ROLAND BERGER GMBH

Sederanger 1

80538 München

Deutschland

+49 89 9230-0