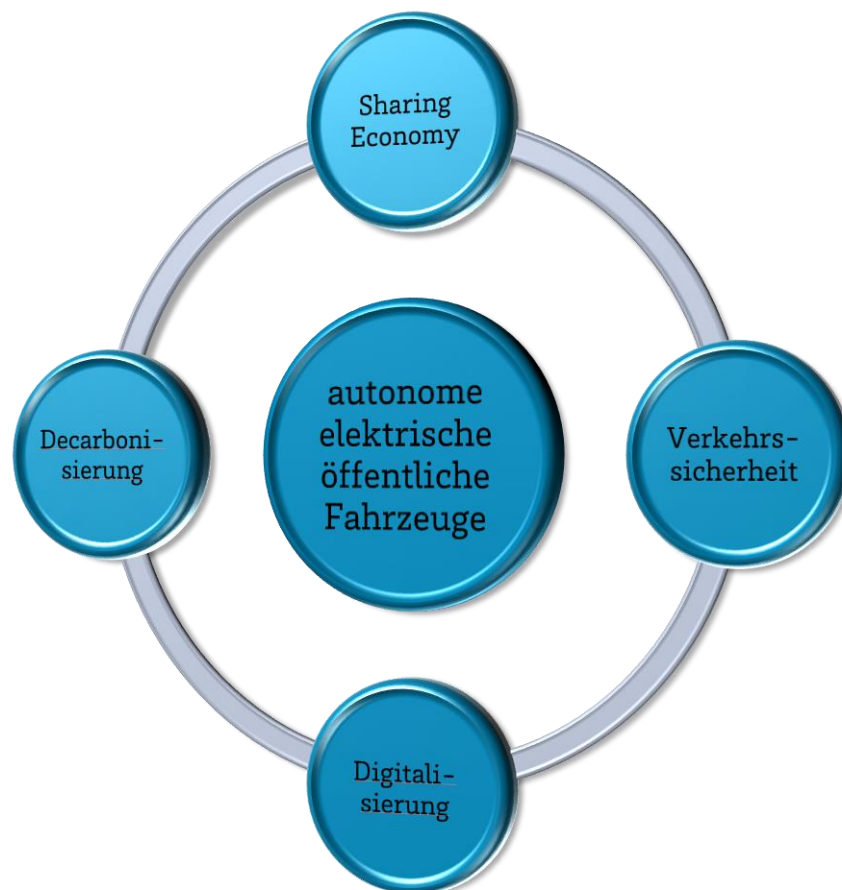


Positionspapier / November 2015

# Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen



---

# Impressum

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)  
Kamekestraße 37–39 · 50672 Köln  
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000  
info@vdv.de · www.vdv.de

## **Ansprechpartner**

Martin Röhrleef  
üstra Hannover, Leiter Stabsbereich Mobilitätsverbund  
Obmann der VDV-AG Multimodale Mobilität  
T 0511 1668-2330  
F 0511 1668-962330  
[Martin.Roehrleef@uestra.de](mailto:Martin.Roehrleef@uestra.de)

Dr. Volker Deutsch  
VDV, Fachbereichsleiter Planung  
T 0221 57979-130  
F 0221 57979-8130  
[Deutsch@vdv.de](mailto:Deutsch@vdv.de)

Dr. Till Ackermann  
VDV, Fachbereichsleiter Business Development  
T 0221 57979-110  
F 0221 57979-8110  
[Ackermann@vdv.de](mailto:Ackermann@vdv.de)

---

## Bildquellen

Titel                    eigene Darstellungen VDV  
Seite 5, 19            eigene Darstellungen VDV, Seite 10 Morgan Stanley

## Kurzfassung:

# Autonome Fahrzeuge: Chancen und Risiken für den ÖV

Die Entwicklung und der Einsatz von vollautonom fahrenden fahrerlosen Fahrzeugen ("Autonomous Vehicle") wird einen disruptiven Effekt auf den Verkehrsmarkt haben, der die heutigen Nutzungsmuster, Besitz- und Geschäftsmodelle grundlegend durcheinander wirbelt. Ein „Game-Changer“ nicht zuletzt deshalb, weil es die traditionellen Grenzen zwischen den Verkehrssystemen verwischt, denn das selbstfahrende Fahrzeug kann im Prinzip alles sein: ein privates Auto, ein Taxi, ein Bus, ein CarSharing-Fahrzeug oder ein Sammeltaxi.

Dramatisch ausgedrückt: das autonome Fahrzeug könnte ein Teil des öffentlichen Verkehrssystems werden – es könnte aber auch in weiten Teilen die Existenz des heutigen öffentlichen Nah- und Fernverkehrs in Frage stellen:

- Existenzbedrohung für den ÖV, denn das autonome Fahrzeug macht das Autofahren wesentlich attraktiver. Man kann während der Fahrt telefonieren, schlafen, online surfen. Am Zielort steigt man vor der Tür aus, danach sucht sich das Fahrzeug selbstständig einen Parkplatz – oder es steht anderen Personen zur Verfügung. Und auch ohne Führerschein kann man es benutzen – es könnte sogar die Kinder automatisch zu Ihren Aktivitäten bringen. Der heutige USP (unique selling proposition/ Alleinstellungsmerkmal) des ÖV (gefahren werden, keine Parkplatzsorgen) geht verloren. Warum sollte man da noch Bus oder Bahn fahren?
- „Teil des ÖV“, denn das autonome Fahrzeug kann als Teil einer Flotte von „Roboter-Minibus-Taxis“ eine historische Chance sein: Eine ideale Ergänzung zu einem Hochleistungs-ÖPNV. Ein perfektes CarSharing-Auto, das auf Zuruf zum Fahrgast kommt und ihn am Ziel absetzt. Oder ein Mini-Bus, mit dem auch schwach ausgelastete Buslinien fahrerlos im dichten Takt bedient werden können. Warum sollte man sich noch ein eigenes Auto kaufen, wenn man sich bei Bedarf jederzeit eines rufen kann?

Für den ÖV bedeutet dieses:

1. Alle Schritte in Richtung des autonomen Fahrens führen automatisch zu einer Steigerung der Attraktivität des PKW und sind deshalb zunächst für den ÖV kontraproduktiv.
2. Komplette autonom fahrende Fahrzeuge (aber auch bereits Fahrzeuge, die z. B. auf Autobahnen autonom fahren können) werden die bestehenden Geschäftsmodelle der ÖV-Unternehmen unter starkem Druck setzen oder sogar gänzlich in Frage stellen. Denn während davon auszugehen ist, dass Hochleistungs-ÖPNV (Schnellbahnen) auch künftig gegenüber autonomen Fahrzeugen hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Reisezeit und Verlässlichkeit, Vorteile aufweisen, ist dieses z. B. bei Busverkehren abseits der Hauptachsen oder in mittelgroßen Städten nicht der Fall.
3. Abschätzungen zeigen, dass beim umfassenden Einsatz von autonom im urbanen Verkehr fahrenden Fahrzeugen in einer Stadt nur noch ca. 1/10 der heutigen Autoflotte notwendig ist. Das würde z. B. eine enorme Flächeneinsparung beim ruhenden Verkehr ermöglichen. Fatal ist allerdings, dass gleichzeitig jedoch die PKW-Fahrleistung drastisch (bis zu einer Verdopplung!) ansteigt, u. a. weil Verkehre vom ÖPNV auf das Auto verlagert werden: zwar weniger Autos, aber dafür noch mehr Autoverkehr – das kann keine gewollte Entwicklung sein!
4. Mit dem Sprung zum vollautonomen Fahren ergeben sich jedoch auch neue Chancen, da vollautonome Fahrzeuge auch als Teil einer öffentlichen Flotte (Roboter-Taxis, CarSharing) bzw. als Teil des ÖPNV eingesetzt werden können. So könnten vollautonome Fahrzeugflotten einerseits den ÖPNV stärken und andererseits eine Alternative zum Besitz eines privaten PKW sein. Auf diese Weise eröffnen sich Chancen für nachhaltige Verkehrskonzepte, die umfassende Mobilität mit viel weniger (effizient genutzten) Autos, weniger Autoverkehr und mehr ÖPNV realisieren.

5. Vollautonom fahrende Fahrzeuge werden voraussichtlich über Flottenbetreiber und den Betrieb auf einem abgegrenzten Netz in den Markt vordringen. Öffentliche Verkehrsdienste, der Betrieb auf abgegrenzten Netzen und das Management von Flotten sind klassische Aufgabenbereiche von Verkehrsunternehmen. Hier ist also zu fragen, ob der ÖPNV in Abstimmung mit der öffentlichen Hand auch bei diesen Systemen eine aktive Rolle übernimmt – sei es als Betreiber, Besteller, Organisator oder Partner – oder ob dieses Feld komplett und ungesteuert privaten Unternehmen überlassen werden soll.
6. Über die eigenen Aktivitäten hinaus geht es auch darum, die verkehrspolitische Diskussion zu führen und die Rolle der öffentlichen Hand zu klären: welche Entwicklungen sind gewollt? Wie können Verkehrsangebote kundenfreundlich integriert und aufeinander abgestimmt werden? Wo müssen Rahmenbedingungen (Ordnungspolitik, Finanzierung,...) verändert werden? Vor allem muss es gelingen, den Schritt zu Sharing- und Flottenbetriebsmodellen zu etablieren.

### **Handlungsempfehlungen: Was ist jetzt zu tun?**

1. Bis zur Markteinführung von vollautonomen Fahrzeugen im Stadtverkehr bleibt – sofern Zuversicht und Entwicklungserfolge auch weiterhin im Einklang bleiben – noch ein Zeitraum von ca. 10-20 Jahren. Dieser ist einerseits ausreichend lang, um Veränderungen anzugehen und den verkehrspolitischen Rahmen zu setzen. Andererseits ist es angesichts der absehbar fundamentalen Änderungen ein sehr kurzer Zeitraum, der dringend genutzt werden muss.
2. **Die Branche muss sich aktiv mit den Möglichkeiten und Folgen autonomer Fahrzeuge auseinandersetzen**  
Für die ÖV-Branche sind das Vordringen autonomer Fahrzeuge und die damit verbundenen Veränderungen also mit Chancen und Risiken verbunden. Folglich ist es notwendig, dass sich die Branche frühzeitig mit diesen Entwicklungen auseinandersetzt, sich positioniert, Chancen nutzt und Risiken entgegen wirkt.
3. Deshalb gilt es, der Politik und insbesondere den kommunalen Eigentümern, einerseits die verkehrspolitischen Folgen (noch mehr Autoverkehr) und andererseits die existentiellen Risiken zu vermitteln, die darin bestehen, wenn das öffentliche Verkehrsunternehmen nur noch auf Restverkehre verwiesen wird.
4. Für die Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünde, bzw. für die Branche des ÖPNV gesamt gilt es aus strategischer Sicht, sich als Integrator aller Mobilitätsangebote zu positionieren und sich bereits heute mit den Kunden zu vernetzen und ihnen Services zu bieten. Dabei ist die Kundenbeziehung im Vertrieb zu sichern und es sind CRM-Maßnahmen einzusetzen. Wichtig ist es, die langfristige Verkehrsplanung und Investitionen unter Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen von autonomen Fahrzeugen vorzunehmen.
5. Durch Modellprojekte könnten bereits heute die Chancen und Möglichkeiten einer Integration von autonomen Fahrzeugen in den ÖPNV demonstriert werden, z. B. durch den Einsatz autonomer Shuttles zur Anbindung von abgelegenen Standorten an eine Schienenstrecke oder zur feinträumigen Erschließung. Im Ausland finden sich bereits erste Beispiele. In Deutschland gilt es, diese jetzt zu initiieren.
6. Über diese Modellvorhaben hinaus sollten Verkehrsunternehmen und -verbünde durch den Ausbau von Kooperationen mit anderen Mobilitätsangeboten (CarSharing, Taxi, BikeSharing, etc.) Erfahrungen in der Gestaltung und im Management von vernetzten Mobilitätsangeboten gewinnen.

Dieses Szenario bedarf eines mutigen Vorgehens. Es könnte die Antwort der ÖPNV-Branche auf die Herausforderungen der Digitalisierung und der Sharing Economy sein unter Wahrung der Vorteile des ÖPNV im Hinblick auf Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Decarbonisierung, Verkehrssicherheit und Lebensqualität. Eine öffentlich zugängliche, geteilte, effiziente Mobilität ist auch eine Mobilität, die für die öffentliche Hand wie für die Nutzer bezahlbar ist.

---

## Vorbemerkung

*Vorhersagen sind schwierig, insbesondere wenn sie die Zukunft betreffen.*

Diese Erkenntnis wird u.a. Karl Valentin, Mark Twain, Winston Churchill, Niels Bohr und Kurt Tucholsky zugeschrieben.

Die Zukunft der Mobilität und die Frage danach, ob und welche Rolle dabei autonome Fahrzeuge spielen könnten, ist dementsprechend nicht sicher vorhersagbar.

Automatisierte spurgeführte Systeme sind dort, wo ein eigener und gegen Betretung gesicherter Gleiskörper vorhanden ist, bereits im Einsatz erlebbar, wenngleich auch als Migration nicht überall wirtschaftlich. Fahrerassistenzsysteme kommen überall auf. Im Stadtverkehr mit Bussen gibt es außerhalb der Spurführung nur wenige Ansätze der Automatisierung des Fahrens.

Dieses Positionspapier beschäftigt sich aber mit der Entwicklung und den Auswirkungen von autonomen Fahrzeugen, die im wesentlichen Autos sein werden.

Warum positioniert sich also der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen zu einem Thema, in dem er selbst und seine Mitglieder heute kaum eigene Expertise besitzen und die Forschung und Entwicklung an Universitäten, bei Automobilherstellern und -zulieferern, aber auch bei Digitalisierungsgiganten wie Google oder Apple abläuft?

Die Antwort ist:

**Wohl kaum eine andere aktuelle Innovation besitzt das Potential, unsere Verkehrssysteme so tiefgreifend und dramatisch zu verändern wie diese!**

Es bestehen derart große Chancen und Risiken, dass eine grundsätzliche Beschäftigung und frühzeitige strategische Berücksichtigung für alle Marktteilnehmer auf jeden Fall geboten erscheint.

---

# Verfügbarer Stand der Entwicklung autonomer Fahrzeuge

Nur wenige Forschungen zum Thema autonome Fahrzeuge erfolgen in öffentlichen Forschungsvorhaben und sind prinzipiell zugänglich. Die meisten Informationen basieren auf öffentlichen Aussagen und Vorstellungen von Konzernen – mit der Gefahr, dass diese nur ein gewünschtes und zuversichtliches Bild der Entwicklung in die Öffentlichkeit transportieren.<sup>1</sup> Das heißt, das Bild über selbstfahrende Autos wird insbesondere in Deutschland von den Automobilherstellern bestimmt und in den Kontext des Individualverkehrs gerückt.

## Entwicklungen der Automobilindustrie

Die meisten klassischen Automobilhersteller haben sich bereits öffentlich zum Thema autonome Fahrzeuge geäußert:

- Nissan Executive Vice-President Palmer: "Nissan will make fully autonomous vehicles available to the consumer by 2020."
- Ford CEO Mark Fields: "Fully autonomous vehicles on the market by 2020."
- Jaguar/Land Rover Director of R&D Epple: "Fully autonomous driving will happen within 10 Years (=2024)."
- Daimler CEO Zetsche: "Fully autonomous vehicles that drive without human intervention in the market by 2025."
- Stefan Moser, Head of Product and Technology Communications: "Next generation Audi A8 capable of fully autonomous driving in 2017."
- Volvo will 2017 100 voll autonome Fahrzeuge auf bestimmten Strecken rund um Göteborg einsetzen.

Welchen Wert haben diese zuversichtlichen Bekundungen der Automobilindustrie? Fakt ist, dass

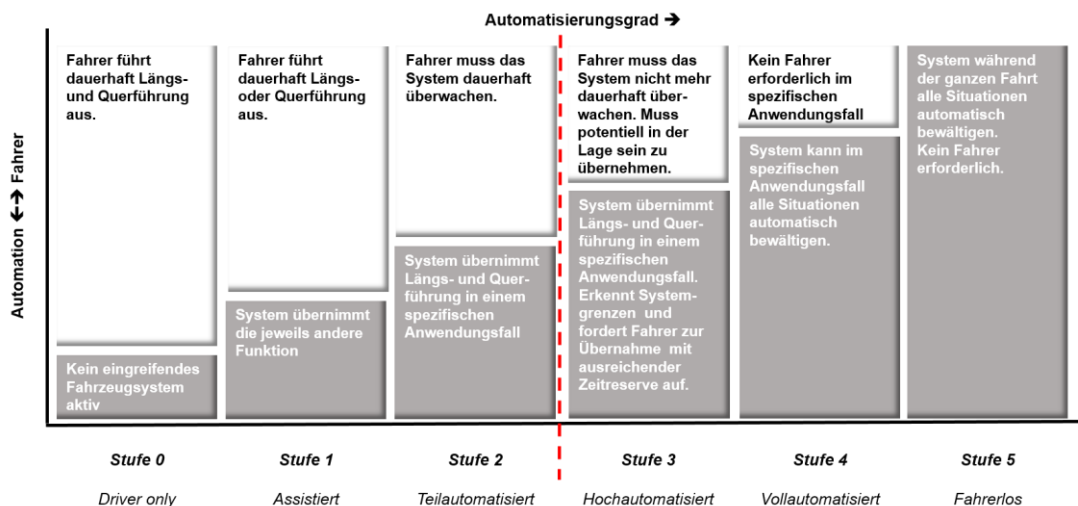
- der autonome Betrieb mit der Rückfallebene Fahrer auf anbaufreien Richtungsfahrbahnen (wie Autobahnen) technisch schon heute Stand der Technik ist und in Autos der Premiumklasse zur Verfügung steht. Dagegen liegen keine verlässlichen Aussagen über den Aufwand selbstlernender, hochkomplexer Erfassungs- und Steuerungslogiken, die für den innerstädtischen Verkehr notwendig sind, vor.
- solange das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr (und entsprechend die Straßenverkehrsordnung sowie die Straßenverkehrs-Zulassung-Ordnung) nicht angepasst sind, auch keine vollautonom fahrende Autos zugelassen werden. Davor steht noch eine Lösung haftungsrechtlicher Fragen. Ob die deutsche Industrie am Ende diese Änderungen aktiv vorantreibt, ist offen.

Der Entwicklungspfad, den die deutschen Hersteller wählen, geht üblicherweise über eine Einführung zusätzlicher Services, über die Oberklasse zu den Volumenmodellen. Nach Aussagen des Verbandes Deutscher Automobilhersteller (VDA) werden zunächst Fahrassistenzsysteme erweitert und Teilfunktionen automatisiert, diese erweiterten Funktionen in der Regel in allen

<sup>1</sup> Den Hinweis auf einige Inhalte und Quellen erhielten die Autoren durch den Vortrag von Dr. Alexander Hars, inventivio beim 2. VDV Multimodalitäts-Symposium am 29.04. 2015 bzw. den Blog <http://www.driverless-future.com/>

Kontexten. Schritt für Schritt werden so die Autos weiter automatisiert, bis am Ende der Entwicklung ein fahrerloses Auto steht, welches in der Lage ist, alle Situationen zu bewältigen.

**Abbildung 1: Stufen und Begriffe der Automatisierung nach VDA**



Entsprechend der vom VDA entwickelten Automatisierungsstufen (siehe Abbildung 1) gab es zunächst Aussagen, dass das fahrerlose Fahrzeug nicht das Entwicklungsziel der etablierten Autobauer ist, zeigen die oben zitierten Äußerungen und die mittlerweile der Öffentlichkeit präsentierten Fahrzeuge, dass tatsächlich die fahrerlose Zukunft angestrebt wird, auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass viele Automobilhersteller die Fahrfreude des aktiven Fahrens auch zukünftig hervorheben werden.

Die oft aufgeworfenen „ethischen Fragen“ müssen zwar gesellschaftlich im Sinne der Technikakzeptanz diskutiert werden, führen aber am Problem vorbei. Eine Maschine kann ethische Dilemma genauso wenig auflösen wie ein Mensch. Die autonome Maschine muss sich an die Gesetze halten und vermeidbare Schäden vermeiden. Wenn Schäden eintreten müssen, weil sie technisch-physikalisch unvermeidbar geworden sind, liegt in keinem Fall ein ethischer Fehler vor.

Kurzfristig werden Funktionen wie Autobahn-Piloten, Parkassistenten und Stau-Fahrhilfen zum Einsatz kommen. Der Masseneinsatz von teilautomatisierten Fahrzeugen, die zu jedem Zeitpunkt aber durch den Fahrer überwacht werden und ggf. wieder übernommen werden müssen, scheint eher unwahrscheinlich. Denn die Gefahr, dass der Überwachungsfahrer in dieser Situation eher überfordert ist, scheint zu groß. Der Schritt zur Vollautomatisierung bestimmter Fahrsituationen ist daher unausweichlich.

Es ist absehbar, dass diese Entwicklung zu zwei „disruptiven“ Schritten führen wird:

1. Sie führt zwangsläufig - und zwar vermutlich schneller als gedacht - in den Sprung zum vollautonomen Fahren auf einem abgegrenzten Straßennetz. Denn es ist kaum denkbar, dass der Fahrzeugführer ein kontinuierlich arbeitendes System (z. B. bei Autobahnfahrten) überwacht und bei Bedarf ggf. eingreifen muss. Das System muss also zumindest auf Teilstrecken vollautonom funktionieren.
2. Das Netz der im autonomen Betrieb befahrbaren Teilstrecken wird kontinuierlich wachsen und - beginnend mit den Autobahnen - nach und nach auch das übrige Straßennetz umfassen. Damit kommt der Moment, in dem nicht nur einzelne Abschnitte,

sondern die komplette Strecke zwischen Quelle und Ziel autonom, also ohne Fahrer, gefahren werden kann, in greifbare Nähe.

Der gemeinsame Kauf des digitalen Kartenherstellers von Nokia durch Audi, BMW und Daimler zeigt die Bedeutung dieser hochgenauen Karten und des Engagement für das autonome Fahren.

Hochautomatisierte Anwendungen für die Fahrt auf Autobahnen werden dem Fahrer Freiraum für andere Tätigkeiten geben. Ein Vorteil, der heute nur für gefahrene oder pilotierte Passagiere gilt. Vorbehaltlich der noch offenen rechtlichen Fragen scheint die automatisierte Fahrt auf Autobahnen technisch nur noch eine Frage von einigen Jahren zu sein. Aber schon diese wird erhebliche Folgen für den Fern- und Regionalverkehr haben!

Diese Technologie wird von Daimler auch im Future Truck eingebaut, so dass hier Auswirkungen auf den Schienengüterverkehr zu erwarten sind.

In der Stadt sind zwar mehrere unterschiedliche Verkehrsteilnehmer und zusätzliche Einflüsse zu beachten (Google Car Chef Urmson: „Hundertmal schwieriger“), doch benötigt ein Autobahnpiilot für höhere Geschwindigkeiten bereits Fähigkeiten zur raschen Detektion zum Abwägen von potentiellen Gefahren. Es spricht auch einiges für die Ansicht, dass die graduelle Evolution der Assistenzsysteme kaum erfolgreich sein kann, da bereits ein hochautomatisiertes (= nicht ständig überwacht System) trotzdem mit allen ungeplanten Ereignissen umgehen können muss.<sup>2</sup>

Sicher ist es fraglich ob es so kommt, wie sich offenbar die Daimler-Verantwortlichen mit ihrem - Forschungsfahrzeug „F 015 Luxury in Motion – 5,22 Meter lang, knapp drei Tonnen schwer und vollkommen ausgestattet“, das automobilen Übermorgen vorstellen. Aber es zeigt deutlich die Vision dahinter: „Schließlich soll der Mercedes F 015 Luxury in Motion mit seinen weichen Ledersitzen nicht nur der Entspannung auf dem Weg zur Arbeit, sondern auch zur effizienten Nutzung der Fahrzeit an sich dienen. Telefonkonferenzen, ein virtueller Abstecker zu Frau und Kindern oder ein Film, um den Kopf frei zu kriegen – alles kein Problem mit dem autonomen Luxusgefährt“. „Wer nur an die Technik denkt, hat noch nicht erkannt, wie das autonome Fahren unsere Gesellschaft verändern wird. Das Auto wächst über seine Rolle als Transportmittel hinaus und wird endgültig zum mobilen Lebensraum“, sagt Daimler - Chef Dieter Zetsche.<sup>3</sup>

In dieser Funktionalität sehen Trendforscher sogar Auswirkungen auf das Hotelgewerbe, dadurch, dass sich Geschäftsreisende nachts in ihrem Fahrzeug zum Ziel fahren lassen. Eine Zukunft, die TESLA - Chef Musk bereits für 2023 vorhersagt.

Vor allem aber hätte die Entwicklung hin zum individuell besessenen autonomen Fahrzeug noch mehr Verkehr und mehr Energieverbrauch, mehr Zersiedelung und mehr Flächenverbrauch zur Folge, da Autofahren attraktiver würde und die Fahrzeit individuell genutzt werden könnte.<sup>4</sup> Das kann keine gewollte Entwicklung sein! Deshalb muss dringend über andere Ansätze wie z. B. den Einsatz von autonomen Fahrzeugen als Zubringer zum ÖPNV oder das Thema Flottengeschäft nachgedacht werden. Eine mit Elektromotoren betriebene Flotte autonom fahrender Kleinfahrzeuge (auch fahrerloser Kleinbus) im Rahmen von Sharing- bzw. Robotaxi-Konzepten könnten einen gesamtgesellschaftlichen Nutzen darstellen.

<sup>2</sup> Vgl. Hars: Top misconceptions of autonomous cars and self-driving vehicles

<sup>3</sup> Zitate aus der Website von Daimler, [www.Daimler.com](http://www.Daimler.com), Abruf am 22.06.2015

<sup>4</sup> Vgl. CARE-North plus: Autonomous vehicles – impacts on mobility of the future



## Entwicklungen anderer Hersteller

Es ist naheliegend, dass sich die Entwicklungsanstrengungen der Automobilindustrie nicht so beschleunigt hätten, wenn nicht kompetente andere Spieler auf dem Markt aufgetaucht wären.

Wesentlich hierbei war die Vorstellung des autonomen Fahrzeugs von Google, als Kleinfahrzeug ohne Lenkrad. Google erscheint hier als Technologieführer und kooperiert mit Automobilzulieferern wie Bosch, Continental und dem Batteriehersteller LG. Zum Einsatz kommen noch hochpreisige LIDAR-Sensoren (Laser-Scanner), hochauflösende 3D-Karten und ein Fahren nur auf bekannten Strecken. Unbekannte oder schlecht zu erkennende Strecken, Schnee und Starkregen, aber auch die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern setzen noch Grenzen.

Google fährt heute mit einer Flotte von etwa 25 Fahrzeugen im Dauertestbetrieb auf Highways und in der Stadt. Die Flotte hat mittlerweile fast 2 Mio. Testkilometer absolviert. Google CEO Brijn erwartet Google Cars auf öffentlichen Straßen im Einsatz zum Jahr 2018.

Warum forscht Google so intensiv an dieser Technologie? In der Zeit, die ein Mensch mit aktivem Autofahren verbringt, kann er nicht auf einem Bildschirm Informationen und Werbung wahrnehmen, was beim Geschäftsmodell von Google eine ausreichende Motivation sein dürfte.

Es wird berichtet, dass auch Apple an einem selbstfahrenden Auto arbeitet, ebenso wie TESLA.

Diese drei Konzerne besitzen wahrscheinlich ausreichend Ressourcen, um die Entwicklung auch zum Erfolg zu führen, falls die bisherigen Automobilhersteller den letzten Schritt zum autonomen Taxi nicht mehr gehen wollten oder einen eher restriktiven Rechtsrahmen lobbyieren würden.

Eine weitere Klasse autonomer Fahrzeuge stellen die autonomen Shuttles im Bereich von niedrigen Geschwindigkeiten dar.

Hier gibt es einige laufende Feldversuche wie z.B.

- Milton-Keynes (GB) mit 40 autonomen Kleinfahrzeugen (Lutz Pathfinder) für 2 Passagiere, auf Fußwegen mit  $V_{max} = 12 \text{ km/h}$
- CityMobil2: internationales Forschungsprojekt mit autonomen Shuttlebus-Demonstratoren in Ostiano und La Rochelle
- Meridian Shuttle in Greenwich (GB) und Singapore
- Easy Mile EZ-10 in Wageningen, NL

Diese heute bereits verfügbaren Technologien helfen, die komplexen Interaktionssituationen in Städten frühzeitig zu testen.

Von besonderer Bedeutung in den USA ist ein Projekt in Ann Arbor (Michigan). Unter dem programmatischen Namen „Mobility Transformation Center“ (MTC) wird dort zurzeit eine kleine Test-Stadt für autonome Fahrzeuge aufgebaut. In 2021 soll dann der „Echtbetrieb“ in der Stadt Ann Arbor beginnen: *“The MTC is a public/private R&D partnership that will lead a revolution in mobility by developing the foundations for a commercially viable ecosystem of connected and automated vehicles. Such a system has the potential to dramatically improve safety, sustainability, and accessibility. One of the central goals is to develop and implement an advanced system of connected and automated vehicles in Ann Arbor by 2021.”* <http://mtc.umich.edu/>

Aber es gibt auch ÖV orientierte Versuche, z. B. in Singapur, wo autonome Taxis als Zubringer zum ÖV fungieren sollen. <http://www.citylab.com/tech/2015/06/singapore-is-already-planning-for-a-future-of-driverless-taxis/396707/>

Die Entwicklung der Quereinsteiger, wie Google und der Nischenplayer, wie EASYMILE ist deshalb so interessant, da diese einen anderen Migrationspfad für das fahrerlose Auto verfolgen. Diese Anbieter gehen nicht den evolutorischen Weg der klassischen Automobilhersteller, sondern starten gleich mit einem fahrerlosen Fahrzeug, welches dann erst in einem wenig komplexen Umfeld einsatzfähig ist. Stück für Stück wird dann die Komplexität des Umfeldes erhöht.<sup>5</sup>

## Entwicklungstendenzen

Vollautonome Fahrzeuge erscheinen aus heutiger Sicht perspektivisch sicherer als Fahrzeuge mit einem menschlichen Fahrer. Perspektivisch könnten Versicherungsgesellschaften Vorteile für autonom fahrende Fahrzeuge gewähren. Dies könnte auch stark die Akzeptanz erhöhen.

Die Haftungsfragen, die auf die Hersteller zurückfallen, können – den Willen der Industrie vorausgesetzt – voraussichtlich gelöst werden. Natürlich werden hier an wirtschaftlichen Interessen orientierte Machtkämpfe entstehen.

Wie bereits geschildert, gibt es aus Sicht des Individualverkehrs die Idee der selbstfahrenden privaten Luxuslimousine, die Schlafzimmer, Wohnzimmer und Büro auf Rädern und Straßen darstellt. Solche Fahrzeuge sind eher schwer und deshalb energieintensiv – auch wenn sie elektrisch betrieben werden.

Eine solche Entwicklung würde weitere Zersiedelung und längere Fahrtzeiten oder ggf. Staus hervorrufen, die aufgrund der nutzbaren Zeit kaum zu individuell empfundenen Nachteilen führen würde. Ökologisch würde dieses Szenario sehr flächen-, ressourcen- und energieintensiv ausfallen. Eine solche Entwicklung kann in der Konsequenz nicht mit den Klima- und Nachhaltigkeitszielen der Bundesrepublik und der einzelnen Kommunen übereinstimmen.

Eine andere Entwicklung stellen die besonders entwickelten vollautonomen Fahrzeuge dar, die insbesondere als „fahrerloses Taxi“ für Einzelpersonen, Kleingruppen und Gepäcktransporte im Stadt- und Regionalverkehr geeignet wären in Form von Robotaxis, CarSharing-Swarm bzw. fahrerlosen Kleinbussen.

Durch die höhere Sicherheit – und ggf. geringere Höchstgeschwindigkeit – könnten derartige Fahrzeuge eher leichter, kleiner und sparsam motorisiert gebaut werden. Dies würde wiederum zu Energieeffizienz und zur Möglichkeit der Elektromobilität führen.

Solche Stadtfahrzeuge sind (perspektivisch)

- sicher,
- elektromobil (d.h. aus regenerativen Quellen speisbar),
- leise,
- preiswerter
- und flächeneffizienter als heute.

Sie stellen also gegenüber den bisherigen Vorteilen des ÖPNV eine große Herausforderung dar.

<sup>5</sup> Vgl. Automated and autonomus driving – Regulation under uncertainty; OECD

Lukas Neckermann nennt in seinem Buch „The Mobility Revolution“ drei Treiber, die zu dieser Revolution führen:

**Zero Emission** Die Notwendigkeit, den Verkehrssektor gänzlich frei von lokalen und klimaschädlichen Emissionen umzubauen.

**Zero Accidents** Die Notwendigkeit, den Verkehrssektor gänzlich frei von menschenverursachten Unfällen zu gestalten.

**Zero Ownership** Die Übertragung der Sharing Economy auf den Verkehrssektor, um eine weit höhere Ressourceneffizienz zu erhalten.

Eine sehr bedeutsame Entwicklungsrichtung ist die Funktion als „geteiltes“ Fahrzeug im Rahmen von „Shared Economy“. Taxi, Ridesharing, Carsharing und ein Teil des ÖPNV entwickeln sich angesichts autonomer Fahrzeuge dann auf dieselben Einsatzszenarien hin. Carsharing-Swarm und Robotaxis verschmelzen perspektivisch zu einem Mobilitätsangebot.

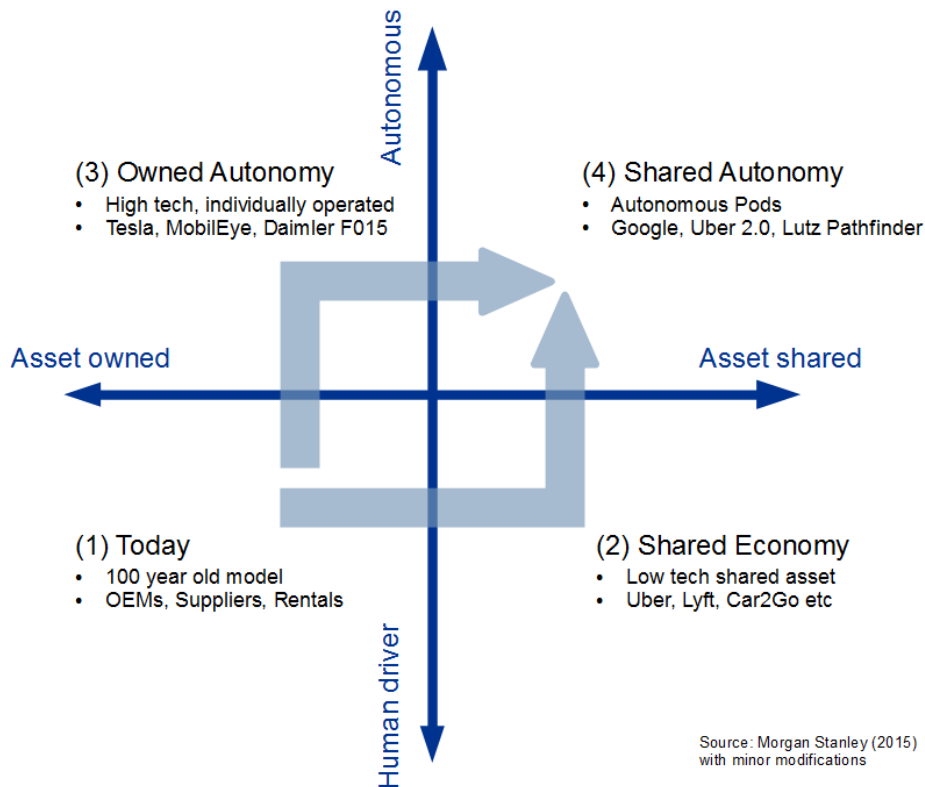
Eine solche Vision verfolgen einige Stadtplaner in Helsinki: „Die Teilnehmer werden nur Position und Ziel im Handy angeben, so wie auch einige Präferenzen. Eine Mobilapp wird dann als Planungs- und Zahlungswerkzeug dienen, in dem alle Verkehrsformen, von autonomen Fahrzeugen bis zu kleinen Bussen und Stadtfahrrädern, so wie Fähren, in einem einzigen Mobilitätsangebot berücksichtigt werden.“

Auf dem Weg dorthin werden in Helsinki bereits Minibusse als Sammeltaxis eingesetzt. Der neue Service namens "Kutsuplus" kann per Handy bestellt werden. Die Passagiere werden abgeholt und die Route ergibt sich dann aus ihren jeweiligen Zielen. Die Kosten der Fahrten sind halb so hoch wie bei einem Taxi, d.h. immer noch etwas teurer als der ÖPNV, aber dies könnte sich ändern, falls die Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge mit der Zeit steigt. Kutsuplus konkurriert nicht mit den vorhandenen Bussen und der U-Bahn, es ergänzt sie.

Für Morgan Stanley besitzt die shared Economy ebenfalls einen großen Einfluss auf die Entwicklung des zukünftigen Mobilitätssystems. Neben der Entwicklung des autonomen Fahrens führt die Sharing Economy über Carsharing und Ridesharing zu „autonomous pods“ als speziell entwickelte Kleinfahrzeuge. Morgan Stanley sieht diese Zukunft in den Jahren 2023 – 2026.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Morgan Stanley: "Autonomous Cars: The Future Is Now", Jan 23, 2015

**Abbildung 2: Entwicklungsrichtungen zur Mobilität der Shared Autonomy nach Morgan Stanley<sup>7</sup>**



Solche autonomen Fahrzeuge, die bezahlbar für Alle, die Bedürfnisse der alltäglichen Mobilität erfüllen oder miterfüllen, besitzen noch weitere gesellschaftliche Vorteile.

- Gewährleistung von Mobilität von Menschen mit Behinderungen (Störungen der Sehfähigkeit, eingeschränkte physische Mobilität)
- Gewährleistung von autonomer Mobilität von Menschen ohne Führerschein (Kinder, Jugendliche, Ältere) ohne die Belastung einer weiteren Person
- Nutzbarkeit der Zeit im Fahrzeug für andere Aufgaben als für das Führen des Fahrzeuges

All diese Wirkungen führen zu gesamtgesellschaftlichen Nutzen und potentiellen Produktivitätserhöhungen.

Die höhere Sicherheit vollautonomer Fahrzeuge führt voraussichtlich zu geringeren Versicherungsbeiträgen. Im Massenmarkt besitzen geteilte autonome Fahrzeuge zumindest je km eine günstigere Kostenstruktur als eigene Pkw und auch gegenüber herkömmlichen Taxidiensten. Die „Freude am Selbstfahren“ könnte also durch Kostenargumente eingeschränkt sein.

<sup>7</sup> Morgan Stanley Research, LA Times, zitiert nach Hars a.a.O.

## **Tipping point: Das vollautonome Fahren**

Alle technologischen Entwicklungen in Richtung des autonomen Fahrens (automatisches Fahren auf der Autobahn, automatisches Wegparken,...) machen das Auto attraktiver: Auto fahren wird noch einfacher, zeitsparender, entspannender. Diese Entwicklungen sind für den Autofahrer hoch attraktiv – und sie haben damit auch einen starken Treiber: den autofahrenden Kunden! Für den ÖV aber sind sie unmittelbar kontraproduktiv, denn sie rauben ihm mehr und mehr seinen USP („gefahren werden“, „keine Parkplatzsorgen“,...). Ebenso für die Gesellschaft, denn eine Verschiebung der Attraktivität zum Auto bedeutet auch, dass noch häufiger Auto gefahren wird.

Erst wenn der technologische Übergang zum vollautonomen Fahren gelingt, ergeben sich hieraus schlagartig ganz neue Chancen, die die grundlegende Änderung von Besitzstrukturen und Nutzungsmustern ermöglichen. Denn vollautonome Fahrzeuge können nicht nur als „Privat-Pkw“ ohne Fahrer, sondern auch als Teil von öffentlichen Flotten („Roboter-Taxis, CarSharing) bzw. als Teil des ÖPNV (autonome Zubringer, autonome Linienverkehre) eingesetzt werden. Vollautonome Fahrzeugflotten könnten also den ÖPNV stärken und eine Alternative zum privaten PKW sein.

Gerade die Entwicklung von Google weist recht deutlich in die Richtung, die autonomen Fahrzeuge künftig als Teil öffentlicher Flotten betreiben zu wollen. Zum einen sind die kleinen „Google-Autos“ bewusst als Kurzstrecken-Fahrzeuge für den lokalen Verkehr und geringe Geschwindigkeiten konzipiert – sie sind eindeutig keine Alternative zu einem allzwecktauglichen privaten PKW. Zum anderen ist Google maßgeblich an der Transportation Network Company „Uber“ beteiligt, die die Funktion des Flottenbetreibers auch für „Roboter-Taxis“ übernehmen könnte. Wobei es offen ist, ob sich bis dahin die Uber-Mentalität des konzessionslosen Taxis im PBefG wiederfindet oder das Schwarmtaxi als Taxi oder ÖPNV geregelt wird.

In zwei Extremszenarien zu Ende gedacht, könnte die Entwicklung unterschiedlicher nicht sein:

Entweder wir erleben die Innovation des Autonomen Fahrens als Individualverkehr mit einer totalen Ausrichtung auf das eigene Auto und den schleichenden Tod des ÖPNV.

oder

wir erleben das autonome Fahrzeug als voll integrierten Teil des öffentlichen Verkehrssystems, das die innerstädtischen Wege, die Pendlerbeziehungen und den Fernverkehr vollständig abdeckt und das eigene Auto überflüssig macht.

### **Szenario A: Die totale Autogesellschaft**

- Private Autos fahren (voll oder weitgehend) autonom. Die Folge: Reisezeit kann genutzt werden, keine Parkplatzsorgen, keine Parkkosten, Kinder werden im Auto zum Kindergarten gebracht. Noch mehr Autoverkehr!
- Flottenbetreiber bieten günstiges Roboter-(Shared) Taxis an und greifen die Marktposition des klassischen ÖPNV an
- Straßenkapazitäten werden besser genutzt, noch mehr Autos können fahren
- ÖV massiv unter Druck. Zwar läuft der Hochleistungs-ÖV in Großstädten/Metropolen weiter (weil er noch Preis- und Reisezeit-Vorteile gegenüber Autoverkehr bietet). Aber

schwächere Linien (Bus, Kleinstädte, abends, Wochenende) sind „tot“ bzw. reine „Restverkehre“ für die berühmten „A-Gruppen“, die sich shared Taxis nicht leisten können

- Zersiedlung, total autogerechte Strukturen (man kann überall hinfahren). Eine Rückgewinnung öffentlicher Flächen – wie bei einer konsequenten multimodalen Mobilität mit dem Rückgrat ÖPNV – ist nicht möglich.
- Fast Kein Fußgängerverkehr mehr (man steigt vor der Haustür ein und aus)
- Massiver Druck der Autoindustrie (man will Autos verkaufen) auf Absatz und Nutzung von Fahrzeugen

### **Szenario B: Triumph des Öffentlichen Verkehrs**

- ÖPNV als Rückgrat des Verkehrs
- Teile des ÖVs werden mit autonomen Fahrzeugen (Schiene, Buslinien, Buslinien mit kleinen Fahrzeugen) hochattraktiv und in hoher Frequenz betrieben
- Im ländlichen Raum, bei gering gebündelter Nachfrage, ermöglichen autonome Fahrzeuge eine bessere Mobilität und soziale Teilhabe
- Gestuftes ÖV-System: Basic (Preisgünstiger Linienverkehr), Plus (mittelpreisiges Sammeltaxi), Premium (Individualtaxi)
- Flottenbetreiber bieten – in Kooperation mit dem ÖPNV – Roboter-Taxis/CarSharing als Zubringer bzw. als Ergänzung zum ÖPNV sowie als „Premium-ÖV-Angebot“ an
- ÖV und andere Unternehmen bieten vernetzte Mobilität an
- Große Teile der Bevölkerung verzichten auf eigenes Auto – weil sie keines mehr brauchen bzw. weil die Alternativen viel attraktiver sind
- Parkplatz- und Straßenkapazitäten werden massiv zu Gunsten von Stadtgestaltung bzw. Umweltverbund umverteilt. Mehr Lebensqualität für die Stadtbewohner
- Die Preismodelle sorgen für Kostentransparenz und Anreize zum Umstieg auf effiziente Verkehrsmittel (verhindern also, dass nicht alle zur HVZ im Individual-Taxi fahren!)

# Denkbare Einsatzmodelle autonomer Fahrzeuge

## Simulationsergebnisse verschiedener Einsatzmodelle autonomer Fahrzeuge

Es wurden bereits für mehrere Städte Szenarien für den Einsatz von Flotten von öffentlich buchbaren autonomen Fahrzeugen berechnet, mal mit und mal ohne der Beibehaltung des Hochleistungs-ÖPNV für starkströmende Verkehre.

Die umfassendsten und aktuellsten Berechnungen wurden vom International Transport Forum der OECD<sup>8</sup> am Beispiel Lissabon durchgeführt. Dort wurden zwei unterschiedliche Lösungen simuliert:

- Autonome Fahrzeuge als Ridesharing-Fahrzeug (Robotaxi), das mindestens einen Passagier von der Quelle zum Ziel bringt und für Teilwege passende Mitfahrer aufnimmt sowie
- Autonome Fahrzeuge als Carsharing Flotte, die die Fahrtwünsche der Passagiere nacheinander abarbeitet (CarSharing-Swarm)
- Beide Szenarien als 100% und als 50% Migrationsszenario, wobei die restlichen Pkw-Fahrten mit den noch nicht ersetzten Privaten Autos durchgeführt werden
- Alle Fälle mit und ohne Beibehaltung bzw. den Ausbau des öffentlichen Verkehrs für starkströmende Verkehre (U-Bahn / TRAM / BRT) bei Einstellung des Busverkehrs

**Tabelle 1: Ergebnisse der Beispielsimulationen, Quelle der Daten: International Transport Forum**

Szenario			ÖV-Anteil am Modal-Split [%]	Anzahl der Autos [%]	Volumen Auto-km ganztags [%]	Volumen Auto-km Spitze [%]	Anzahl notwendiger Parkplätze [%]
Basis (=100% im Vergleich)			15	100	100	100	100
100% geteilte autonome Flotte	Ride-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	0	12,8	122,4	125,3	7,2
		mit hochleistungs ÖV	22	10,4	106,4	108,8	5,6
	Car-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	0	22,8	189,4	203,2	16,0
		mit hochleistungs ÖV	22	16,8	144,3	154,6	10,7
50% der motorisierten Wege werden mit Privaten Pkw durchgeführt	Ride-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	0	102,4	160,2	167,5	99,4
		mit hochleistungs ÖV	22	78,2	129,8	135,8	75,8
	Car-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	0	107,0	190,9	197,0	103,8
		mit hochleistungs ÖV	22	82,0	150,9	155,7	78,8

<sup>8</sup> International Transport Forum CPB, Urban Mobility System upgrade, Paris 2015 – [www.internationaltransportforum.org](http://www.internationaltransportforum.org)

**Tabelle 2: Ergebnisse der Beispielsimulationen, Quelle der Daten: International Transport Forum**

Szenario			Autos die in der Spitze fahren [%]	Anteil der ungenutzten Zeit der Autos [%]	Anteil der Autos mit 1-2 Plätzen [%]	Anteil der Autos mit 3-5 Plätzen [%]	Anteil der Autos mit 5-8 Plätzen [%]
Basis (=100% im Vergleich)			100	96			
100% geteilte autonome Flotte	Ride-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	43,1	27,1	34,4	60,3	5,3
		mit hochleistungs ÖV	35,2	27,2	35,2	58,7	6,1
	Car-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	76,7	39,3	100	0	0
		mit hochleistungs ÖV	56,6	35,2	100	0	0
50% der motorisierten Wege werden mit Privaten Pkw durchgeführt	Ride-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	117,8	22,8	31,8	48,5	19,7
		mit hochleistungs ÖV	90,9	23,6	33,6	47,1	19,3
	Car-Sharing-Modus	ohne hochleistungs ÖV	133,6	39,4	100	0	0
		mit hochleistungs ÖV	103,4	38,6	100	0	0

Die Szenario-Rechnungen zeigen sehr bemerkenswerte Ergebnisse (in Fettdruck einige daraus abgeleitete Erkenntnisse):

- Die Szenarien mit einem vollständigen Ersatz privater Pkw zeigen die Verkehrsabwicklung mit einer Flotte, die um den Faktor 4 bis 10 geringer ist als heute.
- In noch größerem Maße würden städtische Flächen frei, die heute für das Parken dieser Fahrzeuge genutzt werden.
  - **Flotten autonomer Fahrzeuge könnten weniger Verkehr mit weniger Ressourceneinsatz ermöglichen.**
    - **Die vom MIV frei werdenden Flächen müssen aktiv anderen Nutzungen zugeführt werden.**
    - **Flotten autonomer Fahrzeuge haben nur als energieeffiziente und stadtverträgliche Fahrzeuge eine Chance.**
    - **Die Automobilhersteller hätten einen vollständigen Übergang zu einem neuen Produkt und Geschäftsmodell vor sich.**
- Alle Szenarien, die den ÖPNV einstellen, würden zu einer massiven Steigerung des Autoverkehrs um 25% bis 110% führen. Die hohen Werte sind auf keinen Fall stadtverträglich.



- **Flotten autonomer Fahrzeuge benötigen auf jeden Fall den Hochleistungs-ÖPNV als Rückgrat.**
  - **Eine Einführung von autonomen Fahrzeugen ohne eine Erhöhung der Energieeffizienz bzw. ohne den Einsatz erneuerbarer Energien ist klimapolitisch der falsche Weg.**
  - **Die Straßenkapazität steigt bei der (reinen) Nutzung autonomer Fahrzeuge um 40% im Stadtverkehr, bis 80% auf Autobahnabschnitten durch verringerte Zeitlücken und kürzere Anfahrzeiten an LSA<sup>9</sup>. Die steigenden Straßenverkehrsvolumina – mit Hochleistungs-ÖPNV – erscheinen dadurch „fahrbar“, allerdings bleibt der Übergangszeitraum kritisch.**
- Der Modal-Anteil des ÖPNV würde sich von 15% auf 22% erhöhen, unter Berücksichtigung des unterstellten Busersatzes, für den Hochleistungs-ÖPNV in etwa verdoppeln.
- **Der Hochleistungs-ÖPNV als Rückgrat muss in jedem Fall massiv ausgebaut werden.**
- Die Ride-Sharing-Konzepte, die also zusätzlich noch die Fahrzeuge mit bis zu 8 anderen Reisenden teilen, führen zu weniger Auto-Verkehr. Die Mehrbelastung kommt an vielen Stellen durch den Verzicht auf den flächendeckenden Busverkehr (dieser hat in Lissabon einen Modal-Anteil von 25%).
- Ride-Sharing-Konzepte benötigen allerdings Zu- und Aussteigemöglichkeiten. Sie erzeugen im Mittel etwa 40% Umwegfahrten mit einer Fahrzeitverlängerung von etwa 30%. Dennoch sind auch in den Ride-Sharing-Szenarien die mittleren Fahrzeiten nur im Migrationsszenario höher als im Privat-Pkw. Die Carsharing-Szenarien führen zu einer um 31,1 % bis 37,9% Verkürzung der Fahrzeit. Die Wartezeiten auf die autonomen Fahrzeuge sind relativ gering (3-5 Minuten).
- Die Migrationsszenarien (ohne Bus) zeigen auf, dass in der Übergangszeit starke Belastungen entstehen würden.
- **Auch das System Bus – ggf. in Form eines selbstfahrenden (elektrischen) Kleinbusses – hat in den Szenarien eine Berechtigung.**
  - **Die Mischung mit Privat-Pkw führt zu grundsätzlich schlechteren Ergebnissen**
    - **die Migration sollte also relativ kurz gehalten werden.**
    - **Der ÖPNV solle zuvor ausgebaut werden.**
    - **Die Vorteile der Nutzung der autonomen Fahrzeuge sind in der Übergangsphase nicht überall sichtbar und sollten politisch flankiert werden.**
    - **Hohe Parkgebühren am Start- und Zielort können den Anteil der geteilten Fahrzeuge massiv beeinflussen.**

<sup>9</sup> Friedrich, B. in Lenz, B. et al (Hrsg.) Autonomes Fahren, Springer, 2015

Diese Szenarien weisen sicher noch einige Schwächen auf und lassen es aufgrund der nur eingeschränkten Übertragbarkeit wünschenswert erscheinen bzw. machen es erforderlich, solche Überlegungen, Modellierungen und Berechnungen für deutsche Groß- und Mittelstädte durchzuführen.

Insbesondere könnten Mischszenarien von Carsharing-Swarm, Robotaxi und selbstfahrenden Kleinbussen untersucht werden. Die Akzeptanz von Ridesharing als „Mainstream“ erscheint eher als extreme Annahme. Auch hier würden sich aufgrund von Effizienzvorteilen (Zeitersparnisse ohne Fahrgastaufnahme, Umwege) Zahlungsbereitschaften für eine Einzelbeförderung ergeben. Die Gestaltung von Zu- und Aussteigevorgängen sowie die effiziente Zuweisung von Fahrgast zum Ridesharing-Fahrzeug (z. B. an einem U-Bahn-Endbahnhof nach Ankunft einer Bahn) stellen zusätzliche Detailfragen dar. Dies vor dem Hintergrund, dass viele Fußgänger, bzw. das Betreten der Fahrbahn, noch eines der größten Probleme der autonomen Fahrzeuge sind.

Die Rolle des Nichtmotorisierten Verkehrs oder auch zukünftiger elektrischer „einspuriger“ Fahrzeuge wurde in diesen Szenarien ebenfalls noch nicht ausreichend betrachtet.

Wahrscheinlich wird es auch in Deutschland aufgrund seiner gewachsenen Stadtstrukturen und der bisherigen privaten Investitionen in öffentliche und private Verkehrssysteme nicht am Schnellsten gehen mit der „Mobilitätsrevolution“. Diese wird vielleicht zunächst in den schnell wachsenden, um neue Lösungen herum zu bauenden, asiatischen Städten umgesetzt werden. Doch werden die Notwendigkeiten der nachhaltigen Verkehrsgestaltung auch in europäischen Städten den Umbau einleiten müssen.

## **Autonome Fahrzeuge als Teil des ÖPNVs**

Die bereits im Versuchsbetrieb eingesetzten autonomen Fahrzeuge für den Shuttle-Transport von Fahrgästen, sog. selbstfahrenden Kleinbusse, zeigen auf, welche weiteren Einsatzmöglichkeiten ggf. bereits in kürzerer Frist für den ÖPNV mit autonomen Fahrzeugen möglich sind. Wobei hier nun nicht die Automatisierungsmöglichkeiten heutiger ÖPNV-Fahrzeuge (U-Bahnen, Straßenbahnen und Busse) betrachtet werden sollen.

Die heutigen autonomen Shuttles befinden sich noch im Versuchsstadium und können nur auf bekanntem Terrain mit geringer Geschwindigkeit oder auf eine eigene Infrastruktur gebunden operieren. Dennoch könnten mit diesen Fahrzeugen bereits wertvolle Erfahrungen gewonnen werden, die später für eine raschere Einführung hilfreich sein könnten.

Bei der grundsätzlichen Ermittlung der denkbaren Optionen autonomer Fahrzeuge im ÖPNV soll auch hier die Verfügbarkeit von vollautonomen Fahrzeugen unterstellt werden.

Die denkbaren Optionen umfassen<sup>10</sup>

- Die effiziente Erschließung von weitläufigen Wohn- oder Gewerbegebieten sowie Universitätscampussen durch autonome, fahrerlose Shuttle „on demand“ oder auf Linien
- Den Ersatz von Park & Ride und Kiss & Ride durch autonome Fahrzeuge als Zu- und Abbringer in einer intermodalen Wegekette mit dem ÖPNV als Hauptverkehrsmittel

<sup>10</sup> Vgl. auch Lenz, B. in Lenz, B (Hrsg.) *Autonomes Fahren*, Springer, 2015

- Die Bedienung von dispersen Quell- und Zielverkehren mit autonomen Bedarfsangeboten. Die bisherigen „alternativen Bedienungsformen“ fallen dann alle mit dem Konzept des autonomen Car- und Ridesharing zusammen.
- Eine Individualisierung des ÖPNV-Angebotes durch autonome (Klein-)Fahrzeuge – entsprechend Carsharing mit Valet-parking oder einem autonomen Taxi.
- Die Steigerung der Flexibilität des ÖPNV-Angebotes durch Erhöhung der Kapazität mittels zusätzlicher autonome Fahrzeugeinheiten.
- Die Steigerung der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit von ÖPNV-Angeboten im ländlichen Raum, auf geringer nachgefragten Relationen oder außerhalb der Normalverkehrszeiten des ÖPNV.
- Steigerung der ÖV-Nachfrage durch Mobilisierung von Menschen ohne die eigene Möglichkeit ein Fahrzeug zu führen.
- Wenn nicht die Personalkosten bzw. die Verfügbarkeit von Fahrpersonal die Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge in der Schülerbeförderung bestimmen, sondern die Anschaffungs- und Energiekosten je Personenkilometer, könnten sich auch kleinere Fahrzeugeinheiten im Schülerverkehr durchsetzen. Diese wiederum würden zu geringeren Fahrzeiten führen.

Gemeinsam ist all diesen Ansätzen, dass

- sie in ÖPNV-Angebotsbereichen operieren, die heute von geringer Nachfrage und anteilig hohen Personalkosten geprägt sind.
- fahrerlose ÖPNV-Fahrzeuge durch eine Leitstelle überwacht werden und die Fahrgäste jederzeit mit dieser in Kontakt treten können müssen.
- der gesamte Informations-, Buchungs- und Abrechnungsablauf auf mobilen Endgeräten basiert und verkehrsträgerübergreifend ablaufen muss.

B. Lenz gibt zu bedenken, dass die Verfügbarkeit eines autonomen 24/7-Nahverkehrsangebotes für Jeden, neben der Pay-as-you-ride-Abrechnung, auch alternativ die Idee einer allgemeinen „Nahverkehrsabgabe“ befördern könnte.<sup>11</sup>

Wenn Verkehrsunternehmen die Frage der autonomen Fahrzeuge nicht selbst in Zukunftsszenarien aufnehmen, kann es passieren, dass die kommunale Politik getrieben von Automobilen-Mobilitätsanbietern ähnliche Konzepte entwirft oder zulässt, diese aber nicht als Chance für den ÖPNV, sondern als konkurrenzierend zu heutigen Angebotskonzepten wirken.

Demgegenüber gilt es den Aufgabenträgen frühzeitig zu signalisieren und ggf. durch Experimentierklauseln in langfristige Vereinbarungen aufzunehmen, dass die heutigen öffentlichen Verkehrsunternehmen auch die richtigen sind, um den autonomen öffentlichen Verkehr zu betreiben.

Autonome Shuttles auf definierten Strecken im Rahmen eines ÖPNV-Angebotes können deutlich früher eingesetzt werden, als autonome Universalfahrzeuge zu erwarten sind. Hier könnte ein „First-Mover“-Vorteil mit positiver Symbolkraft für den ÖPNV bestehen.

<sup>11</sup> Lenz, B. in Lenz, B (Hrsg.) Autonomes Fahren, Springer, 2015

---

## Chancen und Risiken für den ÖPNV

Autonome Fahrzeuge sind wahrscheinlich in einer nicht allzu fernen Zukunft technisch verfügbar und rechtlich einsetzbar. Sie sind zu erwarten als hocheffizient, elektrisch, bezahlbar, leise und stadtverträglich. Dies ist erstmal ein Risiko, da diese Fahrzeuge in den direkten Wettbewerb mit dem ÖV treten können.

Insbesondere besteht auch das Risiko des „politischen“ Wettbewerbs um Innovation, Aufmerksamkeit, Fördermittel und auf der Ebene der Städte um Flächen, Vorrangspuren oder Preisfestsetzungen.

Städte haben in der Regel kein funktionierendes Geschäftsmodell für den nachhaltigen Umbau bzw. den Erhalt und den Ausbau ihrer Infrastruktur. Hier sind verkehrsbezogene Abgaben bzw. Einnahmen ein zukünftiger wichtiger Bereich.

Wir müssen gemeinsam mit der öffentlichen Hand für faire und zielführende Rahmenbedingungen sorgen. Das heißt:

- Unterstützung für alle, die für einen nachhaltigen Verkehr sorgen,
- Verhinderung von kontraproduktiven Angeboten, die zu noch mehr Autoverkehr und Zersiedlung führen.

Auch die Entwicklung der Elektromobilität muss sich daran messen lassen. Sie ist nur mit zusätzlicher regenerativer Energie und eher als Flottenfahrzeug oder als E-Bus sinnvoll. Eine individuelle Förderung von E-Autos würde das Autofahren attraktivieren und zu noch mehr Staus führen.

Städtische Verkehrsunternehmen besitzen bei Innovationen manchmal Nachteile bzgl. der Risikofreude, der Geschwindigkeit oder starrer Rahmenbedingungen wie Lohnniveau oder Mangel an Kapital. Sie besitzen aber über ihre – oftmals kommunalen – Eigentümer einen Vorteil, der gewollte, gemeinnützige Mobilitätsanbieter vor Ort zu sein.

Deshalb gilt es, die existentiellen Risiken zu vermitteln, die darin bestehen, wenn das öffentliche Verkehrsunternehmen nur noch auf Restverkehre verwiesen wird. Auch für die Nutzer würde ein individualisierter Verkehr ohne den ÖPNV als günstige Alternative vielfach teurer werden.

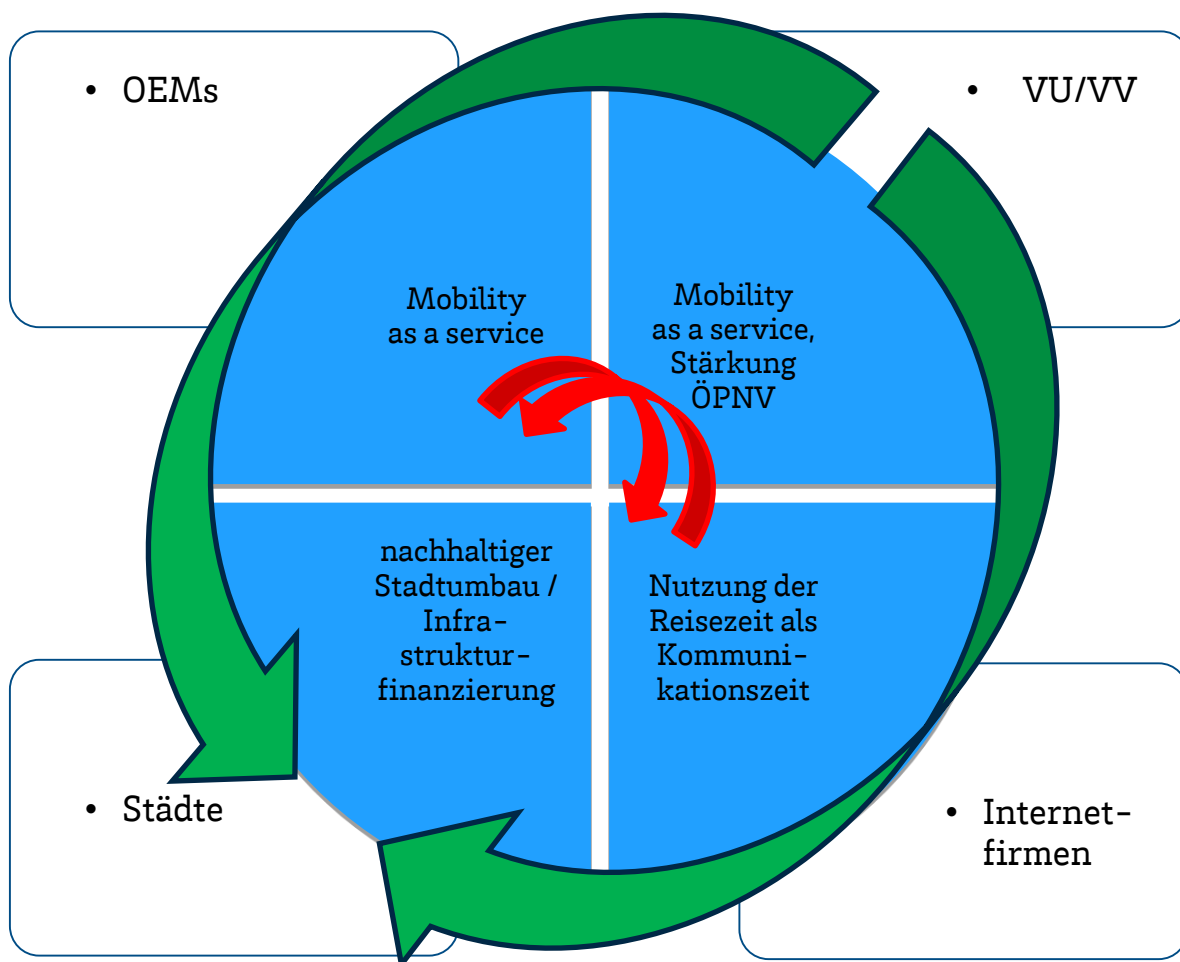
Es wird die Herausforderung sein, autonome Fahrzeuge aktiv in den Kontext ÖV zu setzen. Wenn sie als Teil der Sharing Economy eingeführt werden, können sie ein Teil eines öffentlichen Verkehrssystems werden. Wenngleich es erschreckend erscheint, dass die Szenarien zeigen, dass nach einer 100%igen Einführung von autonomen Fahrzeugen und einem Modal-Split-Anteil des Hochleistungs-ÖV von 22% dieser – rechnerisch – gerade mal mit 2,5% mehr autonomen Fahrzeugen (gemessen am Heute bzw. 25% gemessen am Zielzustand) ersetzt werden könnte. Dies ist aber rein theoretisch, da der Migrationspfad auf einen Ausbau des Hochleistungs-ÖPNV angewiesen ist. Auch ist zu berücksichtigen, dass die PKW-Fahrleistungen drastisch (bis zu einer Verdopplung!) ansteigen würden – mit entsprechenden negativen Folgen für die Stadtverträglichkeit und die Straßenunterhaltung.

In der nachfolgenden Grafik ist aufgezeigt, welche strategischen Zielsetzungen die Automobilhersteller und die Internetfirmen einerseits und die ÖPNV-Unternehmen und die Städte andererseits verfolgen.

Die Automobil-Hersteller (OEM) würden in diesem Szenario nur noch weniger als 20% der Fahrzeuge absetzen können als heute – deshalb sind viele schon auf dem Weg „Mobilität als Service“ ebenfalls in ihr Angebotsportfolio aufzunehmen.

Internetfirmen verfolgen Geschäftsmodelle, die sich aus Nutzungsdaten, gewünschten Inhalten, Services und Werbung und technischer Vernetzung ableiten. Für diese steht die Nutzung der Reisezeit als Kommunikationszeit sowie das Wissen über die Wege und Routinen von Nutzern im Vordergrund.

Abbildung 2: Marktparteien und mögliche Strategien bei der Einführung autonomer Fahrzeuge



Die Automobilhersteller streben also an, ebenfalls die Nutzer- und Nutzungsdaten zu besitzen und brechen damit in das Geschäftsfeld der Internetfirmen ein. Die Internetfirmen entwickeln dagegen Mobilitätsservices und greifen das Geschäftsfeld der Automobilhersteller an (rote Pfeile). Beide haben nicht das Wohl der Stadt oder den ÖPNV im Blick.

Nur bei einer gemeinsamen Strategie – ausgehend von Verkehrsunternehmen (grüne Pfeile) – mit den Städten sind die Ziele eines nachhaltigen Umbaus der Verkehrsinfrastruktur und seiner Finanzierung möglich und angestrebt. Die Verkehrswende und die lebenswerte Stadt befinden sich nicht notwendigerweise in den Zielkatalogen der anderen Akteure.

Da die gesamte Reisevermittlung und Erfassung über Smartphones-Apps und Mobilitätsplattformen erfolgen wird, (weitere, z. B. personalbediente Zugangswege werden die Buchungswünsche auf derselben Plattform abwickeln und abrechnen) wird derjenige über den Markt verfügen, der die Mobilitätsplattform betreibt und die Kundendaten besitzt.

Dies ist die Chance der Verkehrsunternehmen, die heute bereits die

- erfolgreichsten Smartphone-Apps für den ÖV bzw. Mobilitätsplattformen und ITCS und
- die größte Basis bekannter Kunden besitzen.

Die Vorteile der OEMs und der Internetfirmen, die ebenfalls genau diese Strategie verfolgen können, liegen in den größeren verfügbaren Ressourcen.

Der ÖPNV versteht sich heute schon als Rückgrat der Multimodalen Mobilität. Die Verkehrsunternehmen und Verbünde streben die Rolle des Integrators der ergänzenden Mobilitätsangebote an und beginnen diese Rolle auszufüllen. Durch die Vernetzung von Bussen und Bahnen mit Carsharing, Bikesharing und Ridesharing kann der ÖPNV heute schon eine wichtige Rolle in einem wachsenden Markt von „Mobilität als Service“ einnehmen. Die Fortsetzung dieser Entwicklung zum umfassenden Mobilitätsdienstleister ist notwendig, um auch beim Übergang zu autonomen Fahrzeugen – trotz ggf. geringerer finanzieller Ressourcen als andere – die entscheidende Marktstellung zu besitzen. Sie werden dabei über ihre Basis von Stamm- (ca. 10%-15%) und Gelegenheitskunden (zusätzlich ca. 25%-35%) der Bevölkerung hinaus, dort zusätzliche Marktanteile erzielen, wo sie sich bereits heute mit eigenen oder in die eigene Plattform eingebundenen multimodalen Angeboten eine breitere Marktbasis erarbeiten.

In einer kompetitiven Welt würden die VU/VV nur für die Angebote die Kundendaten erhalten, die sie selbst durchführen oder beauftragen. Dies bringt die Frage hervor, ob nicht die VU (im Auftrag ihrer Eigentümer- und Aufgabenträger-Kommunen) sich ebenfalls um die autonomen Fahrzeuge kümmern sollten.

Verkehrsunternehmen und Verbünde besitzen die dafür notwendigen Kompetenzen, sie integrieren heute schon verschiedene Angebote. Das Kerngeschäft der VU ist es schon heute Fahrzeug-Flotten zu managen. Dazu kommt die oftmals lange Erfahrung in der Elektromobilität.

Denn VV und VU sollten den Planungsprozess und den Übergangsprozess selbst steuern, so dass eine Ergänzung und keine Bedrohung des ÖPNV erfolgen. Da die Verkehrsunternehmen kaum selbst die technische Entwicklung der Autos vorantreiben werden, sollte der ÖPNV auch die Möglichkeit der Kooperation suchen. Je frühzeitiger dies erfolgt, desto höher ist die Chance, hier noch strategische Positionen erreichen zu können.

---

## Fazit

Das Bild zum autonomen Fahren wird momentan von den großen Automobilherstellern geprägt. Autonome Autos im Kontext des ÖPNV spielen bisher in der öffentlichen Wahrnehmung kaum eine Rolle, Es ist jedoch wichtig, autonome Autos auch in den Kontext des ÖPNV zu rücken, da autonome Fahrzeuge für den ÖV einige Chancen bieten, wenn dieser sinnvoll integriert wird.

Für die Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünde, aber auch für die Kreise, Städte und Gemeinden als Aufgabenträger und Eigentümer von Verkehrsunternehmen bzw. Verkehrsplaner ist es wichtig, sich mit den möglichen Auswirkungen von autonomen Fahrzeugen – in der Form von vollautomatischen nutzerabrufbaren Verkehrssystemen – zu befassen.

Die Entwicklungsschritte in Richtung des autonomen Fahrens führen automatisch zu einer Steigerung der Attraktivität des PKW und sind deshalb zunächst für den ÖV kontraproduktiv. Mit dem Sprung zum vollautonomen Fahren ergeben sich jedoch schlagartig auch neue Chancen, da vollautonome Fahrzeuge auch als Teil einer öffentlichen Flotte („Roboter-Taxis, CarSharing) bzw. als Teil des ÖPNV eingesetzt werden können. So könnten vollautonome Fahrzeugflotten einerseits den ÖPNV stärken und andererseits eine Alternative zum Besitz eines privaten PKW sein. Auf diese Weise eröffnet sich die Chance für nachhaltige Verkehrskonzepte, die umfassende Mobilität mit viel weniger (effizient genutzten) Autos, weniger Autoverkehr und mehr ÖPNV realisieren.

Flotten autonomer Fahrzeuge benötigen auf jeden Fall den Hochleistungs-ÖPNV als Rückgrat. Eine Einführung von autonomen Fahrzeugen ohne eine Erhöhung der Energieeffizienz bzw. ohne den Einsatz erneuerbarer Energien ist klimapolitisch der falsche Weg. Der Hochleistungs-ÖPNV als Rückgrat muss in jedem Fall massiv ausgebaut werden.

Über die eigenen Aktivitäten hinaus geht es auch darum, die verkehrspolitische Diskussion zu führen und die Rolle der öffentlichen Hand zu klären: welche Entwicklungen sind gewollt? Wie können Verkehrsangebote kundenfreundlich integriert und aufeinander abgestimmt werden? Wo müssen Rahmenbedingungen (Ordnungspolitik, Finanzierung,...) verändert werden? Vor allem muss es gelingen, den Schritt zu Sharing- und Flottenbetriebsmodellen zu etablieren.

Die Vorteile der Nutzung der autonomen Fahrzeuge sind in der Übergangsphase nicht überall sichtbar und sollten politisch flankiert werden. Hohe Parkgebühren am Start- und Zielort können den Anteil der geteilten Fahrzeuge massiv beeinflussen. Der ÖPNV sollte zuvor ausgebaut werden, insbesondere im Hochleistungsbereich mit individualverkehrsunabhängigen Schienen- und Bussystemen. In Randbereichen von Städten und im ländlichen Raum sind autonome Fahrzeuge als Zu- und Abbringer zum gebündelten ÖV bereits frühzeitig als Bestandteil des ÖPNV zu pilotieren. Es gilt geeignete Einsatzbereiche für eine Automatisierung zu identifizieren und erste Pilotprojekte umzusetzen.

Bis zur Markteinführung von vollautonomen Fahrzeugen im Stadtverkehr bleibt voraussichtlich noch ein Zeitraum von ca. 10-20 Jahren. Die Mischung mit Privat-Pkw führt zu grundsätzlich schlechteren Ergebnissen, die Migration sollte also relativ kurz gehalten werden.

Für die Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünde bzw. für die Branche des ÖPNV gesamt gilt es aus strategischer Sicht

- Integrator der Mobilitätsangebote zu werden
- eine interoperable Mobilitätsplattform zu entwickeln und zu betreiben

- Kundenbeziehung im Vertrieb zu sichern und CRM-Maßnahmen einzusetzen
- "Mobility as a service" anzubieten
- Marktanteile auszubauen
- sich bereits heute mit den Kunden zu vernetzen und ihnen Services zu bieten
- den Übergang zu erneuerbaren Energien zu beschleunigen
- Experimente mit autonomen Shuttles zu wagen
- die Automatisierung der eigenen Angebote voranzutreiben
- langfristige Verkehrsplanung und Investitionen unter Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen von autonomen Fahrzeugen vorzunehmen.
- Die Stakeholder bezüglich der Chancen und Risiken sowie der verkehrspolitischen Dimension von autonom fahrenden Fahrzeugen zu sensibilisieren

Dieses Szenario ist die Antwort der ÖPNV-Branche auf die Herausforderungen der Digitalisierung und der Sharing Economy sein unter Wahrung der Vorteile des ÖPNV im Hinblick auf Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Decarbonisierung, Verkehrssicherheit und Lebensqualität. Der ÖPNV ist das leistungsfähige Rückgrat einer multimodalen Mobilität. Eine öffentlich zugängliche, geteilte, effiziente Mobilität ist auch eine Mobilität die für die öffentliche Hand wie für die Nutzer bezahlbar ist.

Eine durch den ÖPNV gemanagte integrierte Mobilität sorgt dafür, dass die Ziele der Städte und des Gemeinwohl Teil der Strategie sind.

Autonome Fahrzeuge sollten als Teil und Innovation des öffentlichen Verkehrs auf den Markt gebracht werden.