

Sachdokumentation:

Signatur: DS 1693

Permalink: www.sachdokumentation.ch/bestand/ds/1693



Nutzungsbestimmungen

Dieses elektronische Dokument wird vom Schweizerischen Sozialarchiv zur Verfügung gestellt. Es kann in der angebotenen Form für den Eigengebrauch reproduziert und genutzt werden (private Verwendung, inkl. Lehre und Forschung). Für das Einhalten der urheberrechtlichen Bestimmungen ist der/die Nutzer/in verantwortlich. Jede Verwendung muss mit einem Quellennachweis versehen sein.

Zitierweise für graue Literatur

Elektronische Broschüren und Flugschriften (DS) aus den Dossiers der Sachdokumentation des Sozialarchivs werden gemäss den üblichen Zitierrichtlinien für wissenschaftliche Literatur wenn möglich einzeln zitiert. Es ist jedoch sinnvoll, die verwendeten thematischen Dossiers ebenfalls zu zitieren. Anzugeben sind demnach die Signatur des einzelnen Dokuments sowie das zugehörige Dossier.

Selbstfahrende Fahrzeuge

Rahmenbedingungen setzen!



Hintergrundinformationen

November 2018

Selbstfahrende Fahrzeuge - Rahmenbedingungen setzen!

Hintergrundinformationen

Autoren

Louis Jacob

Silas Hobi

Korrektorat

Birgit Roth

umverkehR

Kalkbreitestrasse 2, Postfach 8214, 8036 Zürich

044 242 72 40, info@umverkehr.ch, www.umverkehr.ch

November 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Definitionen	4
1.1	Selbstfahrende Fahrzeuge (AVs).....	4
1.2	Shared Mobility.....	5
1.3	Mobility as a Service	5
2	Zeitlicher Horizont.....	5
3	Auswirkungen der selbstfahrenden Fahrzeuge	7
3.1	Sicherheit	7
3.2	Gesamtverkehrsaufkommen	7
3.3	Kapazität	9
3.4	Flächenbedarf	10
3.5	Reisezeiten und generalisierte Reisekosten.....	10
3.6	Fahrkomfort	11
3.7	Geschwindigkeiten	12
3.8	Private Investitionskosten	12
3.9	Siedlungsdichte.....	12
3.10	Emissionen	12
3.11	Öffentlicher Verkehr	13
3.12	Effekte auf den Fuss- und den Veloverkehr.....	13
4	Herausforderungen bei der Implementierung	14
4.1	Sozial-gesellschaftliche Akzeptanz	14
4.2	Ethikfragen.....	15
4.3	Datenschutz	15
4.4	Haftung	16
4.5	Nicht vernetzte Verkehrsteilnehmende	16
5	Prognosen	17
6	Literatur.....	18

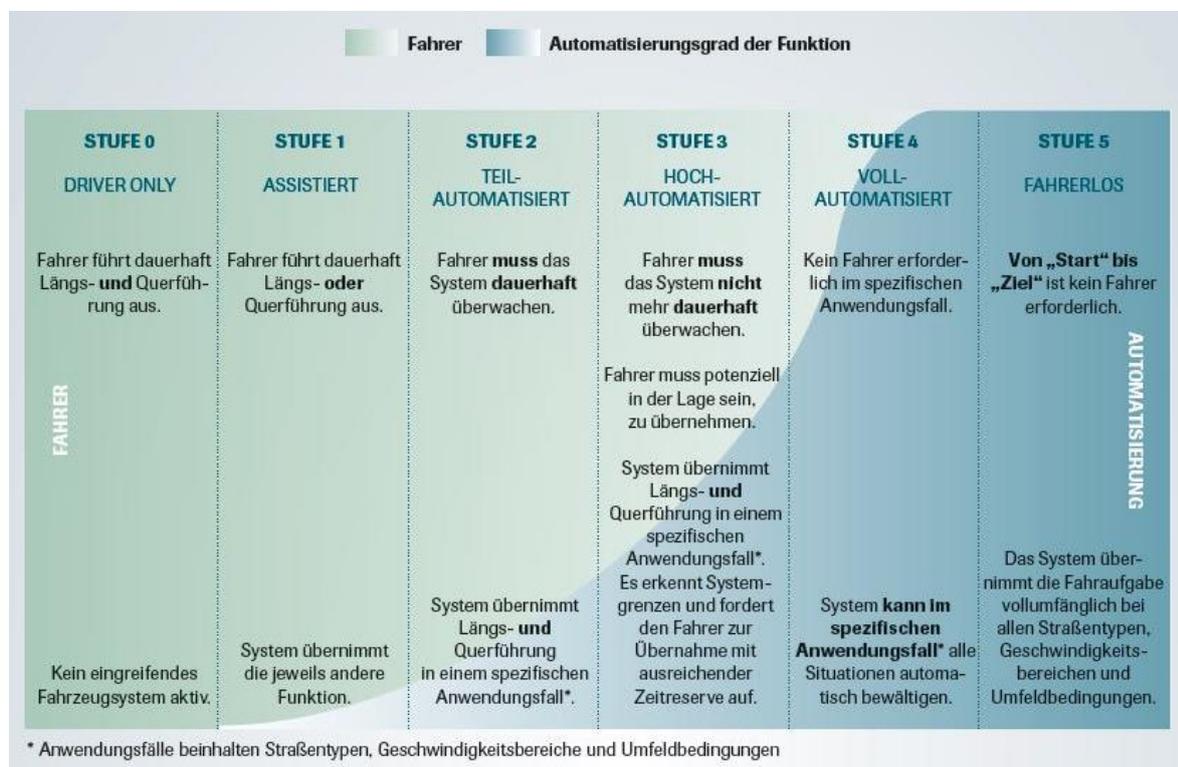
1 Definitionen

1.1 Selbstfahrende Fahrzeuge (AVs)

Zur Kategorie der selbstfahrenden Fahrzeuge zählt man alle im öffentlichen Strassenraum zugelassenen motorisierten Fahrzeuge, deren Führung teilweise oder vollständig durch technische Systeme übernommen wird (EBP, 2017b; Schweizerischer Bundesrat, 2016). Dafür werden in den Medien auch die Begriffe «automatisierte Fahrzeuge» oder «autonome Autos» verwendet. Im Englischen nennt man diese Verkehrsmittel «automated vehicles» (oder «autonomous vehicles»), kurz «AV». Im Folgenden wird diese Abkürzung verwendet.

Es existieren bereits weltweit zahlreiche Formen des automatisierten Fahrens, die sich vor allem in ihrer Komplexität unterscheiden. Zur Strukturierung liegen verschiedene Klassifizierungen vor. Die am häufigsten benutzte ist die SAE-Norm J3016. Die Society of Automobile Engineers (SAE) unterteilt AVs in fünf Stufen («Level of Automation») je nach Automatisierungsgrad (SAE, 2013). Dieser steht in Zusammenhang mit der Aufgabenteilung zwischen Fahrer und Führungssystem. Ab SAE-Stufe 4 kann die gesamte Steuerung durch das Fahrzeug übernommen werden (siehe Abbildung). Damit ist kein Führerschein mehr erforderlich.

Abbildung: Automatisierungsgrade der Fahrzeuge



Quelle: Verband der Automobilindustrie (VDA), 2015

1.2 Shared Mobility

In Verbindung mit Shared Mobility müssen zwei Begriffe geklärt werden:

- **Carsharing:** Dieser Begriff bezeichnet die gemeinschaftliche Nutzung eines oder mehrerer Fahrzeuge. Das Carsharing unterscheidet sich von der Autovermietung, weil die Nutzung des Fahrzeuges auch sehr kurzzeitig möglich ist und der Vertrag zwischen den Nutzenden und den Providern nicht bei jeder Verwendung erneuert werden muss. Im Gegensatz zum Taxi wird beim Carsharing selber gefahren. Allerdings dürfte dieses Kriterium in Kombination mit den AVs an Relevanz verlieren. Das Fahrzeugangebot kann sowohl von privat (Nachbarin, Bekannter ...) wie auch öffentlich (Carsharing-Unternehmen wie Mobility) zur Verfügung gestellt werden (EBP, 2018e).
- **Ridesharing** (auch «Carpooling», «lift sharing» oder «covoiturage»): Unter diesem Begriff wird die Bündelung von Fahrten unterschiedlicher Verkehrsteilnehmender in einem privaten Fahrzeug verstanden. Dies kann privat wie auch via Onlineplattformen (beispielsweise BlaBlaCar) organisiert werden. Ridesharing erhöht den Besetzungsgrad der Autos und hat dadurch ein grosses Potenzial, das Verkehrsaufkommen zu reduzieren (EBP, 2018e).

Car- bzw. Ridesharing sind heute Nischenanwendungen. Durch die Automatisierung im Strassenverkehr besitzen diese Transportformen ein grosses Entwicklungspotenzial, da neue Möglichkeiten für die Organisation der Transportketten entstehen. Deswegen werden beide Themen oft in Verbindung gesetzt.

1.3 Mobility as a Service

Mobility as a Service (MaaS) oder Transport as a Service (TaaS) ist ein neues Mobilitätskonzept, das im Übergangsbereich zwischen motorisiertem Individualverkehr (MIV) und öffentlichem Verkehr (ÖV) entstehen könnte. Diese Dienstleistung würde das Angebot des öffentlichen Verkehrs mit von der öffentlichen Hand oder von privaten Anbietern betriebenen selbstfahrenden Fahrzeugen ergänzen. Die vorgegebenen Linien und der fixe Fahrplan würden überflüssig. Fahrzeuge würden dann verkehren, wenn sie gebraucht würden, und dort, wo sie möglichst viele Fahrgäste aufnehmen könnten. Der gewünschte Weg würde über eine gemeinsame Plattform (App) organisiert. Dies würde ein der Nachfrage angepasstes Angebot ermöglichen und die Zahlungsverfahren vereinfachen (Arbib und Seba, 2017; ASTRA, 2017a; EBP, 2017b).

2 Zeitlicher Horizont

Automatisierte Fahrzeuge werden demnächst auf schweizerischen Strassen zu sehen sein. Jedoch gehen die Aussagen über den Zeitpunkt und den Umfang ihrer Markteinführung weit

auseinander. Anfang der 2020er-Jahre sollen schon die ersten vollautomatisierten Fahrzeuge auf öffentlichen Strassen zugelassen werden und sich gegen 2030 allmählich im Markt durchsetzen (International Association of Public Transport, 2017; Litman, 2018, Levinson und Krizek, 2015).

Dies wird auf Bundesebene unterstützt. Das ASTRA hat sich zum Ziel gesetzt, die zunehmende Vernetzung der Verkehrsträger zu ermöglichen sowie die rechtlichen und infrastrukturellen Voraussetzungen zu schaffen, damit auf den Nationalstrassen vollautomatisierte und vernetzte Fahrzeuge verkehren können (ASTRA, 2017b).

Technisch und rechtlich gibt es rasche Fortschritte. In Kalifornien werden viele Testversuche in öffentlichen Teilgebieten durchgeführt, und rund 50 Unternehmen – darunter Google und General Motors – haben bereits die Erlaubnis zum Testen selbstfahrender Autos auf öffentlichen Strassen erhalten, sofern ein Mensch zur Überwachung im Fahrzeug sitzt (Handelsblatt, 2018).

Auch die Schweiz spielt in der Entwicklung der AVs, vor allem im Bereich des öffentlichen Verkehrs, eine Vorreiterrolle. Es werden zurzeit einige Versuche durchgeführt: In der Stadt Freiburg zum Beispiel fahren von Marly Cité bis zum Innovation Center automatisierte Busse. Allerdings stehen beide für den Betrieb notwendigen Busse unter ständiger Überwachung durch eine Person an Bord. In Sion verkehren seit dem Sommer 2016 zwei vollautomatisierte Busse auf einer Strecke von 1,5 Kilometern. Auch da ist die Begleitung einer Fachperson aus Sicherheitsgründen noch erforderlich (Künzi, 2018). Weitere Versuche werden in den Städten Bern, Zug, Schaffhausen, Freiburg, (Genf/Meyrin) sowie Lausanne durchgeführt (Stand Oktober 2018). Auch der Schienenverkehr hat grosses Potenzial im Hinblick auf eine Automatisierung, da die Fahrzeuge fixe Strecken fahren und heute schon in einem übergeordneten Steuerungssystem eingebunden sind. Wie schnell die Automatisierung diesen Bereich durchdringt, hängt vor allem von der sozial-gesellschaftlichen Akzeptanz und vom Kosten-Nutzen-Verhältnis der bisherigen Fahrzeuge gegenüber den neuen ab. Das Rollmaterial ist in diesem Bereich nämlich deutlich länger im Einsatz als im MIV (EBP, 2018c).

Im Bereich des privaten Strassenverkehrs wird erwartet, dass die Schweiz sich den Entwicklungen der Nachbarländer anpassen wird. AVs werden vermutlich zuerst auf bestimmten geschlossenen Netzen genehmigt. Autobahnen sind dafür ein guter Startpunkt, weil die Interaktionen zwischen den Teilnehmenden lediglich auf die Spurwechsellängengänge sowie auf Ein- und Ausfahrten begrenzt sind. Die Fahrtrichtungen sind getrennt, und es sind keine anderen Verkehrsmittel vorhanden (EBP, 2017b).

Bei Voraussagen werden häufig die Beschaffungskosten von AVs unterschätzt. Damit AVs im Realbetrieb eingesetzt und von den Nutzenden bezahlt werden können, müssen noch viele technische Schwachstellen beseitigt werden (Litman, 2018). Es werden weitere Jahre vergehen, bis die rechtlich-administrativen Grundvoraussetzungen für Serienreife, Zulassung und/oder Einführung geklärt sind (ASTRA, 2017a). Bei der Marktdurchdringung muss stets mit einem Unterschied zwischen den technischen Möglichkeiten und den gesetzlich erlaubten Funktionalitäten gerechnet werden (EBP, 2017b).

3 Auswirkungen der selbstfahrenden Fahrzeuge

3.1 Sicherheit

Die Sicherheit ist ein wichtiges gemeinsames Anliegen der Benutzer, der Verkehrsbetriebe sowie der Gesellschaft. Deshalb stellt das Bedürfnis nach einer Verbesserung der Strassensicherheit einen wichtigen Beweggrund für die Implementierung von automatisierten Fahrzeugen dar. Über 90 Prozent der Verkehrsunfälle sind auf menschliches Versagen zurückzuführen (NHTSA, 2008; Schweizerischer Bundesrat, 2016). Mit AVs verringert sich dieses Risiko. Die Sicherheit erhöht sich durch die Kompetenzen des Fahrassistenzsystems, durch schnellere Reaktionszeiten und durch die umfassende Vernetzung der Fahrzeuge miteinander (Schweizerischer Bundesrat, 2016). AVs werden so programmiert, dass sie so sicher wie möglich sind (Rogers, 2016), es wird aber auch künftig noch Unfälle geben. Mit der Automatisierung und der Digitalisierung der Mobilität treten neue Risiken auf, wie beispielsweise Hard- und Softwaredefekte. Zusätzlich ist der Missbrauch durch Hackerinnen und Hacker ein weiterer Aspekt, der bei der Sicherheit von AVs zu berücksichtigen ist (Litman, 2018; Schweizerischer Bundesrat, 2016). Bei teilautomatisierten Fahrzeugen gilt insbesondere die Übergabe der Steuerfunktion zwischen dem Menschen und dem Fahrzeug als potenzielle Unfallursache (EBP, 2018).

3.2 Gesamtverkehrsaufkommen

Durch die Implementierung von automatisierten Fahrzeugen erwartet man wesentliche Änderungen der Nachfrage im Strassenverkehr. Denkbare Gründe sind:

- **Nutzung der Reisezeit:** Die gesamte Führungsübernahme durch das System entlastet die Fahrer von der bisherigen Arbeit des dauerhaften Überwachens. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Reisezeit für andere (produktivere) Aktivitäten zu nutzen. Somit entfällt ein wichtiger Nachteil des individuellen Strassenverkehrs und führt zu

zusätzlich investierter Zeit für Mobilität (Schweizerischer Bundesrat, 2016; EBP, 2017b; Litman, 2018).

- **Neue Nutzergruppen:** Durch die Senkung der Fahreranforderungen können zukünftig auch mobilitätseingeschränkte Personen, die heute nicht am MIV teilnehmen, über einen Zugang zur Strassenmobilität verfügen (Lutin et al., 2013). Dies betrifft Kinder unter 18 Jahren, Menschen im Rentenalter sowie Personen ohne Führerschein. Wenn man die unter 18-Jährigen mitrechnet, besaßen 2015 zwei Drittel der schweizerischen Gesamtbevölkerung einen Führerausweis. Das verbleibende Drittel stellt die potenziellen Nutzergruppen dar (BFS, 2017). Einschätzungen zufolge könnte die Verkehrsleistung durch die genannten neuen Nutzergruppen um circa 8 Prozent ansteigen (Meyer, 2016).
- **Leerfahrten:** Sind Fahrzeuge vollautomatisiert, besteht auch die Möglichkeit, ohne FahrerIn/Fahrer zu fahren. Besonders durch Bringen und Abholen von Personen und Waren dürften viele Leerfahrten entstehen. Es wird geschätzt, dass sich die Fahrleistung (Anzahl Fahrzeugkilometer) von privat genutzten automatisierten Fahrzeugen alleine durch Leerfahrten um 15 Prozent erhöht (Meyer et al., 2017).
- **Induzierte Nachfrage:** Die durch die Automatisierung erhöhten Kapazitäten der bestehenden Infrastrukturen führen zu niedrigeren Reisezeiten und zu einer höheren Erreichbarkeit. Dadurch werden zusätzliche Fahrten generiert, die als induzierter Verkehr messbar sind und zu einer zusätzlichen Erhöhung des gesamten Verkehrsaufkommens führen (Meyer et al., 2017).

Die Schätzungen prognostizieren bis zu einer Verdreifachung des Verkehrsaufkommens durch die Automatisierung (Keeney, 2017). Wie es der Schweizerische Bundesrat (2016, S. 2) erläutert, werden «die Auswirkungen auf das künftige Verkehrsaufkommen [...] stark davon abhängig sein, wie die Gesellschaft, die Wirtschaft und die öffentliche Hand mit diesen neuen technologischen Möglichkeiten umgehen und die weitreichenden Möglichkeiten zur Gestaltung neuer Angebotsformen nutzen werden». Die sehr unterschiedlichen Prognosen zur zukünftigen Fahrleistung können in zwei Hauptdenkrichtungen eingeteilt werden (Meeder et al., 2017; Millard-Ball, 2016):

- **Private Nutzung:** Das Fahrzeug wird weiterhin als privates Gut angesehen und ist durch eine individuelle Nutzung geprägt. Eine Implementierung in einem solchen Kontext würde aufgrund der oben genannten Punkte Mehrverkehr generieren (Millard-Ball, 2016).
- **Öffentliche Nutzung:** Mit der Implementierung von AVs im öffentlichen und privaten Strassenverkehr baut sich ein System von Sharing-Angeboten auf. In diesem Fall

reduziert sich das Bedürfnis nach einem privaten Fahrzeug zunehmend, sodass in einem idealen Zustand nur noch vollautomatisierte «Taxis» unterwegs sind (Levinson und Krizek, 2015; Plumer, 2014). In diesem Kontext werden auch Angebote wie Mobility as a Service (MaaS) entwickelt. Die Marginalkosten eines jeden Weges werden bei einem Ersatz der Fixkosten durch zeit- und leistungsorientierte variable Kosten steigen (Millard-Ball, 2016). Der Suchverkehr für einen Parkplatz würde stark abnehmen oder sogar ganz wegfallen (Skinner und Bidwell, 2016). Der Besetzungsgrad hingegen würde deutlich zunehmen. Die jährliche zurückgelegte Strecke pro AV würde zwar steigen, jedoch würden bis 80 Prozent weniger Fahrzeuge benötigt, um die heutige MIV-Nachfrage zu befriedigen (International Association of Public Transport, 2017). Dabei ist es wichtig zu präzisieren, dass diese Zahl ohne Erhöhung der Nachfrage geschätzt wurde. Nichtsdestotrotz wird bei einer Implementierung in einem solchen Kontext eine Abnahme der Anzahl motorisierter Fahrzeuge im urbanen Strassennetz erwartet (Arbib und Seba; 2017; Fagnant et al., 2015).

3.3 Kapazität

AVs sind miteinander und mit der Infrastruktur digital verbunden. Ein AV kann die Aktion eines vorausfahrenden oder entgegenkommenden AV antizipieren (Fagnant und Kockelman, 2015). Damit sind geringere Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen möglich. Dies ergibt eine Kapazitätssteigerung bei der bestehenden Infrastruktur. Friedrich (2015) prognostiziert eine Kapazitätserhöhung von 80 Prozent auf Autobahnen und 40 Prozent auf urbanen Strassen, im Falle eines hundertprozentigen Anteils untereinander vernetzter AVs am Strassenverkehr. Andere Forschungen erwarten eine Steigerung der Strassenkapazität von bis zu 370 Prozent auf Autobahnen und 80 Prozent innerhalb von Siedlungsgebieten (Brownell, 2013; Fernandes und Nunes, 2010). Im urbanen Raum ist die Strassenkapazität vor allem von den Knotenabständen und von der -komplexität abhängig. Infolge der Automatisierung erwartet man an den Kreuzungen verringerte Zeitbedürfnisse pro Fahrzeug, eine Harmonisierung der Zeitlücken und ein unverzögertes Anfahren (EBP, 2018b). Diese Kapazitätssteigerung, sowohl innerhalb als auch ausserhalb des Siedlungsgebiets, erhöht die Attraktivität des motorisierten Strassenverkehrs und kann damit neue Nachfrage induzieren (Meyer et al., 2017). Eine deutliche Änderung der Strassenkapazität wird nur bei einem hohen Anteil an AVs (mindestens 40%) erwartet, und abhängig vom Umfang des künftigen Mehrverkehrs könnte die bestehende Infrastruktur trotz effizienterer Nutzung an ihre Kapazitätsgrenze kommen (Fagnant et Kockelman, 2015; Litman, 2018; Milakis et al., 2017).

3.4 Flächenbedarf

AVs haben die Fähigkeit, sich optimal an die Strassen anzupassen. Dies ermöglicht engere Kurvenradien, geringere Fahrbahnbreiten oder kleinere Parkplätze (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Auch der für die Fahrmanöver erforderliche Platz verringert sich bei AVs (Heinrichs, 2015). Es können obendrein Einsparungen bei der Infrastruktur gemacht werden. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, Informationen für Verkehrsregelungen, wie etwa Geschwindigkeitsregimes, digital statt visuell zu vermitteln. Diese Potenziale setzen jedoch voraus, dass alle Fahrzeuge automatisiert und mit der Infrastruktur digital verbunden sind (EBP, 2017b).

Einen grossen Einfluss auf den Platzbedarf hat der ruhende Verkehr. Heute steht ein Auto circa 23 Stunden pro Tag auf einem Parkplatz (Skinner and Bidwell, 2016). Bei einem Shared AV wären es nur noch 16 Stunden (Fagnant et al., 2015). Der Bedarf an Parkfeldern würde dadurch beträchtlich sinken. Somit erwarten Skinner und Bidwell (2016) einen Platzgewinn von 15 bis 20 Prozent innerhalb von Städten. Bei dieser Berechnung wurde jedoch angenommen, dass der Parkplatzbedarf von AVs auf null fällt, was allenfalls heissen würde, dass sie bei tiefer Leistungsnachfrage leer durch die Stadt fahren würden.

Dieser neu entstehende Platz im Stadtzentrum kann in Grünflächen oder Einrichtungen für den Fuss- und den Veloverkehr umgewandelt werden. Im Fall eines Shared-AV-Systems muss jedoch bedacht werden, dass Haltezonen und Flächen für den Umschlag von Personen und Gütern erforderlich sind (EBP, 2018d) Idealerweise werden diese auf der Fahrbahn eingerichtet.

3.5 Reisezeiten und generalisierte Reisekosten

Die Verkehrsmittelwahl ist vor allem von den Reisezeiten, den Reisepreisen und dem Komfort abhängig (EBP, 2017b). Bösch et al. (2017) untersuchten auf urbaner und regionaler Ebene die Kosten pro Passagierkilometer der automatisierten Fahrzeuge sowohl für private Fahrzeuge als auch für Shared AVs. Sie verglichen die Kosten mit denen konventioneller Fahrzeuge. Für jede Verwendung von AVs sind die Kosten tiefer als für konventionelle Fahrzeuge. Bösch et al. (2017) setzen die finanziellen Vorteile der Shared AVs tiefer an, da bei dem Vergleich auch Kosten für das Management des Unternehmens sowie Unterhalts- und allenfalls Parkkosten berücksichtigt werden müssen. Private AVs bleiben somit attraktiv. Abgesehen von der emotionalen Bindung bleibt bei einem privaten Fahrzeug auch die Möglichkeit bestehen, im Kofferraum persönliche Gegenstände lagern zu können, wie zum Beispiel die Sportausrüstung.

Ein weiterer wichtiger Punkt sind die Beschaffungskosten, die zur Gewichtung der Verkehrsmittelwahl mitgezählt werden müssen.

Häufig werden in der Verkehrsplanung Vergleiche zwischen den Kosten der verschiedenen Verkehrsmittel anhand der Reisezeiten vereinfacht. Es wurde bewiesen, dass das Zeitbudget für den motorisierten Verkehr räumlich und zeitlich konstant bleibt, nämlich bei circa einer Stunde (SVI, 2015; Zahavi, 1979). Fraglich ist, inwiefern diese Konstante mit der neu entstehenden Möglichkeit, sich während der Fahrt anderen Tätigkeiten zu widmen, erhalten bleibt.

Bei einem Marktanteil von 90 Prozent generieren AVs aufgrund effizienterer Nutzung der bestehenden Infrastruktur im Durchschnitt 15 Prozent weniger Stau (Fagnant und Kockelman, 2015). Dadurch sollten sich die Reisezeiten verringern. Fraglich ist jedoch, inwiefern die wahrscheinliche Erhöhung des Verkehrsaufkommens diesen Nutzen nicht wieder aufhebt. Dazu werden Nutzende von Shared AVs Umwege oder zusätzliche Halte machen, weil die Fahrzeuge gleichzeitig auch andere Passagiere bedienen, was sich negativ auf die Reisezeiten auswirkt (Litman, 2018).

3.6 Fahrkomfort

Der Komfort für Passagiere automatisierter Fahrzeuge wird sich im Vergleich zum Komfort konventioneller Autos deutlich erhöhen, zum einen infolge der Nutzung der Reisezeit für andere Aktivitäten (EBP, 2017b), zum anderen durch das optimierte Fahrverhalten von automatisierten Fahrzeugen. Die Antizipation der Aktionen anderer AVs ermöglicht geringere Beschleunigungs- und Verzögerungswerte (Friedrich, 2015). Dadurch verflüssigt sich der Verkehrsablauf, und es gibt weniger abruptes Stop-and-go-Verhalten (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Dazu erlaubt die erhöhte Sicherheit, die Innengestaltung so zu ändern, dass mehr Sitz- beziehungsweise Liegekomfort gewährt werden kann (Litman, 2018) oder die Fahrzeuge wieder kleiner werden.

Bei Sharing AVs werden Passagiere das Fahrzeug mit fremden Personen teilen, wie dies bisher im ÖV der Fall ist. Dazu werden Fahrzeuge nicht zugunsten einer einzelnen Person direkt von A nach B fahren, sondern durch das Abholen oder Bringen von Passagieren Halte beziehungsweise Umwege generieren. Diese beiden Gründe führen zu einer Verminderung des Fahrkomforts bei der Sharing-Implementierung (Litman, 2018).

3.7 Geschwindigkeiten

AVs sind miteinander vernetzt und haben schnellere Reaktionszeiten als Menschen. Damit haben sie das Potenzial, bei gleichbleibender Sicherheit die Geschwindigkeiten und dadurch die Verkehrsstärke an einem Querschnitt zu intensivieren. Höhere Geschwindigkeiten bei gleichbleibender Dichte sind allerdings in Siedlungsgebieten nur möglich, wenn alle Fahrzeuge automatisiert sind (Friedrich, 2015). Die Komplexität im Siedlungsgebiet ist derart hoch, dass für einen sicheren Betrieb von selbstfahrenden Fahrzeugen das Tempo allenfalls reduziert werden muss.

3.8 Private Investitionskosten

Bei der privaten Nutzung von AVs wird natürlich auch der Preis als Kaufargument berücksichtigt. Die ersten auf dem Markt verfügbaren AVs werden teuer sein (Litman, 2018). Die hohen Kosten sind auf die verbesserte technische Ausstattung der Fahrzeuge sowie die dauerhafte Datenübertragung zurückzuführen (EBP, 2018, 3b). Der hohe Preis der selbstfahrenden Technologien ist eine Herausforderung im Hinblick auf die Marktdurchdringung und spricht für die Durchsetzung der AVs als Sharing-Angebot. Mittelfristig könnte die Massenproduktion allerdings dazu führen, dass AVs in einem vergleichbaren Preissegment angeboten werden können wie heutige konventionelle Fahrzeuge.

3.9 Siedlungsdichte

Die Erhöhung des Fahrkomforts sowie tiefere generalisierte Kosten erhöhen die Bereitschaft der Nutzenden, längere Strecken zurückzulegen. AVs treiben somit die Zersiedelung voran. Infolge der Automatisierung werden die kleineren und mittleren Städte sowie ländliche Gemeinden besser erreichbar, und damit werden sie als Wohnraum attraktiver (Meyer et al., 2017; Schweizerischer Bundesrat, 2016). Die fortschreitende Zersiedelung ist eine grosse Herausforderung im Hinblick auf die Raumplanung, welche mit der Einführung von AVs noch verstärkt werden könnte.

3.10 Emissionen

Bezüglich des Energieverbrauchs und der verkehrsbedingten Lärm- und Schadstoffemissionen bieten AVs starke Reduktionspotenziale. Aufgrund optimierter Beschleunigungs- und Bremsvorgänge sowie der allgemeinen Verkehrsverflüssigung erzeugen selbstfahrende Fahrzeuge im Vergleich zu heute weniger Emissionen (Schweizerischer Bundesrat, 2016).

Dabei wird erwartet, dass Automatisierung und Elektromobilität aufeinander abgestimmt werden. Die heutzutage auf dem Markt verfügbaren (teil-)automatisierten Fahrzeugen werden hauptsächlich elektrisch angetrieben. Mit der Entwicklung neuer Technologien wird so eine veränderte Antriebsform breiter angewendet (EBP, 2017b). Wenn sich jedoch das Verkehrsaufkommen deutlich erhöht, ist auch mit einer Zunahme der Emissionen zu rechnen.

3.11 Öffentlicher Verkehr

Für den strassengebundenen öffentlichen Verkehr bieten AVs in Kombination mit weiteren Aspekten der Digitalisierung Chancen für die Entwicklung noch bedarfsgerechterer und effizienterer Angebote. Auch hier ist die Automatisierung mit vielen finanziellen Vorteilen verbunden. Bis zu 80 Prozent der Betriebskosten vieler europäischer Busbetriebe entfallen auf die Lohnkosten (Weidmann, 2013). Wenn diese wegfallen, ergeben sich neue Möglichkeiten für das Verkehrsangebot. Bei gleichbleibenden Preisen kann das Angebot erweitert werden. Bei gleichbleibenden Abgeltungsleistungen und gleichem Angebot können Tarife aber auch gesenkt werden (EBP, 2017b). Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Betriebsgesellschaft des öffentlichen Nah- und Regionalverkehrs die Möglichkeiten der Automatisierung und Digitalisierung aktiv nutzt und sich erfolgreich im sich wandelnden Markt positioniert (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Infolgedessen können Unternehmen des öffentlichen Verkehrs eine Erhöhung der Kundenzahlen erwarten.

Ein optimal implementiertes MaaS-System weist vor allem in peripheren Stadtgebieten und im ländlichen Raum Vorteile auf, weil es eine gute und kostengünstige Anwendung bei geringer Nachfrage ermöglicht (EBP, 2018c). Laut Meyer et al. (2017) werden in den Grosszentren auch mit der Implementierung von AVs weiterhin öffentliche Massenbeförderungsfahrzeuge benötigt, da sie in Bezug auf die Kapazitäten kaum zu ersetzen sind.

3.12 Effekte auf den Fuss- und den Veloverkehr

Die Auswirkungen der AVs auf den Fuss- und den Veloverkehr hängen stark davon ab, in welcher Form sie eingeführt werden und wie sich die Verkehrsmenge auf urbanen Strassen entwickelt.

Ausserdem stellt sich die die Frage hinsichtlich des Verhaltens der AVs in Interaktionen mit nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden. Auf viel genutzten Strassen herrschen weniger formale Gesetze als vielmehr soziale Normen. Ein grosser Teil der Kommunikation zwischen

Verkehrsteilnehmenden erfolgt durch Bewegungen, Zeichen und Blickaustausch, was bei AVs nicht mehr möglich ist. Werden AVs je fähig, diese Kommunikationsart zu verstehen?

Die Erhöhung der allgemeinen Sicherheit ist besonders für den Fuss- und den Veloverkehr von Bedeutung, da Zufussgehende und Velofahrende im Strassenraum zu den verletzlichsten Verkehrsteilnehmenden gehören. Die Frage der Sicherheit und letztlich des Komforts für den Fuss- und den Veloverkehr hängt stark davon ab, wie die Verkehrspolitik mit der Einführung von AVs in Siedlungsräumen umgeht. Notwendig wird ein Ausgleich zwischen dem Erreichen der optimalen Nutzung der Automatisierung und der Qualität des Fuss- und des Veloverkehrs (EBP, 2018d).

4 Herausforderungen bei der Implementierung

4.1 Sozial-gesellschaftliche Akzeptanz

Die Implementierung von automatisierten Fahrzeugen hängt stark davon ab, inwieweit und wie schnell die Gesellschaft und die Nutzenden die Einführung von «Roboter-Autos» akzeptieren werden. Die Autoindustrie hat das Auto jahrzehntelang als Zeichen der Freiheit und der Selbstbestimmung hochstilisiert. Das Auto als Statussymbol ist immer noch stark im Denken verwurzelt. In der omnipräsenten Autowerbung wird das Autofahren als emotionales Freiheitserlebnis kultiviert, welches mit der Nutzung im Realbetrieb wenig gemein hat. Es muss also erst Akzeptanz geschaffen werden für ein Fahrzeug ohne Steuer und Gaspedal. Nutzende müssen bereit sein, ihr Leben im Strassenverkehr einem «Roboter» anzuvertrauen (Schweizerischer Bundesrat, 2016).

Um auf der Nutzerseite die Bereitschaft zu einer Umstellung auf AVs zu erhöhen, muss der Fokus auf die Stärkung des Vertrauens in die Sicherheit der Fahrzeuge gelegt werden (Schweizerischer Bundesrat, 2016). In der von Piao et al. (2016) geführten Umfrage stufte nur ein Viertel der Teilnehmenden automatisierte Fahrzeuge als sicherer ein als eine menschliche Steuerung.

Gemäss einer Studie von EBP (2017a) sind 21 Prozent aller Haushalte in der deutsch- und französischsprachigen Schweiz den AVs gegenüber positiv eingestellt. Der Anteil der «Pessimisten», welche die Einführung der Automatisierung im Strassenverkehr als problematisch einstufen, ist allerdings ebenso gross. Am grössten (58%) ist die Gruppe derer, welche die verschiedenen Herausforderungen differenzierter beurteilen. Diese Ergebnisse

zeigen, dass die sozial-gesellschaftliche Akzeptanz von AVs eine wichtige Herausforderung in Bezug auf deren Implementierung darstellt.

4.2 Ethikfragen

Vor der Einführung automatisierter Fahrzeuge sind noch verschiedene ethische Fragen zu klären. Beispielsweise stellt sich die Frage nach dem Verhalten eines AV im Fall eines unvermeidbaren Unfalls mit unterschiedlichen (nicht motorisierten) Verkehrsteilnehmenden. Soll das Überleben des eigenen Passagiers oder das Überleben der gefährdeten Spaziergängerin Priorität haben? Kann man diesen Entscheid einem Algorithmus überlassen? Und wer entscheidet, wie dieser programmiert werden soll? Diese Frage ist bisher ungeklärt. Dieses Dilemma wird in der Wissenschaft als das «Trolley-Problem» definiert.

Bonnefon et al. (2015) kamen zum Ergebnis, dass 75 Prozent der Umfrageteilnehmenden einem Algorithmus, der seinen Insassen für eine Fussgängerin oder einen Fussgänger opfern würde, zustimmen würden. Die Zustimmungsrates sank allerdings beträchtlich, sobald die Teilnehmenden hypothetisch selbst als verunglückte AV-Insassen infrage kamen. Es besteht also in der Gesellschaft noch ein grosser Bedarf an Diskussion und transparenter Information zu diesem Thema. Die Suche nach dem Ausweg aus diesem «ethischen Dilemma» kann die Markteinführung von AVs verzögern (Zhao, 2016).

4.3 Datenschutz

Damit die verkehrlichen Potenziale der AVs voll ausgeschöpft werden können, müssen sie vernetzt sein. Der damit verbundene Datenaustausch ermöglicht prinzipiell für jedes Fahrzeug die Erstellung eines umfassenden Bewegungsprofils. Die von den Fahrzeugen erfassten Daten können leicht zu personenbezogenen Daten verarbeitet werden. Dies ist aus datenschutzrechtlichen Überlegungen problematisch. Gemäss dem europäischen Datenschutz und den vergleichbaren Regelungen in der Schweiz müssen Verkehrsteilnehmende wissen, welche persönlichen Daten gesammelt werden, und selbst bestimmen können, ob und wie diese Daten verwendet werden. Für eine effiziente Nutzung dieser Daten müsste eine gesetzliche Grundlage geschaffen werden, in der unter anderem die Zwecke umschrieben sind, für die die Daten verwendet werden dürfen (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Gleichzeitig setzt sich das ASTRA (2017a) zum Ziel, Massnahmen zum Schutz personenbezogener Daten zu ergreifen, dies vor allem um Manipulationen, die zu unsicheren Verkehrszuständen führen, zu vermeiden. Weiter stellt sich die Frage des Datenaustauschs zwischen den privaten Fahrzeug- beziehungsweise Softwareherstellern.

4.4 Haftung

In Bezug auf die Haftung stellt sich grundsätzlich die Frage nach der Verantwortung im Versagensfall: Liegt sie bei der Herstellerfirma des Fahrzeugs, bei der Herstellfirma der Sensoren oder bei der Halterin oder dem Halter?

Laut Art. 31 des Strassenverkehrsgesetzes muss die führende Person das Fahrzeug ständig so beherrschen, dass sie ihren Vorsichtspflichten nachkommen kann. Bei automatisierten Fahrsystemen kann dies aufgehoben beziehungsweise modifiziert werden. Sofern das System die Kontrolle über die Steuerung übernimmt, kann die Fahrerin oder der Fahrer für das Verhalten des Fahrzeuges im Verkehr grundsätzlich nicht haftbar gemacht werden. Es muss jedoch aus strafrechtlichen Gründen überprüft werden können, ob während des Unfalls der Mensch oder das System die Steuerung beherrschte. Für diesen Nachweis müssen Fahrzeuge mit Aufzeichnungsgeräten – ähnlich wie Blackboxes im Flugzeug – ausgerüstet werden (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Es ist zu erwarten, dass der Haftungsrückgriff auf den Fahrzeughersteller beziehungsweise auf weitere Beteiligte wie Navigationsdienstleister oder Infrastrukturbetreiber an Bedeutung gewinnt (Lohman, 2018). Zurzeit ist die Frage der Haftung im Fall eines Unfalles noch ungeklärt, der Gesetzgeber hat diesbezüglich eine Regelung zu erlassen (Lohman, 2018).

4.5 Nicht vernetzte Verkehrsteilnehmende

Viele oben erwähnte Vorteile der automatisierten Fahrzeuge (Kapazitäts- und Geschwindigkeitserhöhung, niedriger Flächenbedarf ...) werden erst bei einem sehr hohen Anteil von miteinander vernetzten AVs erreicht, oder zumindest wird beim Erreichen dieses Anteils ein Sprung erwartet (Fagnant und Kockelman, 2015; Friedrich, 2015). Aber auch wenn der Anteil der AVs am gesamten motorisierten Verkehr eines Tages 100 Prozent betragen wird, ist zu berücksichtigen, dass auf den städtischen Strassen auch in Zukunft nicht motorisierte und/oder nicht vernetzte Verkehrsteilnehmende unterwegs sein werden, deren Bewegungsintentionen auch für intelligente Software unmöglich voraussagen sind. Diese Interaktionen werden die vollständige Ausschöpfung des Potenzials der AVs in Siedlungsgebieten stark bremsen. Das Nebeneinanderfahren technisch unterschiedlich ausgerüsteter Fahrzeuge wird die Politik, die Betreibergesellschaften der Strassen sowie die Verkehrsteilnehmenden vor wesentliche Herausforderungen stellen (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Deshalb bieten sich tiefere Geschwindigkeiten im komplexen Siedlungsraum an.

5 Prognosen

Bei der Erstellung von Szenarien im Zusammenhang mit der Entwicklung von AVs werden oft zwei verschiedene grundsätzliche Herangehensweisen verfolgt:

- Das «**evolutionäre Szenario**» geht von einer stetigen Weiterentwicklung der Fahrassistenzsysteme bis hin zum vollautomatisierten Fahrzeug aus. Es werden in einer ersten Phase Fahrzeuge mit einem tiefen Automatisierungsgrad (1 bis 3) vermarktet. In einem weiteren Schritt kommen selbstfahrende Fahrzeuge hinzu. Die Fahrzeuge passen sich in einem sukzessiven Prozess dem Umfeld, der Infrastruktur sowie den Nutzern an (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Auf diesem Grundsatz ist beispielsweise der Entwicklungspfad in der Forschungsstudie von EBP (2017b) aufgebaut.
- Das «**revolutionäre Szenario**»: Nach diesem Ansatz erfahren die heutigen Fahrssysteme einen technischen Sprung hin zu den selbstfahrenden, untereinander und mit der digitalen Welt vernetzten Fahrzeugen (Schweizerischer Bundesrat, 2016). Die auf den öffentlichen Strassen implementierten Fahrzeuge besitzen mindestens Automatisierungsstufe 4.

6 Literatur

- Arbib, J. und T. Seba, (2017), Rethinking Transportation 2020–2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries, RethinkX.
- Axhausen, K. W. (2015) Welches Geschwindigkeitsniveau braucht eine Stadt?, in Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperte (SVI) (Hg.) Optimale Geschwindigkeiten in Siedlungsgebieten, 71–74, Zürich.
- Bikeleague (2014) Autonomous and Connected Vehicles: Implications for Bicyclists and Pedestrians.
- Bonnefon, J. F., A. Shariff und I. Rahwan (2016) The social dilemma of autonomous vehicles, *Science*, **352** (6293) 14–26.
- Bösch, P. M., F. Becker, H. Becker and K. W. Axhausen (2017) Cost-based analysis of autonomous mobility services, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **1225**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Brownell, C. (2013) Shared autonomous taxi networks: An analysis of transportation demand in New Jersey and a 21st century solution for congestion, Bachelor thesis, Princeton University.
- Bundesamt für Statistik (BFS) (2017) Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Bundesamt für Strassen (ASTRA) (2017a) Automatisiertes Fahren: Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs, Forschungsprojekt 2015/004 1609, Bern.
- Bundesamt für Strassen (ASTRA) (2017b) Strassen und Verkehr – Zahlen und Fakten, Bundesamt für Strassen, Bern.
- Ernst Basler und Partner (EBP) (2018a) Automatisiertes Fahren, Auswirkungen auf die Strassenverkehrssicherheit, Schlussbericht vom 31. Mai 2018, Zürich.
- Ernst Basler und Partner (EBP) (2018b) Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3a «Verkehrstechnik», Zürich.
- Ernst Basler und Partner (EBP) (2018c) Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3c «Mögliche Angebotsformen im Kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV)», Zürich.
- Ernst Basler und Partner (EBP) (2018d) Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3d «Städte und Agglomerationen», Zürich.
- Ernst Basler und Partner (EBP) (2018e) Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3e «Ressourcen, Umwelt, Klima», Zürich.

- Ernst Basler und Partner (EBP) (2017a) Automatisierte und voll-autonome Fahrzeuge: Akzeptanz verschiedener Anwendung in der Bevölkerung, Schlussbericht, Zürich.
- Ernst Basler und Partner (EBP) (2017b) Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A), Zürich.
- Fagnant, D. J. und K. M. Kockelman (2015) Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations, Transportation Research Part A, 77, 167-181.
- Fagnant, D. J., K. M. Kockelman und P. Bansal (2015) Operation of Shared Autonomous Vehicle Fleet for Austin, Texas, Market, Transportation Research Record, **2536**, 98–106.
- Fernandes, P. und U. Nunes (2010) Platooning of Autonomous Vehicles with Inter-vehicle Communications in SUMO traffic simulator, 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 1313–1318.
- Forrest, A. und M. Konca (2007) Autonomous cars and society, Worcester Polytechnic Institute.
- Friedrich, B. (2015) Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge, In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Hg.) Autonomes Fahren, 331-350, Springer-Verlag, Berlin.
- Handelsblatt (2018) Kalifornien lässt Autos ohne Menschen am Steuer zu, <https://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/autonomes-fahren-kalifornien-laesst-autos-ohne-menschen-am-steuer-zu/21007238.html?ticket=ST-4080573-5NKaKmnCd2fQUcfV9wGcz-ap3>, [Zugriff 17.08.2018].
- Héran, F. (2012) Vélo et politique globale de déplacement durables, Convention n°9/243, Centre lillois d'études et de recherches sociologiques et économiques, Lille.
- Heinrichs, D. (2015) Autonomes Fahren und Stadtstruktur, in M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Hg.) Autonomes Fahren, 220-239, Springer-Verlag, Berlin.
- International Association of Public Transport (2017) Autonomous vehicles: A potential game changer for urban mobility, Technical Report.
- Keeney, T (2017) Mobility-As-A-Service: Why Self-Driving Cars Could Change Everything, ARC Investment Research.
- Kirk, B. (2016) How driverless cars will change cities, Interview in The National, David Common reports, <http://www.cbc.ca/player/play/2681522495> [Zugriff 06.05.2018].
- Künzi, S. (2018) Der selbstfahrende Bus muss noch viel lernen, Berner Zeitung, Bern.
- Levinson, D und K. Krizek (2015) The End of Traffic and the Future of Transport, Kindle Editions.
- Lin, P. (2016) Why Ethics Matters for Autonomous Cars, In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Hg.) Autonomes Fahren, 69–85, Springer-Verlag, Berlin.

- Litman, T. (2018) Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Victoria Transport Policy Institute.
- Liu, J., K. M. Kockelman, P. Bösch, und F. Ciari, (2017) Tracking a system of shared autonomous vehicles across the Austin, Texas network using agent-based simulation, *Transport Research Part C: Emerging Technologies*, **44** (6) 1261–1278.
- Lutin, J., A. Kornhauser und E. Lerner-Lam (2013) The Revolutionary Development of Self-Driving Vehicles and Implications for the Transportation Engineering Profession, *Ite Journal*, **83** (7) 28–32.
- Lohman, M. (2018) Höheres Haftungsrisiko für Hersteller selbstfahrender Fahrzeuge, *Neue Zürcher Zeitung*, Zürich.
- McKinsey & Compagny (2016) Automotive Revolution – Perspective Towards 2030: How the Convergence of Disruptive Technology-driven Trends Could Transform the Auto Industry, *Advanced Industries*, January.
- Meeder, M., E. Bosina und U. Weidmann (2017) Autonomous Vehicles: Pedestrian heaven or pedestrian hell?, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, 17th Swiss Transport Research Conference, Ascona, Mai 2017.
- Meyer, J. (2016) Sind die AV die neuen Autobahnen?, Bachelorarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, Zürich.
- Meyer, J., H. Becker, P. M. Bösch und K. W. Axhausen (2017) Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?, *Research in Transportation Economics*, ISSN 0739-8859.
- Millard-Ball, A. (2016) Pedestrians, Autonomous Vehicles, and Cities, *Journal of Planning Education and Research*, **38** (1) 6–12.
- Milakis, D., M. Snelder, B. van Arem und G. H. Correia (2016) Scenarios about development and implication of automated vehicles in the Netherlands, 95Th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D. C., <https://www.researchgate.net/publication/288828248> [Zugriff 03.05.2018].
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) (2008) National Motor Vehicle Crashes Causation Survey, U. S. Departement of Transportation, Washington D. C.
- Piao, J., M. McDonald, N. Hounsell, M. Graindorge, T. Graindorge und N. Malhene (2016) Public views towards implementation of automated vehicles in urban areas, *Transportation Research Procedia*, **14** 2168–2177.
- Rogers, A. (2016) Welcome to the Metastructure: The New Internet of Transportation, *Wired*, <https://www.wired.com/2016/01/the-metastructure-transportation/> [Zugriff 24.05.2018].
- Schweizerischer Bundesrat (2016) Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität», Bern.
- Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperte (SVI) (2015) Optimale Geschwindigkeiten in Siedlungsgebieten, St. Gallen.

Society of Automotive Engineers (SAE) (2013) Summary of SAE International's levels of driving automation for on-road vehicles, <https://cyberlaw.stanford.edu/files/blogimages/LevelsofDrivingAutomation.pdf> [Zugriff 24.04.2018].

Skinner, R. und N. Bidwell (2016) Making Better Places: Autonomous vehicles and future opportunities, WSP Parsons Brinckerhoff in association with Farrells, London.

Uhr, A. (2016) Automatisiertes Fahren – Herausforderung für die Verkehrssicherheit, Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), bfu-Grundlagen, Bern.

Verband der Automobilindustrie (VDA) (2015) Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren, Berlin.

Weidmann, U. (2013) System- und Netzplanung, Band 1.1, Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, Zürich.

Zahavi, Y. (1979) The 'UMOT' Project, U. S. Departement of Transportation, Washington D. C.

Zhao, H., K. Dimovitz, B. Staveland und L. Medsker (2016) Responding to Challenges in the Design of Moral Autonomous Vehicles, Paper Presentation the 2016 AAAI Fall Symposium Series, Arlington.