



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bern, 21. Dezember 2016

Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen

Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats
Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität»

O353-1246

Zusammenfassung

Vielfältige Möglichkeiten

Das Postulat 14.4169 «Auto-Mobilität. Fahren ohne FahrerIn oder Fahrer. Verkehrspolitische Auswirkungen» lädt den Bundesrat ein, dem Parlament einen Bericht über die verkehrspolitischen Auswirkungen von Roboterautos zu unterbreiten.

Die zunehmende Digitalisierung wird in den kommenden Jahren auch den Mobilitätsbereich beeinflussen. Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge und die Nutzung weiterer Möglichkeiten der digitalen Welt bieten interessante Perspektiven und haben das Potential, die Verkehrslandschaft der Schweiz in den kommenden 15 bis 25 Jahren zu verändern. Besonders interessant für eine sicherere, sauberere und effizientere Mobilität sind diese Technologien, wenn die automatisierten Fahrzeuge untereinander umfassend vernetzt sind und ihre Nutzung mit den rasch voranschreitenden weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung, der Telekommunikations- und der Internetdienste klug kombiniert wird.

Interessante Möglichkeiten für die Strasse und den öffentlichen Verkehr

Automatisierte Fahrzeuge werden den Strassenverkehr noch sicherer machen, den Verkehr verflüssigen und eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Kapazitäten ermöglichen. Für die klassischen Autnutzerinnen und -nutzer stellt die Reise mit selbstfahrenden Fahrzeugen keine «verlorene» Zeit mehr dar und sie werden von unliebsamen Tätigkeiten wie dem Parkieren oder dem Fahren auf hochbelasteten Strassen entlastet. Im Weiteren werden selbstfahrende Fahrzeuge neuen Nutzergruppen wie Betagten, Menschen mit Behinderungen und Kindern einen neuen Zugang zur (Auto)mobilität ermöglichen und die Attraktivität von Car-Sharing- und Car-Pooling-Angeboten erhöhen.

Auch für den öffentlichen Verkehr bieten selbstfahrende Fahrzeuge in Kombination mit weiteren Aspekten der digitalen Welt interessante Perspektiven für die Bereitstellung noch bedarfsgerechterer, effizienterer und kostengünstigerer Angebote. Besonders interessant sind diese Möglichkeiten für die Abdeckung der «ersten und letzten Meile» sowie für die Erschliessung des ländlichen Raums. Längerfristig könnten neue Angebotsformen wie «Sammeltaxis», Car-Sharing-Modelle und andere linien- und fahrplanunabhängige Angebote die heutigen öV-Angebote wirkungsvoll ergänzen und teilweise auch ersetzen. Die Grenzen zwischen öffentlichem und individuellem Verkehr werden sich zunehmend verwischen, gleichzeitig bieten sich neue Chancen und Möglichkeiten für die Kombination der verschiedenen Verkehrsträger. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass insbesondere die Betreiber des öffentlichen Nah- und Regionalverkehrs diese Möglichkeiten aktiv nutzen und sich erfolgreich im sich wandelnden Markt positionieren werden.

Chancen aber auch Risiken für den Ressourcenbedarf und die Umwelt

Durch die vielfältigen neuen und attraktiven Möglichkeiten wird sich das Mobilitätsniveau generell erhöhen. Zusätzlich verschärfen könnte sich die Situation, wenn die neuen Fahrzeugtechnologien schwergewichtig für den weiteren Komfortgewinn und zur Bereitstellung ergänzender Mobilitätsangebote im Individualverkehr genutzt werden: Die Auslastung der einzelnen Fahrzeuge könnte durch Leerfahrten weiter sinken und als Folge davon könnten sich die Kapazitätsprobleme auf der Strasse zusätzlich verschärfen. Ein erhöhter Flächenbedarf, eine sinkende Energieeffizienz, ein zusätzlicher Energieverbrauch und eine stärkere Belastung der Umwelt wären die Folge davon.

Ein ganz anderes Bild ergibt sich, wenn die neuen Möglichkeiten der automatisierten Fahrzeuge mit den weiteren Aspekten der digitalen Welt klug kombiniert werden und wenn die Akzeptanz der Share Economy-Ansätze stark zunimmt: Die Verflüssigung des Verkehrs, der Einsatz leichterer Fahrzeuge und vor allem das reduzierte Verkehrsaufkommen durch den verstärkten Einsatz von «Sammeltaxis» könnten den Flächen- und den Energiebedarf sowie die verkehrsbedingten Lärm- und Schadstoffemissionen spürbar senken. Es würden weniger Fahrzeuge benötigt, und der Druck auf den weiteren Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen könnte sinken. Vor allem in den Städten würde der Parkplatzbedarf abnehmen, und die frei gewordenen Flächen könnten anderen Nutzungen zugeführt werden.

Die Auswirkungen auf das künftige Verkehrsaufkommen, den Ressourcenbedarf und die Umwelt werden stark davon abhängen, 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.

Erhebliche Auswirkungen auf die Arbeitswelt

Wie in fast allen Bereichen wird die zunehmende Automatisierung auch im Mobilitätsbereich zu Veränderungen in der Arbeitswelt führen: Automatisierte Fahrzeuge werden Chauffeurinnen und Chauffeure von Lastwagen, Bussen und Taxis zunehmend ersetzen, wenn wohl auch nie vollständig. Sollte sich mit

einer umfassenden Marktdurchdringung fahrerloser Fahrzeuge im Weiteren ein umfassendes Car-Sharing und Car-Pooling durchsetzen, würden weniger Fahrzeuge benötigt. Zudem würde die Zahlungsbereitschaft für die Fahrzeuge durch den Wegfall der heute nach wie vor ausgeprägten emotionalen Bindung ans eigene Auto sinken. Beides hätte weitreichende Konsequenzen auf die Automobilindustrie und ihre Zulieferfirmen, die ihre Geschäftsfelder grundlegend neu ausrichten müssten.

Auch auf die Betreiber des öffentlichen Nah- und Regionalverkehrs könnten diese neuen technologischen Möglichkeiten und die zunehmende Vermischung des öffentlichen und des individuellen Verkehrs Auswirkungen haben. Auch sie müssten ihre Geschäftsfelder neu ausrichten.

Zentrale Aspekte noch weitgehend offen

Noch ist weitgehend offen, wie die Gesellschaft, die Politik und die Wirtschaft mit diesen neuen technologischen Möglichkeiten umgehen werden. Zudem sind auf internationaler Ebene noch verschiedene zentrale Aspekte des automatisierten Fahrens zu klären. Diese betreffen beispielsweise die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur, die Regelungen für den damit verbundenen Datenaustausch, die Anforderungen an die nötige digitale Infrastruktur, die Gewährleistung der Cyber Security und des Datenschutzes sowie die Behandlung grundlegender rechtlicher Aspekte.

Die Meinungen der Expertinnen und Experten über die Ausgestaltung dieser zentralen Aspekte des automatisierten Fahrens gehen noch weit auseinander, und es wird in jedem Fall noch eine geraume Zeit dauern, bis sich diese neuen Technologien flächig am Markt durchsetzen werden. Solange dies der Fall ist, sind keine verlässlichen Einschätzungen zu den Auswirkungen fahrerloser Fahrzeuge auf das Verkehrsaufkommen, die zukünftige Verkehrsinfrastruktur, den öffentlichen Verkehr, die Umwelt sowie die Stadt- und Raumplanung möglich. Absehbar ist derzeit einzig, dass diese neuen Technologien kommen werden und dass sie das Potential haben, die Verkehrslandschaft der Schweiz zu verändern.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	2
1. Auftrag / Inhalt des Postulats	5
2. Ausgangslage und Inhalt des Berichts	6
2.1. Das hochwertige Verkehrssystem stösst vermehrt an seine Grenzen	6
2.2. Effizienzsteigerung als Notwendigkeit.....	6
2.3. Automatisierung und Digitalisierung im Mobilitätsbereich als Chance.....	6
2.4. Inhalt des Berichts	7
3. Einbettung und mögliche Entwicklungen	8
3.1. Automatisiertes Fahren hat verschiedene Facetten.....	8
3.2. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen in der Fahrzeugtechnologie	8
3.3. Vernetzung erschliesst weiterer Potentiale	10
3.4. Kombination mit weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt.....	10
3.5. Zwei Wege für die Einführung des automatisierten Fahrens denkbar	12
3.6. Vielfältige internationale Entwicklungen.....	13
3.7. Laufende Pilotversuche weltweit	14
4. Mögliche Auswirkungen der neuen Technologien	15
4.1. Gesicherte und noch offene Auswirkungen	15
4.2. Vielfältige Auswirkungen auf den Verkehr	15
4.3. Chancen und Risiken für Umwelt und Ressourcenbedarf	18
4.4. Chancen und Risiken für Stadt- und Raumplanung.....	18
4.5. Erhebliche Auswirkungen auf die Arbeitswelt	19
4.6. Fazit – je nach Ausgestaltung unterschiedliche Auswirkungen	19
5. Herausforderungen und Handlungsbedarf.....	21
5.1. Nutzung der Potentiale als Ziel	21
5.2. Gesellschaftliche, ethische und politische Aspekte.....	21
5.3. Schaffung der technischen Voraussetzungen.....	22
5.4. Planerische und konzeptionelle Aspekte	23
5.5. Rechtssetzung.....	25
6. Vielfältige Aktivitäten des Bundes	28
6.1. Wissen generieren und verfügbar machen	28
6.2. Planerische und technische Voraussetzungen schaffen.....	28
6.3. Rechtliche Grundlagen schaffen	29
6.4. Weitere Aktivitäten.....	30
7. Antworten auf die Fragen der PostulantIn.....	31
Anhang 1: Definition der sechs Automatisierungsgrade.....	33
Anhang 2: Bereits vorhandene und absehbare technologische Entwicklungen.....	34
Anhang 3: Literaturverzeichnis	35

1. Auftrag / Inhalt des Postulats

Das Postulat 14.4169 «Auto-Mobilität. Fahren ohne Fahrerin oder Fahrer. Verkehrspolitische Auswirkungen» lädt den Bundesrat ein, dem Parlament einen Bericht über die verkehrspolitischen Auswirkungen des Roboterautos zu unterbreiten und folgende Fragen zu beantworten:

1. Wann ist mit der Markt- beziehungsweise Serienreife des Roboterautos zu rechnen?
2. Welche Auswirkungen wird das Fahren ohne Fahrerin oder Fahrer auf die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsdienstleistungen und insbesondere der SBB haben?
3. Wie gestaltet sich der Bedarf an Infrastrukturen (Strasse, Schiene), wenn die Roboterautos zum Massenverkehrsmittel werden?
4. Welche Normen sind für die Zulassung der Roboterautos in der Schweiz nötig bzw. geplant?

Der Bundesrat hat in seiner Stellungnahme vom 25. Februar 2015 festgestellt, dass detaillierte Antworten auf die gestellten Fragen noch nicht möglich sind. Er erklärte sich aber bereit, die Auswirkungen auf einer allgemeinen Ebene einzuschätzen und mögliche verkehrspolitische Auswirkungen zu skizzieren.

Der vorliegende Bericht dient diesem Zweck. Er gibt einen Überblick über aktuelle und zukünftige Entwicklungen im Zusammenhang mit der Automatisierung der Fahrzeuge und zeigt die damit verbundenen Chancen und Risiken für das Verkehrssystem der Schweiz auf. Zudem geht er auf die damit einhergehenden Herausforderungen ein und zeigt auf, wie der Bundesrat diese zu bewältigen gedenkt.

2. Ausgangslage und Inhalt des Berichts

2.1. Das hochwertige Verkehrssystem stösst vermehrt an seine Grenzen

Die Schweiz verfügt über ein dicht ausgebautes Strassennetz, einen hervorragenden öffentlichen Verkehr (öV), eine weitestgehend gesicherte Finanzierung seiner Verkehrsinfrastrukturen und eine nach wie vor hohe Versorgungssicherheit.

Dieses auch im internationalen Vergleich hoch stehende Verkehrsangebot ist aber zunehmend gefährdet: Die stets wachsende und mobilere Bevölkerung, der hohe Wohlstand und die wirtschaftliche Entwicklung des Landes führen dazu, dass das Verkehrssystem zunehmend an seine Kapazitätsgrenzen stösst. In Stosszeiten gehören überfüllte Züge und Busse inzwischen zum Alltag, und wir haben auf unseren Strassen jedes Jahr mehr Stautunden zu beklagen.

Um dieser zunehmenden Überlastung Herr zu werden, ist ein weiterer Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen unausweichlich. Dieser stösst in der dicht besiedelten Schweiz allerdings zunehmend an seine räumlichen, ökologischen, gesellschaftlichen und systemischen Grenzen.

2.2. Effizienzsteigerung als Notwendigkeit

Zur Ergänzung des weiteren Ausbaus der Verkehrsinfrastrukturen sind deshalb dringend neue, intelligente Ansätze nötig, mit denen die Funktionstüchtigkeit des Schweizer Verkehrssystems auch weiterhin gewährleistet werden kann. Die effizientere Nutzung der bestehenden Angebote stellt dabei eine Schlüsselgrösse dar.

Das heutige Verkehrssystem weist in dieser Hinsicht bedeutende Mängel auf: Unsere Autos stehen 96 Prozent der Zeit ungenutzt auf den Parkplätzen, sie sind teuer in der Anschaffung und im Betrieb, und sie sind im Pendlerverkehr mit durchschnittlich 1,1 Personen pro Fahrzeug schlecht ausgelastet. Zudem ist der motorisierte Individualverkehr fehleranfällig, und das oft emotionale Verhalten der Automobilistinnen und Automobilisten sowie ihre tageszeitlichen Gewohnheiten erschweren eine optimale Nutzung der verfügbaren Kapazitäten.

Auch der öffentliche Verkehr ist über den Tag gesehen durchschnittlich nur gerade zu rund 30 Prozent¹ ausgelastet, und er weist sowohl im schienen- als auch im strassengebundenen Verkehr einen Kostendeckungsgrad von unter 50 Prozent aus [BfS 2016]. Dies im Gegensatz zum motorisierten Individualverkehr und zum Schwerverkehr, die ihre Kosten zu 90 Prozent respektive über 97 Prozent decken [BfS 2016].

2.3. Automatisierung und Digitalisierung im Mobilitätsbereich als Chance

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge bietet Chancen, die Sicherheit des Strassenverkehrs weiter zu erhöhen und die verfügbaren Kapazitäten besser zu nutzen.

Ein weit grösseres Potential ergibt sich, wenn diese neue Technologie intelligent mit den rasch wachsenden weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt kombiniert wird. Darunter fallen beispielsweise die Verfügbarkeit und die Auswertungsmöglichkeiten immer grösserer Datenmengen oder die rasch voranschreitende Verbreitung von Internetdiensten. Die dadurch ermöglichte bessere Bündelung der Nachfrage sowie die Bereitstellung noch flexiblerer, bedarfsgerechterer und kostengünstigerer Mobilitätsangebote haben das Potential, das Verkehrssystem der Schweiz zu verändern und weiterzubringen.

In vollem Umfang können diese Potentiale allerdings nur ausgeschöpft werden, wenn die Verkehrsteilnehmenden zu weitgehenden Verhaltensänderungen bereit sind. Dies betrifft insbesondere die heutigen Nutzerinnen und Nutzer von Autos: Sie müssten dazu bereit sein, die Fahrzeuge in Zukunft vermehrt zusammen mit anderen Personen zu nutzen und auf einen Teil ihrer persönlichen Autonomie zu verzichten. Gelingt es nicht, entsprechend attraktive Angebote bereit zu stellen und stehen der persönliche Komfortgewinn und die Schaffung ergänzender Angebote im Individualverkehr im Vordergrund, können selbstfahrende Fahrzeuge die bestehenden Kapazitätsprobleme im Strassenverkehr zusätzlich verschärfen.

¹ Fernverkehr

2.4. Inhalt des Berichts

Der vorliegende Bericht ist wie folgt strukturiert:

- In Kapitel 3 werden die aktuellen und die künftigen technologischen Entwicklungen zum automatisierten Fahren aufgelistet. Das Zusammenspiel der dafür nötigen Fahrzeugtechnologie mit den weiteren Möglichkeiten der rasch voranschreitenden Digitalisierung wird dargestellt, und es wird ein Überblick zur laufenden internationalen Entwicklungen gegeben.
- Kapitel 4 umfasst eine erste Einschätzung der möglichen Auswirkungen dieser Entwicklungen auf die Schweiz. Es zeigt auf, dass diese Auswirkungen je nach Nutzung und Marktdurchdringung der neuen technologischen Möglichkeiten sehr unterschiedlich sein können.
- In Kapitel 5 werden die damit verbundenen Herausforderungen, die offenen Fragen in Bezug auf die gesellschaftlichen, ethischen und politischen Aspekte, die Schaffung der technischen Voraussetzungen, die planerischen und konzeptionellen Aspekte sowie die rechtlichen Voraussetzungen aufgelistet.
- Kapitel 6 gibt einen Überblick über die Massnahmen, die der Bund bereits eingeleitet hat, um diesen Herausforderungen zeitgerecht begegnen zu können.
- Kapitel 7 fasst die Erkenntnisse zusammen und beantwortet – soweit dies aufgrund des derzeitigen Wissensstandes möglich ist – die konkreten Fragen der Postulantin.

3. Einbettung und mögliche Entwicklungen

3.1. Automatisiertes Fahren hat verschiedene Facetten

Grundvoraussetzung für das automatisierte Fahren ist das Vorhandensein der dafür nötigen Fahrzeugtechnologie. Sie ermöglicht die teilweise oder vollständige Übernahme der Fahrzeugführung durch technische Systeme. Weit grössere Möglichkeiten ergeben sich, wenn die automatisierten Fahrzeuge umfassend untereinander und mit der Infrastruktur vernetzt sind und wenn sie unter Einbezug der weiteren Errungenschaften der Digitalisierung, der Telekommunikations- und der Internetdienste klug genutzt werden.

Durch den permanenten Austausch von Informationen untereinander und mit der Infrastruktur können sich solche Fahrzeuge beispielsweise gegenseitig vor Gefahren warnen, näher hintereinander fahren, Staus ausweichen und die verfügbaren Strassenkapazitäten effizienter nutzen als heute. Werden diese Technologien zusätzlich mit den rasch ansteigenden Möglichkeiten aus der Verfügbarkeit und den Auswertungsmöglichkeiten immer grösserer Datenmengen sowie aus den vielfältigen Internetdiensten sinnvoll kombiniert, ergeben sich daraus neue Angebotsformen und Geschäftsmodelle (vgl. Abbildung 1).

Entsprechend sind für die Einschätzung der Auswirkungen des automatisierten Fahrens die drei Ebenen «Fahrzeugtechnologie», «Vernetzung» und «Kombination mit den weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt» in die Betrachtung mit einzubeziehen.



Abbildung 1: Erst die Ergänzung mit einer umfassenden Vernetzung und mit den weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung, der Telekommunikations- und der Internetdienste erschliesst das ganze Potential des automatisierten Fahrens.

3.2. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen in der Fahrzeugtechnologie

Gegenwärtig entwickeln und testen grosse Automobilhersteller sowie Firmen aus der IT-Branche umfassende neue Technologien für das automatisierte Fahren. Starker Treiber dafür war die Firma Google. Google testete bereits vor 2010 vollautomatisierte Fahrzeuge und präsentierte 2014 mit Fahrzeugen ohne Steuerrad und ohne Pedale völlig neue und revolutionäre Ansätze.

Demgegenüber unterscheidet die Automobilindustrie zwischen teil-, hoch- und vollautomatisierten (selbstfahrenden) Fahrzeugen. Ein teil- und hochautomatisiertes Fahrzeug kann in klar definierten Situationen die Führung ganz oder teilweise übernehmen und diese auch wieder an die Fahrerin oder den Fahrer zurückgeben. Im Gegensatz dazu verkehren vollautomatisierte Fahrzeuge jederzeit vollkommen selbständig. Der daraus resultierende Automatisierungsgrad eines Fahrzeugs kann in sehr unterschiedlichen Ausprägungen erfolgen und wird in sechs Stufen – von «nicht automatisiert» bis «vollautomatisiert» – unterteilt (vgl. Anhang 1).

Einige dieser Technologien, die sogenannten Fahrassistenzsysteme, sind bereits heute standardmässig in zahlreichen Fahrzeugen eingebaut und unterstützen die Fahrerin oder den Fahrer beim Fahren. Dazu gehören beispielsweise der Abstandsregeltempomat oder der Spurhalteassistent. Diese Techno-

logien werden ständig weiterentwickelt und mit zusätzlichen Funktionalitäten erweitert. Mit dem sogenannten Stauassistenten steht bereits heute ein teilautomatisiertes System zur Verfügung. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus einem Abstandsregeltempomat und einem Spurhalteassistenten, mit der das Auto im zähfließenden Verkehr automatisch geführt wird. Die Fahrerin oder der Fahrer muss das System «lediglich» überwachen und nur im Bedarfsfall eingreifen.

Die Automatisierung der Fahrzeuge wird in den kommenden Jahren weiter voranschreiten. Bereits heute befinden sich verschiedene vollautomatisierte Fahrzeuge in der Testphase. Derzeit sind folgende weitere technologische Fahrzeugentwicklungen absehbar:

- **Automatisiertes und fahrerloses Parken (Valet-Parking)**

Schon heute führen teilautomatisierte Systeme beim Parken sowohl das Lenken als auch das Beschleunigen und das Bremsen automatisch durch. Der Fahrerin oder dem Fahrer kommt dabei lediglich noch eine Überwachungsfunktion zu.

Das sogenannte Valet-Parking stellt die Weiterentwicklung dieses teilautomatisierten Systems dar. Mit dieser Technologie kann die Fahrerin oder der Fahrer nach Erreichen des Fahrtziels das Fahrzeug verlassen und es an einem vorgegebenen Parkplatz eigenständig einparken lassen.

In einer noch weitergehenden Entwicklung fährt das Fahrzeug eigenständig zu einem beliebigen freien Parkfeld in der Nähe des Zielortes und holt die Passagierin oder den Passagier von dort aus auch wieder eigenständig ab.

- **Platooning**

Fahrzeuge mit einem einheitlichen Kommunikationsstandard können durch Vernetzung untereinander zu einem virtuellen Gespann gekoppelt werden («Platooning»). Alle im «Platoon» fahrenden Fahrzeuge folgen einander in minimalem Abstand. «Gesteuert» werden sie vom Fahrzeug an der Spitze. Das Platooning-Fahren kann für den strassengebundenen Personen- und Güterverkehr in Frage kommen. Aus wirtschaftlichen Überlegungen dürfte diese Entwicklung vor allem für den Güterverkehr von Interesse sein.

- **Automatisiertes Fahren auf Autobahnen und auf Überlandstrassen**

In einem hochautomatisierten System übernimmt das Auto die komplette Fahrfunktion auf den Autobahnen. In einer ersten Entwicklungsstufe muss die Fahrerin oder der Fahrer nur noch dann eine Kontrollfunktion wahrnehmen, wenn das System sie / ihn mit einer ausreichenden Zeitreserve dazu auffordert². Ist sie / er dazu nicht in der Lage, nimmt das Fahrzeug selbständig einen sicheren Zustand ein.

In einer weiteren Entwicklungsstufe muss die Fahrerin oder der Fahrer überhaupt keine Kontrollfunktion mehr wahrnehmen. Das System koordiniert die sichere Übergabe des Fahrzeuges an die Fahrerin oder den Fahrer am Ende der Autobahn oder in kritischen Situationen. Ist dies nicht möglich, überführt das System das Fahrzeug an einen sicheren Ort und bringt es dort eigenständig zum Stehen.

- **Fahrerlose Fahrzeuge**

Am Ende der Entwicklungskette stehen die Fahrzeuge (Auto, Bus, Lastwagen), die jederzeit alle Fahrfunktionen übernehmen: sie fahren, parkieren und kümmern sich von selbst um die notwendige Energiezufuhr. Eine Fahrerin oder ein Fahrer ist nicht mehr notwendig, alle Insassen sind Reisende. Bei diesen Fahrzeugen geht es ausschliesslich um den sicheren und zuverlässigen Transport der Reisenden oder der Waren von A nach B. Solche Fahrzeuge können auch ohne Steuerrad und Pedale auskommen und im komplexen städtischen Strassennetz eingesetzt werden³.

² Beispielsweise, wenn bei Schneefall oder starkem Regen eine sichere automatische Steuerung des Fahrzeuges nicht mehr gewährleistet ist.

³ Zum Beispiel das laufende Pilotprojekt «SmartShuttle» der PostAuto Schweiz AG in Sion (vgl. Kapitel 3.7).

3.3. Vernetzung erschliesst weitere Potentiale

Bereits heute erzeugen die Fahrzeuge sehr viele Daten. Diese werden aber proprietär behandelt; der Austausch dieser Daten beschränkt sich meist auf den jeweiligen Fahrzeughersteller. Und das soll nach Auffassung einiger Autohersteller auch so bleiben.

Diese Haltung missachtet, dass die umfassende Vernetzung selbstfahrender (und herkömmlicher) Fahrzeuge untereinander (Car to Car Communication «C2C») sowie mit der Infrastruktur (Car to Infrastructure «C2X») ein beträchtliches Potential für eine deutlich effizientere Nutzung der vorhandenen Kapazitäten und Angebote bietet. Dadurch ergeben sich vielfältige Möglichkeiten:

- Durch den Austausch sicherheitsrelevanter Daten zwischen allen Fahrzeugen beispielsweise über Bremsvorgänge könnte die Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden noch einmal substantiell erhöht werden. Die Abstände zwischen den Fahrzeugen könnten minimiert und so die Kapazität einer Strasse erhöht werden.
- Die Fahrzeuge könnten zu einem virtuellen und platzsparenden «Gespann» vernetzt werden (Platooning, siehe Kapitel 3.2).
- Durch die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur könnten die bestehenden Strassen, wie beispielsweise die Kreuzungen in städtischen Bereichen, effizienter genutzt werden. Fahrzeuge könnten automatisch über freie Parkfelder informiert werden, und Informationen eines Netzbetreibers über empfohlene Umfahrungsrouten und Geschwindigkeitsvorgaben könnten direkt ins Fahrzeug eingespeist werden.
- Dank der Vernetzung würden mehr und genauere Informationen über den aktuellen Verkehrszustand vorliegen. Die absehbaren Reisezeiten könnten verlässlicher als heute eingeschätzt und das Strassennetz sowohl für das private Auto als auch für den strassengebundenen öffentlichen Verkehr effizienter bewirtschaftet werden.

Ob, wie schnell und in welchem Umfang diese Vernetzung in Zukunft zum Tragen kommen wird, ist derzeit noch weitgehend offen (vgl. Kapitel 5.3).

3.4. Kombination mit weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt

Durch die Kombination hochentwickelter Fahrzeugtechnologien mit den weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung, der Telekommunikations- und der Internetdienste können bestehende Verkehrsangebote markant verbessert werden, und es könnten völlig neue Angebote entstehen. Dies betrifft insbesondere drei Bereiche:

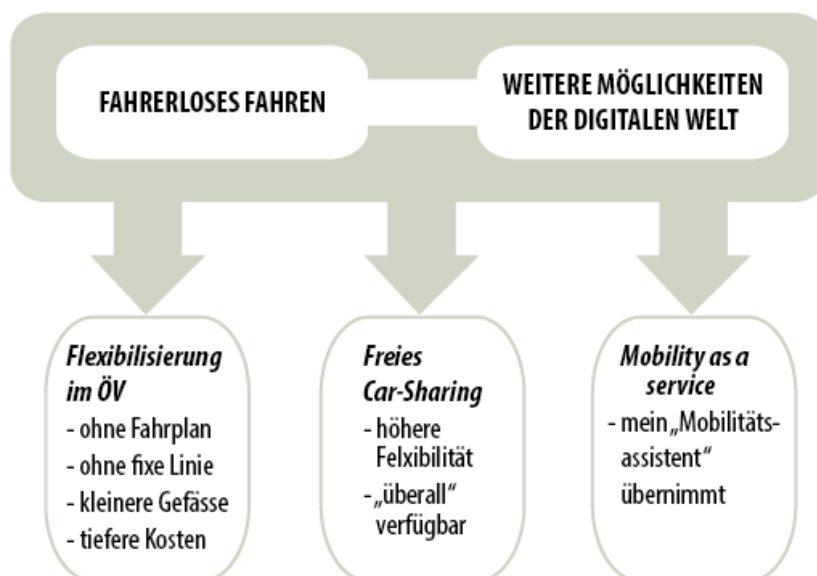


Abbildung 2: Kombination automatisierter Fahrzeuge mit den weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt ermöglicht die Schaffung neuer Angebotsformen und Geschäftsmodelle.

- **Flexibilisierung / Individualisierung des öffentlichen Verkehrs**

Es ist denkbar, dass in einem bestimmten Gebiet zukünftig fahrerlose Fahrzeuge ohne fixen Fahrplan und ohne vordefiniertes Liniennetz verkehren werden. Die in Echtzeit eingegangenen Bestellungen der Nutzer bestimmen den Zeitpunkt und die Route der Fahrt. Diese werden von einem übergeordneten Rechner koordiniert, optimiert und gesteuert. Die Nutzerin oder der Nutzer bestellt die gewünschte Fahrt beispielsweise über eine App und erhält über diese auch den Ort und den Zeitpunkt der möglichen Abfahrt.

Selbstfahrende Fahrzeuge in Kombination mit weiteren Aspekten der digitalen Welt ermöglichen eine flexiblere und individuellere Ausgestaltung der öV-Angebote. Im Idealfall haben sich die Kundinnen und Kunden in einer fernerer Zukunft nicht mehr an der angebotenen Linienführung und dem Fahrplan des öffentlichen Verkehrs auszurichten, sondern die Linienführung und die Abfahrtszeiten richten sich umgekehrt an den Bedürfnissen der Kundinnen und Kunden aus.

Bereits kurz- bis mittelfristig sind diese Technologien für eine bessere und effizientere Abdeckung der «ersten und letzten Meile»⁴ von Interesse. Aber auch im ländlichen Raum dürften die neuen Technologien die Bereitstellung kostengünstigerer und bedarfsgerechterer Angebote ermöglichen – mit entsprechend positiven Auswirkungen auf den Kostendeckungsgrad.

- **Weiterentwicklung des Car-Sharings und des Car-Poolings**

In eine vergleichbare Richtung geht die mögliche Weiterentwicklung der bereits bestehenden Car-Sharing- und Car-Pooling-Angebote. Diese könnten durch die Kombination von fahrerlosen Fahrzeugen mit den weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt gegenüber heute an Attraktivität gewinnen. Die konsequente Nutzung dieser Möglichkeiten ermöglicht eine effiziente Bündelung der oft ähnlichen Nachfragemuster, das bedarfsgerechte Bereitstellen unterschiedlicher Fahrzeugarten wie beispielsweise Fahrzeuge mit einer bedürfnisgerechten Büroausrüstung oder einem attraktiven Unterhaltungsangebot sowie die direkte Bestellung und Bezahlung dieser Angebote mittels einer App.

Wie gross das (theoretische) Bündelungspotential der bestehenden Mobilitätsbedürfnisse in grossstädtischen Räumen ist, zeigen Simulationen aus den USA [Burns 2013]. Gemäss diesen könnte die Anzahl der benötigten Fahrzeuge gegenüber heute um bis zu 90 Prozent gesenkt werden, wenn der gesamte gegenwärtige Verkehr allein durch selbstfahrende «Sammeltaxis» bewältigt würde. Studien der ETH Zürich [Bösch 2015] für den Grossraum Zürich bestätigen dieses Ergebnis.

Die fahrerlosen Fahrzeuge sind im Betrieb voraussichtlich kostengünstiger als beispielsweise ein Taxi, befreien die Nutzerin oder den Nutzer vom selber fahren und ersparen ihr oder ihm gegenüber den bereits existierenden Car-Sharing-Angeboten das lästige Abholen und Zurückbringen des Fahrzeugs an seinen Ausgangspunkt⁵. Dabei wird es den Nutzerinnen und Nutzern weiterhin möglich sein, das Fahrzeug je nach Präferenz mit anderen zu teilen oder alleine zu nutzen. Im Weiteren ergänzen sich attraktive Car-Sharing- und Pooling-Angebote ideal mit dem öffentlichen Verkehr und bieten bei der Feinerschliessung eine Alternative zu schlecht ausgelasteten Regionalzügen.

Wie die bereits betriebene Fahrvermittlungs-Plattform der Firma Uber zeigt, sind solche Angebote auch ohne automatisierte Fahrzeuge denkbar. Die automatisierten Fahrzeuge erweitern aber beispielsweise durch das bereits beschriebene Bereitstellen flexiblierter öV- oder Car-Sharing-/Pooling-Angebote den Umfang und die Qualität solcher Angebote.

- **«Mobility as a Service»**

Mit dieser Entwicklung wird eine Nutzerin oder ein Nutzer bei der Abwicklung der Mobilität im umfassenden Sinne von einem oder mehreren zentralen Mobilitätsanbietern unterstützt. Die

⁴ Vgl. dazu das derzeit laufende Pilotprojekt «SmartShuttle» der PostAuto Schweiz AG in Sion (Kapitel 3.7).

⁵ Mit «Catch a Car» wurde im August 2014 ein neues, stationsungebundenes Carsharing-Angebot lanciert. Nach dem erfolgreichen Pilot in Basel wurde das Angebot auf Genf ausgeweitet. Unabhängig davon bietet Mobility neu auf bestimmten Relationen auch one-way-Fahrten an.

Nutzerin oder der Nutzer gibt den gewünschten Zielort, die gewünschte Ankunftszeit und allenfalls weitere Präferenzen in seinen «persönlichen Mobilitätsassistenten» ein. Der Mobilitätsanbieter schlägt der Nutzerin oder dem Nutzer unter Berücksichtigung der besonderen Wünsche, der aktuellen Verkehrssituation und der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel die optimale Wegekette von Tür zu Tür vor. Dabei können ganz unterschiedliche Verkehrsmittel und –träger zum Einsatz kommen. Die Nutzerin oder der Nutzer wählt das Angebot, das ihr / ihm am besten passt und lässt sich von seinem Mobilitätsassistenten ans Ziel lotsen.

Der Mobilitätsanbieter sammelt im Rahmen des rechtlich zulässigen alle nötigen Informationen, sucht für die Reisende oder den Reisenden das optimale Angebot und nimmt ihr / ihm die Reservation und die Bezahlung der einzelnen Teilangebote ab. Es ist auch denkbar, dass sich ein Teil der dafür nötigen Fahrzeugflotte im Besitz solcher Mobilitätsanbieter befindet. Selbstfahrende Fahrzeuge können Teil dieser Flotte sein.

3.5. Zwei Wege für die Einführung des automatisierten Fahrens denkbar

Die vielfältigen technologischen Möglichkeiten können sehr unterschiedlich ausgestattet und genutzt werden. In Zusammenhang mit der Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen werden derzeit zwei grundsätzliche Herangehensweisen diskutiert:

- Das **«evolutionäre Szenario»** geht von einer stetigen Weiterentwicklung der Fahrassistenzsysteme bis hin zum selbstfahrenden Fahren aus. Das Steuerrad und die Pedale bleiben in naher und mittlerer Zukunft Bestandteil des Fahrzeugs. Die FahrerIn oder der Fahrer kann die Kontrolle über das Fahrzeug auch weiterhin jederzeit übernehmen. Der «Spas am Fahren» bleibt weiter möglich und die Bindung ans eigene Auto wird aufrechterhalten.

Bei diesem Szenario, das insbesondere die etablierte Automobilindustrie verfolgt, stehen der Komfortgewinn und die Erhöhung der Sicherheit im Vordergrund. Der FahrerIn oder dem Fahrer sollen die «unliebsamen» Tätigkeiten wie die Parkplatzsuche oder das Fahren auf dicht belasteten Autobahnen abgenommen werden, und sie sollen bei Bedarf während der Reise anderen Tätigkeiten nachgehen können. Auch die Nutzung der vorgängig beschriebenen Möglichkeiten der Vernetzung und der weiteren digitalen Welt dienen in erster Linie dem Komfortgewinn. Weitergehende Nutzungen wie die Bündelung der Nachfrage in «Sammeltaxis» oder die Bereitstellung «individualisierter» öV-Angebote sind zwar möglich, sie stehen bei diesem Szenario aber nicht im Vordergrund.

Der Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass sich diese Fahrzeuge in einem sukzessiven Prozess an das Umfeld, die Nutzerinnen und Nutzer sowie die Betreiber der verschiedenen Infrastrukturen und Dienste anpassen können.

- Dem steht das **«revolutionäre Szenario»** gegenüber. Dieses sieht einen direkten Sprung vom heutigen Verkehrsgeschehen mit «herkömmlichen» Fahrzeugen zu den fahrerlosen Fahrzeugen vor. Im Vordergrund stehen die Vermeidung von Unfällen, die möglichst optimale Nutzung der verschiedenen Verkehrsangebote und die Reduktion der CO₂-Emissionen. Bei diesem Szenario wird die Nutzung der Fahrzeuge fundamental verändert: Der Spas am selber fahren spielt keine Rolle mehr – es geht ausschliesslich um die möglichst komfortable, sichere und idealerweise auch ökologische Reise von A nach B. Dazu sollen die Fahrzeuge umfassend vernetzt und die weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt konsequent genutzt werden.

Treiber dieses Szenario sind vor allem automobilfremde Technologiefirmen wie Google.

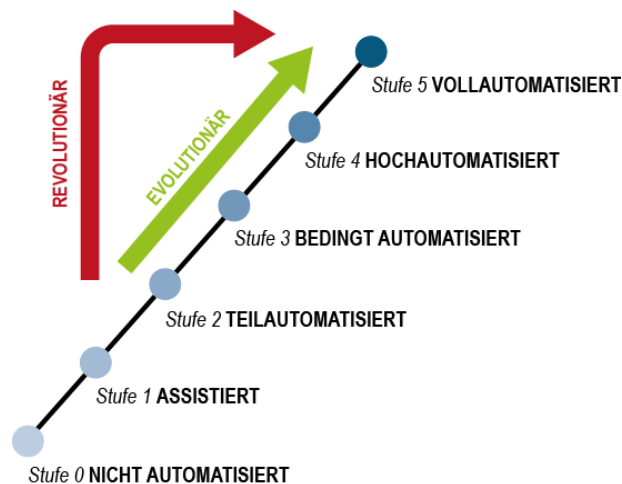


Abbildung 3: Evolutionäres und revolutionäres Szenario.

Welches dieser beiden Szenarien sich durchsetzen wird, ist derzeit noch offen. Diese Frage dürfte maßgebend davon abhängen, wie rasch fahrerlose Fahrzeuge der Stufe 5 verfügbar sind und wie die Gesellschaft diese neuen technologischen Möglichkeiten nutzen will.

Am wahrscheinlichsten erscheint aus heutiger Sicht eine orts- und nutzergruppenspezifische Kombination der beiden Szenarien. So ist es sehr wohl denkbar, dass beispielsweise für neue Nutzergruppen wie Betagte oder Menschen mit Behinderungen im ländlichen Raum und für junge urbane Pendler das revolutionäre Szenario zum Tragen kommt, während sich die heutigen «klassischen» Autonutzerinnen und -nutzer eher am evolutionären Szenario orientieren werden.

3.6. Vielfältige internationale Entwicklungen

Der von Google aufgezeigte revolutionäre Zug bewegt sich immer schneller. Weitere Neulinge in der Fahrzeugherstellung sind aufgesprungen: Etwa Uber, die offensiv ihre Strategie ohne Fahrer propagiert und seit dem 14. September 2016 in Pittsburgh, Pennsylvania, entsprechende Fahrzeuge einsetzt oder Faraday Future, die Anfang 2016 ein Experimentalfahrzeug präsentierte. Tesla hat gezeigt, dass auch nicht etablierte Hersteller Fahrzeuge kommerziell bauen können und verkauft die Automatisierung ihrer Fahrzeuge bereits heute als Softwareoption.

Einzelne Bundesstaaten der USA haben auf Basis der Vorgaben der amerikanischen Bundesbehörde [NHTSA 2013] erste Bewilligungen für Versuche mit vollautomatisiertem Fahren erteilt. Kalifornien hat dazu ein relativ restriktives Regelwerk geschaffen. Die US-Bundesbehörden lassen derzeit einen Vorschlag für eine Gesamtregelung vernehmlassen [US DOT 2016].

Grossbritannien hat 2015 Grundsätze vorgelegt, wie vollautomatisiertes Fahren unter ihren jetzigen gesetzlichen Vorgaben ohne Bewilligung möglich ist [UK DfT 2015].

Deutschland hat Ende 2015 entsprechend ihrer 2015 veröffentlichten Strategie ein «Digitales Testfeld Autobahn» gestartet [BMVI 2015]. Diese Strategie postuliert u.a., dass das Wiener Übereinkommen für den Strassenverkehr⁶ (vgl. dazu Kapitel 5.5) so anzupassen sei, dass Computer auch Fahrerin oder Fahrer sein können.

Die EU hat gemeinsam mit allen Interessierten einen ersten Bericht zu vernetzten und kooperativen Fahrzeugen erarbeitet [C-ITS 2016]. In diesem wird u.a. die Wichtigkeit von Cyber Security und des Datenschutzes betont. In einem weiteren Schritt soll automatisiertes Fahren in den Strategiebericht der EU integriert werden.

⁶ SR 0.741.10

3.7. Laufende Pilotversuche weltweit

Zum vollautomatisierten Fahren existieren bereits zahlreiche Pilotversuche. Auf öffentlichen Strassen ist aber noch immer eine Fahrerin oder ein Fahrer nötig. Deshalb musste auch Google seine Fahrzeuge in den USA mit Pedalen und Steuerrad nachrüsten. Grossbritannien hat dank seiner speziellen Gesetzgebung für Versuche mit vollautomatischen Fahrzeugen ein einfaches Regelwerk aufstellen können und erlaubt unter gewissen Bedingungen einen Teleoperator, also eine Fahrerin oder einen Fahrer, die / der das Fahrzeug fernsteuert. Deutschland will mit seinem «Digitalen Testfeld Autobahn» das Testen verschiedenster automatisierter Fahrzeuge ermöglichen. In Göteborg (Schweden) untersucht Volvo auf definierten öffentlichen Strassen das Zusammenspiel vollautomatischer Fahrzeuge mit dem konventionellen Verkehr. Die Niederlande möchten grenzüberschreitendes Platooning fördern. Finnland arbeitet seit längerem an Konzepten für «Mobility as a Service». Die EU will die sogenannte Plattform für Kooperative Systeme (C-ITS) ausbauen und sich vermehrt in automatisiertem Fahren engagieren und ihre Diskussionen mit allen Beteiligten weiterführen.

Die obige Aufstellung zeigt einige der vielversprechendsten Aktivitäten weltweit. Aber auch die Schweiz steht dem in Nichts nach: Die EPFL hat fahrerlose Kleinbusse untersucht und präsentiert [EPFL 2015]. Das UVEK hat der Swiscom 2015 eine befristete Versuchsbeurteilung für vollautomatisches Fahren auf bestimmten öffentlichen Strassenabschnitten erteilt [ASTRA 2015]. Eine weitere befristete Versuchsbeurteilung hat das UVEK im Juni 2016 der PostAuto Schweiz AG erteilt. Diese ist besonders interessant, weil zwei Kleinbusse ohne Pedale und Steuerrad im Stadtzentrum von Sion auf einer vorgegebenen Strecke Personen transportieren [PostAuto 2016]. Dieser Versuch deckt zentrale Aspekte der unter Kapitel 3.2 und 3.4 beschriebenen Möglichkeit «Fahrerlose Fahrzeuge» und «Flexibilisierung / Individualisierung des öffentlichen Verkehrs» ab.

4. Mögliche Auswirkungen der neuen Technologien

4.1. Gesicherte und noch offene Auswirkungen

Noch gehen die Expertenmeinungen über die Einschätzung der möglichen Auswirkungen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren weit auseinander.

Als gesichert kann davon ausgegangen werden, dass das automatisierte Fahren Realität werden wird, und dass es interessante Perspektiven für den Verkehrsträger Strasse bietet: Die Nutzung des Autos wird noch einmal komfortabler und sicherer, neuen Nutzergruppen wird der Zugang zur Mobilität erleichtert und automatisierte Fahrzeuge ermöglichen durch geringere Abstände und eine umfassende Kommunikation untereinander eine effizientere Ausnutzung der verfügbaren Kapazitäten. Wie stark diese positiven Auswirkungen ausfallen werden, hängt in erster Linie von der Marktdurchdringung der neuen Technologien und Angebote ab.

Demgegenüber sind die Auswirkungen auf die zentralen Einflussfelder Verkehrsaufkommen, Flächenbedarf und Energieeffizienz noch weitgehend offen: Werden die Rahmenbedingungen entsprechend gesetzt und die Möglichkeiten dieser neuen Technologien zielgerichtet genutzt, sind in diesen Bereichen Verbesserungen möglich. Stehen allerdings die Komfortgewinne und die Bereitstellung neuer Angebotsmöglichkeiten im Individualverkehr einseitig im Vordergrund, kann das automatisierte Fahren zu Mehrverkehr führen und genau das Gegenteil bewirken.

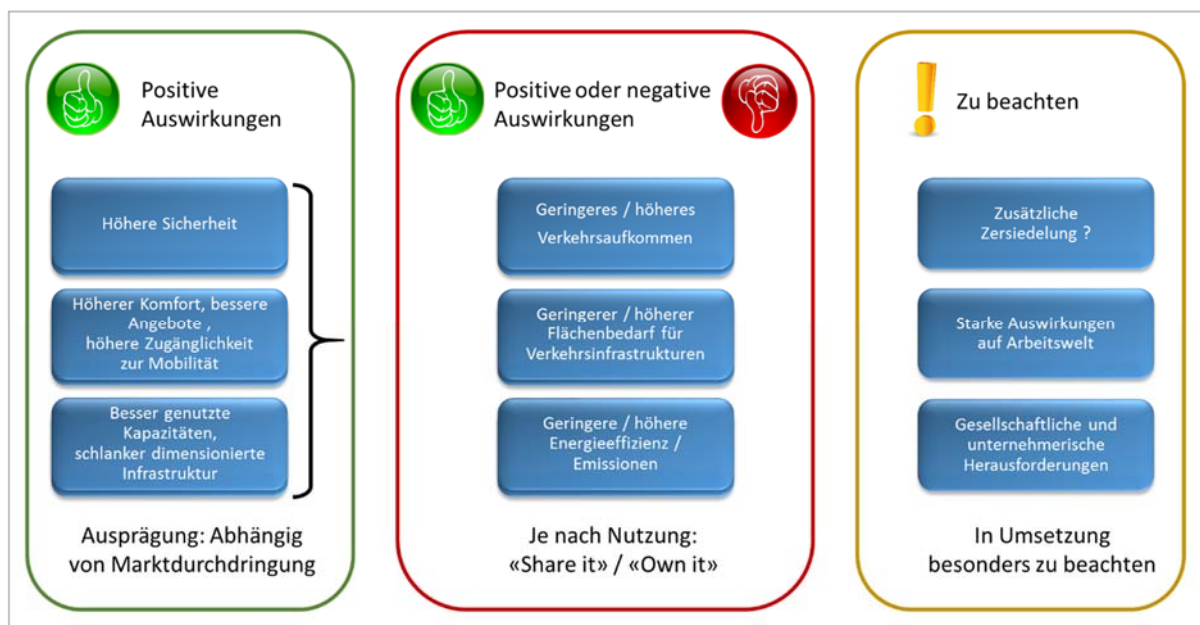


Abbildung 4: Übersicht über die möglichen Auswirkungen des automatisierten Fahrens und der weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt.

4.2. Vielfältige Auswirkungen auf den Verkehr

Deutliche Erhöhung der Strassenverkehrssicherheit

Experten gehen davon aus, dass aktuell über 90 Prozent der Verkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind. Mit selbstfahrenden Fahrzeugen fällt dieses Risiko weg.

Bereits auf dem Weg zu den vollautomatisierten Fahrzeugen werden zusätzliche Fahrassistenzsysteme zu einer weiteren Erhöhung der Verkehrssicherheit führen. Die vollständige Automatisierung und die umfassende Vernetzung der Fahrzeuge werden zu einer weiteren Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen. Eine hundertprozentige Sicherheit werden aber auch diese Technologien nicht gewährleisten können.

Bessere Ausnutzung der bestehenden Kapazitäten

Selbstfahrende Fahrzeuge garantieren jederzeit ein korrektes, optimiertes und nicht von Emotionen beeinflusstes Fahrverhalten. Auf hoch belasteten Strassen steht nicht mehr der persönliche Zeitgewinn zu

Lasten anderer im Vordergrund, sondern die optimale Nutzung der verfügbaren Kapazitäten. Im Weiteren ermöglichen diese Technologien einen geringeren Abstand zwischen den Fahrzeugen als dies heute möglich ist. Entsprechend gross ist das Potential selbstfahrender Fahrzeuge, den Verkehrsfluss auf Autobahnen und Überlandstrassen zu verbessern und die bestehende Infrastruktur effektiver und effizienter zu nutzen als heute. Am grössten ist dieses Potential, wenn die Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur umfassend vernetzt sind.

Das Ausmass dieser kapazitätssteigernden Wirkung hängt stark von der Marktdurchdringung der selbstfahrenden Fahrzeuge ab: Je stärker diese ist, desto grösser die Wirkung. In einer Übergangsphase ist davon auszugehen, dass die Wirkung je nach Strassentyp und Lage der Strasse sehr unterschiedlich sein wird. So ist es beispielsweise denkbar, dass auf Autobahnen und Überlandstrassen (fast) ausschliesslich selbstfahrende Fahrzeuge zum Einsatz kommen, während im städtischen Raum oder auf Nebenstrassen auch längerfristig ein hoher Anteil an selbstgesteuerten Fahrzeugen verkehren wird.

Bei einer vollständigen Marktdurchdringung selbstfahrender Fahrzeuge sind substantielle Verbesserungen in der Nutzung der verfügbaren Kapazitäten möglich. So ist es beispielsweise denkbar, dass auf der bestehenden Verkehrsfläche einer Autobahn für die präzise gesteuerten und permanent untereinander kommunizierenden Fahrzeuge ohne Erweiterung der bestehenden Infrastruktur zusätzliche Fahrspuren angeboten werden können und dass diese je nach Lastrichtung des Verkehrs den jeweiligen Verkehrsflüssen flexibler zugeordnet werden können als heute. Auch die Kapazitäten von Strassen und insbesondere von Kreuzungen im Siedlungsraum können durch den vollumfänglichen Einsatz solcher Fahrzeuge spürbar erhöht werden. Ob diese Entwicklung in dieser Form eintritt, ist allerdings offen. Und bis es so weit ist, wird es in jedem Fall noch eine geraume Zeit dauern. Im Weiteren werden selbstfahrende Fahrzeuge die Verkehrsinfrastruktur im Siedlungsraum auch langfristig mit Fussgängern, Fahrrädern, Motorrädern und anderen nicht automatisierten Fahrzeugen teilen müssen.

Die quantifizierten Einschätzungen dieser Auswirkungen gehen noch weit auseinander. Sie sind Gegenstand laufender Untersuchungen. Es kann jedoch von einer signifikanten Wirkung ausgegangen werden.

Reduzierte Dimensionierung und Ausrüstung der Strasseninfrastruktur

Selbstfahrende Fahrzeuge passen sich den Strassen optimal an. Auf Strassen, auf denen ausschliesslich selbstfahrende Fahrzeuge verkehren, ermöglicht dies beispielsweise für die Bemessung der Fahrbahnbreiten oder der Kurvenradien die Anwendung reduzierter Dimensionierungsgrundsätze [Maurer 2015]. Ähnliches gilt für die Dimensionierung der Parkplätze. Diese können dank der Automatisierung der Fahrzeuge raumsparender ausgestaltet werden. Einerseits weil die Fahrzeuge für die Fahrmanöver weniger Platz benötigen und andererseits weil kein Platz mehr für das Ein- und Aussteigen erforderlich ist.

Auch bei der technischen Ausstattung der Strassen sind Einsparungen möglich. So kann in Zukunft auf eine physische Beschilderung und auf Lichtsignalanlagen bei Knoten weitgehend verzichtet werden, indem die nötigen Informationen direkt ins Fahrzeug eingespeist werden. Dies ist allerdings erst möglich, wenn auf den betroffenen Strassen keine konventionellen Fahrzeuge mehr verkehren und eine verlässliche Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sichergestellt ist. Auch das dürfte noch geraume Zeit dauern. Im Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass auf den Strassen im Siedlungsraum auch in Zukunft Fussgänger, Radfahrer und andere nicht automatisierte Fahrzeuge unterwegs sein werden.

Unklare Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen und die Nutzung der Fahrzeuge

Mit der Automatisierung der Fahrzeuge und den weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt werden die Menschen zukünftig voraussichtlich noch mobiler sein als heute. Die Reise in einem selbstfahrenden Fahrzeug kann für persönliche Tätigkeiten genutzt werden und muss keine «verlorene» Zeit mehr darstellen. Verzichtet zudem ein wachsender Teil der Bevölkerung in Zukunft auf den Besitz eines eigenen Fahrzeugs, wird die Mobilität kostengünstiger als heute. Längere und häufigere Fahrten können die Folge davon sein. Im Weiteren werden mit diesen neuen Möglichkeiten auch neue Nutzergruppen wie Betagte, Menschen mit Behinderungen und Kinder automobil. Auch die Nutzung selbstfahrender Fahr-

zeuge als «erweiterter Wohnraum», als «Büroräumlichkeiten» oder als «Materiallager» kann neue Anwendungsmöglichkeiten schaffen. Wie sich dieses erhöhte Mobilitätsniveau auf das künftige Verkehrsaufkommen auswirkt, hängt von der Nutzung der selbstfahrenden Fahrzeuge ab.

Eine Reduktion des Verkehrsaufkommens ist möglich, wenn die selbstfahrenden Fahrzeuge und die weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt zur umfassenden Bündelung der Verkehre und zur Bereitstellung bedarfsgerechterer und attraktiverer Car-Sharing- und Car-Pooling-Angebote genutzt werden. Von der Funktion her entsprechen solche «Sammeltaxis» einem öffentlichen Verkehrsangebot ohne vorgegebene Linie und ohne fixen Fahrplan: Sie verkehren dann, wenn sie gebraucht werden und dort, wo sie möglichst viele Fahrgäste aufnehmen können. Ergänzt mit der Vermittlung attraktiver verkehrsträgerübergreifender Angebote durch «Mobility as a Service-Dienste (vgl. Kapitel 3.4)» können diese Möglichkeiten die Effizienz des Verkehrssystems spürbar erhöhen.

Dies setzt allerdings voraus, dass die nach wie vor stark von Emotionen geprägte Bindung an das eigene Auto weiter abnimmt und die Nutzer bereit sind, einen Grossteil ihrer Reisen zusammen mit anderen Personen zu unternehmen und auf einen Teil ihrer Autonomie zu verzichten.

Stehen jedoch der Komfortgewinn und der Besitz des eigenen Fahrzeugs im Vordergrund, kann das Verkehrssystem durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge gegenüber heute noch ineffizienter werden: Die durchschnittliche Auslastung eines selbstfahrenden Fahrzeuges könnte unter eine Person pro Fahrzeug sinken, wenn sich die Nutzerin / der Nutzer beispielsweise morgens vom Fahrzeug zur Arbeit fahren lässt, es anschliessend leer wieder nach Hause «schickt», um das Kind zur Schule fahren und anschliessend eigenständig weitere Aktivitäten ausführen zu lassen. Zusammen mit dem generell höheren Mobilitätsniveau würden solche Entwicklungen das Verkehrsaufkommen zusätzlich erhöhen. Auch neue Geschäftsmodelle mit automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr könnten eine zusätzliche Belastung der Strasseninfrastruktur zur Folge haben. In der Summe könnten diese Entwicklungen dazu führen, dass die ermöglichten Kapazitätsgewinne durch die Automatisierung der Fahrzeuge überkompensiert werden und sich die Kapazitätsprobleme auf der Strasse zusätzlich verschärfen.

Chancen für den öffentlichen Personenverkehr

Auch für den öffentlichen Verkehr ermöglichen die neuen technologischen Entwicklungen interessante Perspektiven. Insbesondere auf den kurzen und mittleren Distanzen sowie in ländlichen Regionen dürften neuen Angebotsformen wie «Sammeltaxis», Car-Sharing-Modelle und andere linien- und fahrplanunabhängige Angebote die heutigen ÖV-Angebote ergänzen und teilweise auch ersetzen. Die Grenzen zwischen öffentlichem und individuellem Verkehr dürften sich zunehmend verwischen. Auch die heutigen Betreibermodelle dürften sich durch die Einführung neuer Geschäftsmodelle wie «Mobility as a Service (vgl. Kapitel 3.4)» verändern. Neue Akteure könnten als potentielle Empfänger von Subventionen im öffentlichen Verkehr auftreten und neue Anforderungen an die Art der Subventionierung stellen. Treiber dafür sind allerdings nicht die selbstfahrenden Fahrzeuge, sondern die absehbaren Entwicklungen der digitalen Welt. Diese Möglichkeiten bieten interessante Perspektiven für die Bereitstellung noch bedarfsgerechterer, effizienterer und kostengünstigerer Angebote. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass insbesondere die Betreiber des öffentlichen Nah- und Regionalverkehrs diese Möglichkeiten aktiv nutzen und sich erfolgreich im sich wandelnden Markt positionieren werden. Ähnliches gilt für den Bund, die Kantone und die Städte, die als Miteigentümer zahlreicher Transportunternehmungen diesem geänderten Umfeld ausgesetzt sind.

Herausforderungen für den Schienengüterverkehr

Auch für die Versorgung von Städten mit Gütern (City-Logistik) ergeben sich aus der Nutzung automatisierter Fahrzeuge neue Möglichkeiten. Gleiches gilt für den Güterverkehr auf der Strasse, der beispielsweise durch den Ersatz der Chauffeurinnen und Chauffeurs kostengünstiger und ohne Restriktionen aus den Vorgaben für die Lenk- und die Ruhezeiten abgewickelt werden kann.

Als Folge davon könnten der Schienengüterverkehr und die Verlagerungspolitik des Bundes verstärkt unter Druck geraten.

4.3. Chancen und Risiken für Umwelt und Ressourcenbedarf

Energieverbrauch und Emissionen

In Bezug auf den Energieverbrauch und die verkehrsbedingten Lärm- und Schadstoffemissionen bieten das automatisierte Fahren und die konsequente Nutzung der weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt neue Möglichkeiten: Fahrzeuge, die in automatisierten «Platoons» unterwegs sind, brauchen bis zu 20 Prozent weniger Treibstoff [Knight 2013] [Wadud 2016]. Weitere Einsparpotentiale ergeben sich durch die Verflüssigung des Verkehrsablaufs, die umfassende Nutzung des Eco-drivings durch automatisierte Fahrzeuge und den vermehrten Einsatz von weniger leistungsstarken Fahrzeugen [Wadud 2016]. Die grössten Einsparpotentiale ergeben sich durch den vermehrten Einsatz leichter gebauter Fahrzeuge sowie durch die umfassende Nutzung von Car-Sharing/Pooling-Modellen. Dank der geringeren Unfallhäufigkeit vernetzter selbstfahrender Fahrzeuge könnten die Fahrzeuge leichter als heute gebaut werden. Im Vergleich zu heute könnten damit für den Bau der Fahrzeuge rund 70 Prozent der Ressourcen eingespart werden. Würde zudem der Fahrzeug-Verkauf aufgrund von Car-Sharing auf 30 Prozent des heutigen Standes sinken, wären im Vergleich zu heute insgesamt nur noch 10 Prozent der für die Fahrzeugproduktion benötigten Ressourcen nötig [Folsom 2012] [Riederer 2015].

Anders sieht die Situation aus, wenn das Verkehrsaufkommen auf der Strasse durch die neuen Möglichkeiten des automatisierten Fahrens (häufigere und längere Fahrten, günstigere Betriebskosten, neue Nutzergruppen) massiv ansteigen würde [Wadud 2016] und wenn dadurch vermehrt grössere Fahrzeuge («erweiterter Wohnraum») zum Einsatz kämen.

Bedarf an Verkehrsflächen

Auch in Bezug auf den Flächenbedarf bietet die Nutzung der neuen Technologien neue Möglichkeiten. Durch eine umfassende Nutzung dieser neuen Möglichkeiten würden die bestehenden Strasseninfrastrukturen effizienter genutzt als heute. Der Druck auf den weiteren Ausbau der Strasseninfrastruktur dürfte sinken. Ähnliches gilt für die Schieneninfrastruktur. Auch diese könnte durch eine effektivere Aufgabenteilung zwischen den strassen- und den schienengebundenen Verkehrsangeboten effizienter genutzt werden als heute.

Weitere Flächeneinsparungen ergeben sich, wenn Parkieranlagen dank des vollautomatisierten Einparkens flächensparender konzipiert und effizienter bewirtschaftet werden als heute oder wenn der Bedarf an Parkfelder durch den verstärkten Einsatz von «Sammeltaxis» im städtischen Raum reduziert werden könnte.

Ein höherer Flächenbedarf könnte sich ergeben, wenn das Verkehrsaufkommen durch das automatisierte Fahren – trotz der möglichen Effizienzgewinne - erhöht und als Folge davon der Druck auf den weiteren Ausbau der Strasseninfrastruktur ansteigen würde.

4.4. Chancen und Risiken für Stadt- und Raumplanung

Die Verflüssigung des Strassenverkehrs durch das automatisierte Fahren könnte die Erreichbarkeit von gut vernetzten, kleineren und mittleren Städten sowie Agglomerationen verbessern [Meyer 2016]. Im Weiteren könnten ländliche Regionen durch die bessere Erreichbarkeit und die Bereitschaft zu längeren Reisen als Wohnraum wieder attraktiver werden. Beides kann eine weitere Zersiedelung begünstigen. Zur Vermeidung dieser unerwünschten Entwicklung hat der Gesetzgeber mit der Inkraftsetzung der aktuellen Raumplanungsgesetzgebung, das verschiedene Bestimmungen zur angestrebten «Verdichtung der Siedlungsgebiete nach innen» umfasst, allerdings bereits einige Vorkehrungen getroffen. Ob diese Regelungen die nötige Wirkung erzielen und die angestrebte Raumentwicklung unterstützen werden, muss regelmässig überprüft werden.

Die möglicherweise reduzierten Parkierungsflächen könnten anderen Nutzungen zugeführt werden und der Parksuchverkehr, der heute einen grossen Teil des innerstädtischen Verkehrs ausmacht, würde wegfallen [Rodoulis, 2014]. Beides könnte die Standortattraktivität von städtischen Räumen erhöhen. Zudem könnten allenfalls die Parkplatzerstellungspflicht bei Wohnungsneu- und -ausbauten gelockert werden, mit entsprechend positiven Auswirkungen auf die Baukosten und den Raumbedarf.

4.5. Erhebliche Auswirkungen auf die Arbeitswelt

Die Digitalisierung und die Automatisierung führen in allen Wirtschaftsbereichen zu Umwälzungen in der Arbeitswelt. Im Bereich des Verkehrs ersetzen selbstfahrende Fahrzeuge zunehmend, wenn wohl auch nie vollständig, die Chauffeurinnen und Chauffeure von Lastwagen, Bussen und Taxis sowie Mitarbeitende von Logistik- und Zustellunternehmen.

Auf der anderen Seite entstehen neue Berufsfelder in der Steuerung und der Überwachung des automatisierten Verkehrs sowie in den dafür nötigen Zulieferfirmen. Zudem ermöglicht das automatisierte Fahren die Erschliessung neuer Geschäftsfelder im Bereich der «New Economy», der Verknüpfung von Fahrzeugen und Geräten, der Datenaufbereitung und des Infotainments [Winterhoff 2015].

Sollte sich mit der Automatisierung der Fahrzeuge ein umfassendes Car-Sharing und –Pooling, resp. der Trend «Zugang statt Besitz» durchsetzen, würden gegenüber einem Referenzfall weit weniger Autos benötigt. Es ist denkbar, dass sich die betroffenen Firmen vermehrt zu Dienstleistungsunternehmen entwickeln und umfassende Mobilitätsangebote auf den Markt bringen werden. Dieser Trend ist bereits heute erkennbar. So besitzt u.a. Daimler mit Car2GO eine Car-Sharing-Firma gemeinsam mit Europcar. General Motors investierte in den Taxidienst Lyft. Diverse andere Automobilhersteller sind ebenfalls in diesem Segment tätig.

Ähnliches gilt für die Betreiber öffentlicher Verkehrsangebote im Nah- und im Regionalverkehr.

4.6. Fazit – je nach Ausgestaltung unterschiedliche Auswirkungen

Die Ausführungen zeigen, wie weit die verkehrlichen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen dieser neuen technologischen Möglichkeiten auseinander gehen können. Je nach Umsetzung, vorhandenen regulativen Rahmenbedingungen und gesellschaftlicher Akzeptanz (vgl. dazu Kapitel 5) sind derzeit grundlegend verschiedene Entwicklungen denkbar; von spürbaren Verbesserungen durch eine effizientere, sicherere und ressourcenschonendere Abwicklung unserer Mobilitätsbedürfnisse bis zu einem verstärkten Verkehrswachstum auf der Strasse mit den damit verbundenen negativen Auswirkungen auf den Ressourcenbedarf und die Umwelt.

Entscheidend ist, wie umfassend die neuen Angebotsmöglichkeiten wie «Mobility as a Service», eine weitere Flexibilisierung des öffentlichen Verkehrs sowie das Car-Sharing / Car-Pooling genutzt und damit die Chancen des automatisierten Fahrens erhöht werden (vgl. Abbildung 4).

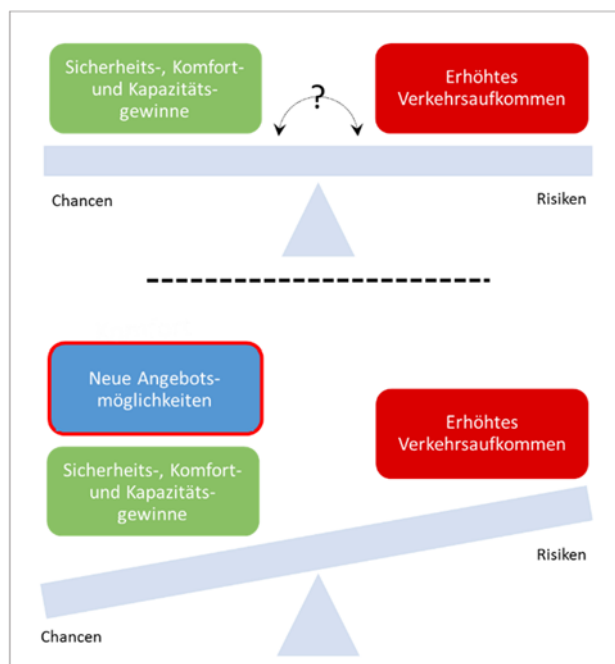


Abbildung 4: Chancen und Risiken der neuen technologischen Möglichkeiten mit und ohne Nutzung der weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt.

Wie gross die Potentiale bei einer weitreichenden und konsequenten Umsetzung der neuen Angebotsmöglichkeiten sein können, zeigt beispielhaft eine quantifizierte Einschätzung der möglichen Auswirkungen für die kommenden 15 bis 20 Jahre, die die OECD ITF, Fraunhofer 2016 am World Economic Forum präsentiert hat (Abbildung 5).



Abbildung 5: Mögliche Potentiale des automatisierten Fahrens und der weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt [World Economic Forum, OECD ITF, Fraunhofer].

5. Herausforderungen und Handlungsbedarf

5.1. Nutzung der Potentiale als Ziel

Aus verkehrs-, umwelt- und energiepolitischer Sicht kann für die Schweiz nur eine «kluge» Nutzung dieser neuen technologischen Möglichkeiten in Frage kommen – im Wissen darum, dass sich diese nicht in «Reinkultur» wird umsetzen lassen und dass die Schweiz bei der Umsetzung in hohem Masse von den internationalen Entwicklungen abhängig oder gar bestimmt sein wird.

Unabhängig davon stellt die zunehmende Automatisierung die Gesellschaft und die öffentliche Hand vor verschiedene Herausforderungen. Dies gilt auch für den Mobilitätsbereich. Die damit verbundenen Herausforderungen umfassen allem voran:

- Die Klärung verschiedener gesellschaftlicher, ethischer und politischer Aspekte.
- Die Schaffung der nötigen technischen Voraussetzungen und der dafür nötigen Rahmenbedingungen.
- Die Bewältigung der planerischen und konzeptionellen Fragestellungen.
- Die erforderliche Anpassung der Rechtsetzung einschliesslich des regulatorischen Rahmens.

5.2. Gesellschaftliche, ethische und politische Aspekte

Die Wertung der zunehmenden Automatisierung ist ambivalent: Auf der einen Seite bietet sie für die Gesellschaft und die Wirtschaft ohne Zweifel interessante Perspektiven. Auf der anderen Seite ist sie aber auch mit erheblichen Risiken und tiefgreifenden Veränderungsprozessen verbunden. Diese generelle Einschätzung hat auch für den Mobilitätsbereich Gültigkeit.

Stossrichtungen festlegen

Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens und der rasch voranschreitenden Möglichkeiten der digitalen Welt werden stark davon abhängen, ob und in welchem Umfang die öffentliche Hand dem Markt bei der Nutzung dieser Möglichkeiten einen regulativen Rahmen setzt.

Die Gesellschaft muss sich in einem politischen Prozess darauf einigen, welche Entwicklungen erwünscht und welche nach Möglichkeit zu vermeiden sind. Dafür ist eine umfassende Auseinandersetzung mit den möglichen Stossrichtungen und ihren Auswirkungen notwendig. Die Ergebnisse dieses Prozesses bilden die Basis für die Festlegung der politischen Rahmenbedingungen sowie der Rolle, die der öffentlichen Hand bei der Ausgestaltung der technologischen Möglichkeiten zukommen soll.

Gesellschaftliche Akzeptanz

Eng verbunden mit der Festlegung der Stossrichtung ist die Auseinandersetzung mit verschiedenen Akzeptanzfragen.

Dies betrifft zunächst die Bereitschaft der Nutzerinnen und Nutzer, ihr Leben auch im Strassenverkehr einem «Roboter» anzuvertrauen. Die Nutzerinnen und Nutzer müssen davon überzeugt sein, dass die automatisierten Fahrzeuge wirklich sicher sind [Viereckl 2015], und sie müssen sich an diese neuen Technologien gewöhnen können. Die Verbreitung automatisierter Fahrzeuge wird stark davon abhängen, wie rasch und umfassend dies gelingt.

Aber auch die generelle Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge bleibt abzuwarten. Selber fahren und der Besitz eines eigenen Autos sind für breite Bevölkerungsschichten nach wie vor stark mit Emotionen verbunden: Selber fahren und ein eigenes Auto vermitteln das Gefühl von Selbstbestimmung, Privatsphäre, Unabhängigkeit und individueller Verfügbarkeit. Sie sind eine Möglichkeit zur «Selbstdarstellung» und zur persönlichen Entfaltung. Diese Emotionen sind für viele so stark, dass ihre Zahlungsbereitschaft für den Besitz eines eigenen Autos und für die individuelle Mobilität heute weit über das rational Fassbare hinausgeht. Der Erfolg automatisierter Fahrzeuge hängt davon ab, ob eine breite Bevölkerungsschicht in Zukunft bereit ist, auf diese Emotionen weitgehend zu verzichten. In besonderem Masse gilt dies für den Erfolg von «Sammeltaxis» und von anderen alternativen Mobilitätsformen.

Ein weiterer sensibler Bereich betrifft den Datenschutz: Automatisierte Fahrzeuge und die damit verbundenen neuen Mobilitätsformen werden eine Flut von zusätzlichen Daten generieren. Technisch wird

es mit diesen Daten möglich sein, von jeder Nutzerin oder jedem Nutzer ein umfassendes und lückenloses Bewegungsprofil zu erstellen⁷. Der Umgang mit diesen Daten wird die Akzeptanz dieser neuen Angebote ebenfalls beeinflussen.

Ethische Fragen

Im Weiteren wirft das automatisierte Fahrzeug eine Reihe von ethischen Fragen auf [Doll 2015]: Welche Entscheidung soll ein automatisiertes Fahrzeug zum Beispiel bei einem nicht mehr vermeidbaren Unfall treffen? Soll es in erster Linie die Insassen schützen oder die gesamten Auswirkungen minimieren? Nach welchen «Algorithmen» erfolgt dieser Entscheid und wer legt diese fest? Damit verbunden sind auch Fragen nach dem Wert des Lebens sowie eine generelle Debatte über die «Maschinenethik». Diese Fragen sind eng verknüpft mit den Themen Verantwortung und Fahrzeugsicherheit (siehe Kapitel 5.5).

5.3. Schaffung der technischen Voraussetzungen

Bis zur Marktreife vollautomatisierter Fahrzeuge sind noch verschiedene technische Hürden zu nehmen. Entsprechend weit auseinander gehen die Aussagen über den Zeitpunkt und den Umfang ihrer Markteinführung. Die technologische Entwicklung ist aber so weit vorangeschritten, dass die zentrale Frage nicht mehr ist, «ob» sich diese Technologien durchsetzen werden, sondern nur noch «wie» und «wann» sie es tun werden.

Von ebenso grundsätzlicher Bedeutung ist die Schaffung weiterer technischer Voraussetzungen für den effizienten Einsatz automatisierter Fahrzeuge und die Nutzung weiterer Möglichkeiten der digitalen Welt. Die umfassende Nutzung der Potentiale dieser Möglichkeiten stellt hohe Anforderungen an die Bereitstellung und den Austausch von Daten. Dazu werden derzeit verschiedene Fragen noch kontrovers diskutiert.

Vernetzung zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur

Die Vorteile der Vernetzung sind unbestritten. Von besonderer Bedeutung ist sie für die «Lernprozesse» automatisierter Fahrzeuge. Diese könnten durch den gegenseitigen Austausch ihrer Sensordaten und der daraus gewonnenen Erfahrungen beispielsweise zur Aufdatierung des verwendeten Kartenmaterials oder zur Optimierung des Fahrverhaltens vollautomatisierter Fahrzeuge stark beschleunigt werden [Da Lio 2015]. Das würde schliesslich zu einem «selbstlernenden» Internet of Things (IoT) - einem «Cognitive Internet of Things (CIoT)» - führen [Wu 2014]. Dennoch vertreten mehrere etablierte Autohersteller die Ansicht, dass Fahrzeuge sich alleine auf die eigenen Sensoren verlassen sollen. Diese Frage wird auf internationaler Ebene zu klären sein.

Ebenfalls noch offen ist die nötige «Intelligenz» der Infrastruktur. Es ist zu klären, ob und in welchem Umfang Informationen direkt von der Infrastruktur oder beispielsweise einem Dienstleister ins Fahrzeug übermittelt werden sollen. Auch diese Frage hat damit zu tun, ob die Fahrzeuge künftig über eine offene Schnittstelle verfügen oder weiterhin ein geschlossenes System darstellen sollen. Damit verbunden sind Vorbehalte der Automobilindustrie in Bezug auf die Datensicherheit (Cyber Security). Allerdings dürften dabei auch kommerzielle Überlegungen eine gewichtige Rolle spielen.

Auch damit verbunden ist die Frage, ob die Betreiber der Strasseninfrastruktur künftig zur Steuerung des Verkehrsflusses oder zur Beeinflussung der Routenwahl von aussen Informationen ins Fahrzeug einspeisen respektive die dafür verwendeten «Routenalgorithmen» aktiv beeinflussen können. In den heute eingesetzten Fahrzeugen erfolgen die Routenempfehlungen durch Navigationsgeräte, die der Hersteller der Fahrzeuge oder ein Navigationsdienstleister mit Informationen füttert und programmiert. Die Betreiber der Infrastrukturen haben weder Zugriff auf die dabei generierten Informationen, noch können sie die resultierenden Empfehlungen beeinflussen.

Datenaustausch

Mit den Diskussionen rund um die Vernetzung gehen auch Fragen zum Datenaustausch und zur hierfür notwendigen digitalen Infrastruktur einher. Auf internationaler Ebene ist zu regeln, wie eine möglichst

⁷ Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Smartphone-Provider bereits heute über diese Möglichkeit verfügt.

freie Benutzung und Kombination der Daten sichergestellt werden kann und wie der Datenfluss zwischen Benutzern, Herstellern, Dienstleistern und Behörden zu organisieren ist. Ebenfalls zu regeln ist, welche Daten zu liefern sind, in welcher Form das zu erfolgen hat, was mit den Daten geschieht, wer darauf Zugriff hat, usw.

Im Weiteren ist Aufgabenteilung zwischen der Privatwirtschaft und der öffentlichen Hand beim Aufbau und beim Betrieb solcher Datenverbände zu regeln. Und schliesslich sind Lösungen zu finden für den verlässlichen und raschen Austausch der riesigen Datenmengen, die beim Betrieb eines solchen Datenverbundes anfallen würden. Das Forschungsprojekt CONVERGE mit seinem Governance Layer stellt ein mögliches Modell für einen gemeinsam betriebenen Datenverbund vor [CONVERGE 2015].

Cyber Security

Mit der Digitalisierung der Mobilität steigt das Potential für Missbrauch durch Hacker. Bereits heute bestehen Probleme beim Motorentuning und bei der Diebstahlsicherung. Zur Verhinderung solcher Probleme wollen etablierte Automobilhersteller das Fahrzeug als Gesamtsystem unter ihrer Kontrolle behalten. Die Umsetzung dieser Grundhaltung wird mit der zunehmenden Vernetzung allerdings immer schwieriger. Entsprechende Untersuchungen des US-Kongresses [Markey 2015] haben die Automobilindustrie zwischenzeitlich dazu bewogen, sich zu einer minimalen Zusammenarbeitserklärung mit den US-Behörden durchzuringen [Auto Alliance 2015].

Es ist absehbar, dass sich der Umfang und die Intensität dieser Probleme mit der zunehmenden Vernetzung weiter verschärfen werden und sich diese Probleme unmittelbar auf die Funktionsfähigkeit des Strassenverkehrs auswirken können. Entsprechend müssen auf nationaler und internationaler Ebene Massnahmen getroffen werden, um den notwendigen Schutz der Bevölkerung und dieser kritischen Infrastruktur zu gewährleisten.

Kommunikation

Kommunikation ist das Fundament für den Datenaustausch. Die Automobilhersteller und die Telekommunikationsindustrie haben deshalb an der Internationalen Automobilausstellung 2015 (IAA) einen EU Industry Dialogue gestartet [ACEA 2015]. Wie weit diese Absicht zur Zusammenarbeit Früchte tragen wird, bleibt abzuwarten. Die Industrie setzt vorerst noch immer auf ITS-G5, die europäische Variante des WiFi-Standards für Fahrzeuge. Das mag für erste Versuche und Erfahrungen mit der Datenverarbeitung genügen. Für einen grossflächigen Einsatz genügen die Kapazität und die Technologie aber kaum [Shields 2013]. Mobilfunktechnologien der 4. Generation (4G) – LTE und LTE-Advanced – bieten Lösungen an. Sie müssen aber noch umgesetzt werden [ERTICO 2015]. Die nächste Generation (5G) wird auch im Hinblick auf das Internet of Things (IoT) entwickelt, also auf den Austausch kleiner Datenpakete mit kurzen Verlustzeiten – genau das, was für die Fahrzeugkommunikation wichtig ist. Bezüglich Mobilfunkkommunikation ist die Schweiz sehr gut aufgestellt.

5.4. Planerische und konzeptionelle Aspekte

Die Automatisierung und die weiteren technologischen Entwicklungen im Mobilitätsbereich werden kommen, und sie dürften die Verkehrslandschaft in der Schweiz längerfristig verändern. Es wird aber noch über einen geraumen Zeitraum weitgehend unklar sein, wie und zu welchem Zeitpunkt diese Veränderungen erfolgen werden und wie sie sich konkret auswirken werden. Die starke Abhängigkeit dieser Entwicklungen von der digitalen Welt, ihrem rasanten Fortschreiten und der weltweiten Vernetzung lässt darauf schliessen, dass die Geschwindigkeit dieser Veränderungen zumindest in einzelnen Bereichen hoch sein dürfte.

Dieser Dynamik steht die Trägheit der Infrastrukturplanung und –realisierung sowie der staatlichen Interventionsmöglichkeiten gegenüber. Der Umgang mit dieser Ungewissheit und das Management dieser möglicherweise tiefgreifenden Veränderungsprozesse stellen die öffentliche Hand auch auf der planerischen Ebene vor Herausforderungen.

Migration

Es ist davon auszugehen, dass auf den Strassen noch für eine geraume Zeit sowohl herkömmliche als auch teil- und vollautomatisierte Fahrzeuge verkehren werden. Längerfristig werden sich die Fahrzeugtechnologien voraussichtlich vereinheitlichen. Dennoch werden die vollautomatisierten Fahrzeuge in

den Siedlungsräumen auch in ferner Zukunft mit Fussgängern, Zweirädern und anderen nicht automatisierten Verkehrsmitteln koexistieren müssen. Im Weiteren dürfte die „Genussfahrt“ mit dem selbstgesteuerten Auto auch in der fernerer Zukunft ein Bedürfnis bleiben. Dieses „Neben-Einander“ technisch unterschiedlich ausgerüsteter Fahrzeuge wird den Gesetzgeber sowie die Betreiber und die Nutzer der Strassen vor erhebliche Herausforderungen stellen.

Künftiger Bedarf an zusätzlichen Verkehrsinfrastrukturen

Die Ausführungen in den Kapiteln 4.2 und 4.6 zeigen, dass sich die Automatisierung der Fahrzeuge sehr unterschiedlich auf das künftige Verkehrsaufkommen auswirken kann. Entsprechend unterschiedlich wird der zukünftige Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen ausfallen.

Derzeit liegen keine genügend verlässlichen Erkenntnisse vor, die eine Abkehr von der eingeleiteten Infrastrukturplanung für Strasse und Schiene nahe legen würden. Aus heutiger Sicht kann einzig festgestellt werden, dass der Verkehrsträger Strasse durch den vermehrten Einsatz automatisierter Fahrzeuge zusätzlich an Bedeutung gewinnen dürfte.

Im Weiteren stellen sich Fragen in Bezug auf die künftige Ausrüstung der Strassen sowie an die Ausgestaltung des Strassenraums. Beides kann sich durch den Einsatz vollautomatisierter Fahrzeuge und die Vernetzung der Fahrzeuge mit der Infrastruktur verändern. Die Einführung einer virtuellen Infrastruktur, wie der schrittweise Ersatz von physischen Signalen durch elektronisch übermittelte, kann schon heute in Angriff genommen werden.

In Bezug auf den Gesamtverkehr dürften sich neue Anforderungen an die Umsteigepunkte zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern ergeben. In diesem Zusammenhang werden bereits heute sogenannte Mobilitätshubs diskutiert. In diesen sollen die verschiedensten Verkehrsangebote zusammengeführt und mit weiteren Angeboten wie Freizeitanlagen, Einkaufsmöglichkeiten, etc. ergänzt werden.

Städtebauliche und raumplanerische Aspekte

Insbesondere im städtischen Raum muss festgelegt werden, wie der Strassenraum nach einer weit fortgeschrittenen Automatisierung der Fahrzeuge sowie einer verbreiteten «Individualisierung» des heutigen öffentlichen Verkehrs neu aufzuteilen ist. Im Weiteren ist zu klären, welchen Nutzungen die Flächen zugeführt werden sollen, die durch den reduzierten Bedarf an Parkierungsflächen und allenfalls auch durch eine Neugestaltung des heutigen öffentlichen Nahverkehrs frei geworden sind. Dabei sind auch allfällige neue Bedürfnisse zu berücksichtigen. Diese können beispielsweise Anlagen für den Zu- und Ausstieg der Fahrgäste von «Sammeltaxis», Elektrotankstellen oder auch die Erstellung von Mobilitätshubs betreffen.

Raumplanerisch ist vertieft zu prüfen, ob die neue Ausgangslage Anpassungen der aktuellen Raumplanungsgesetzgebung erfordert.

Neue Betreibermodelle im öffentlichen Verkehr

Die mögliche Verschmelzung des motorisierten Individualverkehrs mit dem öffentlichen Verkehr und die Entstehung eines «öffentlichen Individualverkehrs» dürften zu neuen Zusammenarbeitsformen zwischen den betroffenen Gemeinde-, Kantons- und Bundesstellen sowie zwischen der öffentlichen Hand, den Transport- und den privaten Unternehmungen führen. Diese sind zu konkretisieren und geordnet umzusetzen.

Auch neue Dienste wie «Mobility as a Service (vgl. Kapitel 3.4)» werden die heutigen Zusammenarbeitsformen im öffentlichen Verkehr beeinflussen. Der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen ist zu regeln. Die Möglichkeiten des Vertriebs von Dienstleistungen im öffentlichen Verkehr und die Zuständigkeiten bei der Tarifgestaltung sind zu diskutieren. Dabei sind auch die zunehmenden Einflüsse internationaler Plattformanbieter zu berücksichtigen.

Neue Formen der Zusammenarbeit

Die Automatisierung, die Vernetzung und die weiteren Möglichkeiten der digitalen Welt stellen neue Anforderungen an die Zusammenarbeit innerhalb der Verwaltung: Die Planung, der Bau und der Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen haben einen immer stärkeren Bezug zu den Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Funktionsweise der einzelnen Verkehrsmittel und ihre Angebote werden zu-

nehmend verschmelzen. Ihr Betrieb und die Ausgestaltung der Angebote werden gegenüber der Planung und der Realisierung neuer Infrastrukturen weiter an Bedeutung gewinnen. Für die Entwicklung, die Erprobung und die Einführung der sich rasch weiterentwickelnden Technologien wird ein noch intensiveres Zusammenwirken zwischen Forschung, Industrie und Verwaltung erforderlich werden.

Das gewachsene Aufgabenverständnis und die Strukturen sowie beschaffungsrechtliche und administrative Hürden erschweren den Umgang mit diesen zunehmend dynamischeren Veränderungsprozessen. Für die wirkungsvolle Gestaltung der absehbaren Veränderungsprozesse im Mobilitätsbereich sind neue Zusammenarbeitsformen zu etablieren und zu ermöglichen.

5.5. Rechtssetzung

Strassenverkehrsrecht, Haftung und Strafbarkeit

Die Zulassung und die Nutzung fahrerloser Fahrzeuge in der Schweiz hängen stark von internationalen Abkommen und Reglementen im Bereich des Strassenverkehrs ab. Das Wiener Übereinkommen stellt das zentrale Regelwerk dar. Zweck dieses Übereinkommens ist das Sicherstellen und das Vereinfachen des grenzüberschreitenden Verkehrs. Dafür werden Minimalstandards für die Zulassung von Fahrzeugen sowie grundsätzliche Verkehrsregeln festgelegt. Das Wiener Übereinkommen ermöglicht eine Fahrt durch Europa ohne grundlegende Unterschiede. In UNECE-Reglementen sind zudem spezifische Anforderungen an Ausrüstungsgegenstände und Teile geregelt, die in Fahrzeuge eingebaut werden können.

Derzeit ist vorgeschrieben, dass die Fahrerin oder der Fahrer das Fahrzeug immer beherrschen muss. Dies wurde mit dem Aufkommen von gewissen Assistenzsystemen in Frage gestellt. Deshalb wurde mit der Anpassung des Wiener Übereinkommens per März 2016 klargestellt, dass die Beherrschung des Fahrzeugs bei der Vornahme von Fahrvorgängen durch ein automatisiertes Fahrassistenzsystem immer noch gegeben ist, sofern das System von der Fahrerin oder vom Fahrer übersteuert oder ausgeschaltet werden kann, oder wenn in internationalen Zulassungsvorschriften (UNECE-Reglemente) anderweitige Regelungen dazu festgelegt sind. Damit können Fahrzeuge mit automatisierten Systemen prinzipiell zugelassen und grenzüberschreitend genutzt werden. Eine Fahrerin oder ein Fahrer ist jedoch auch weiterhin vorausgesetzt und eine Entlastung von seinen Pflichten und der Verantwortung ist damit noch nicht verbunden. Als zentral erscheint die Fragestellung, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit die angestrebte Entlastung der Fahrerin oder des Fahrers während der Nutzung des automatisierten Systems erfolgen kann. Insbesondere stellt sich diesbezüglich die Frage, welches Sicherheitsniveau das Fahrzeug dazu erreichen muss und welche Anforderungen an die entsprechenden Nachweise zu stellen sind.

Fahrerlose Fahrzeuge können in der Schweiz somit erst zugelassen werden, wenn die nötigen fahrzeugtechnischen Nachweise vorliegen und der internationale Rechtsrahmen weiterentwickelt wurde. Das nationale Recht darf diesen Entwicklungen nicht hinterher hinken. Deshalb ist es wichtig, dass flexibel und zeitnah auf die kommende Weiterentwicklung des Wiener Übereinkommens reagiert werden kann und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten rechtzeitig wahrgenommen werden können. Um die notwendige gesetzgeberische Flexibilität zu erreichen, sollten dem Bundesrat auf Stufe SVG die notwendigen Kompetenzen eingeräumt werden, um die Zulassung und den Verkehr von automatisierten und selbstfahrenden Fahrzeugen auf Verordnungsstufe zu regeln.

Konkreter Regelungsbedarf

Mit der fortschreitenden Automatisierung bis hin zum vollautomatisierten Fahrzeug werden auf nationaler Ebene in verschiedenen Bereichen des Strassenverkehrsrechts Anpassungen notwendig, die in Einklang mit der internationalen Rechtsentwicklung in diesen Bereichen stehen sollen. Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über die wichtigsten Bereiche aufgezeigt, in denen sich Veränderungen ergeben werden:

- **Verkehrsregeln:** In diesem Bereich ist insbesondere festzulegen, unter welchen Bedingungen die Fahrerin oder der Fahrer von ihren / seinen Pflichten entlastet werden kann. Eine Entlastung der Fahrzeugführerin oder des Fahrzeugführers fällt aus Sicherheitsgründen erst dann in Betracht, wenn der Stand der Technik nachweislich ein bestimmtes, noch zu definierendes Sicherheitsniveau erreicht hat. Weiter müssen für die teil- und die hochautomatisierten Fahrzeuge

auch Vorgaben für die Übergabe und (Rück-)Übernahme der Kontrolle zwischen Mensch und Fahrzeug erarbeitet werden, und es können spezielle Regeln wie z.B. kleinere Abstände für Fahrzeuge im automatisierten Modus eingeführt werden. Zudem muss geregelt werden, wie vollautomatisierte Fahrzeuge im Bedarfsfall gestoppt und allenfalls sogar von aussen gesteuert werden können.

- **Zulassung des Fahrzeugs:** Bei Fahrzeuglenkungssystemen, die die Fahrzeugkontrolle mit entsprechender Entlastung der Fahrerin oder des Fahrers übernehmen sollen, stellt sich die Frage der Auswirkungen auf das traditionelle Zulassungssystem mit (heute international geregeltem) Typengenehmigungsverfahren. Angesichts der Komplexität solcher automatisierter Fahrzeuglenkungssysteme wird es kaum möglich sein, die erforderlichen Funktionalitäten und das entsprechende Nachweisverfahren in Zulassungsvorschriften (UNECE-Reglemente) zu definieren. Die Zulassungsbehörden und die im Typengenehmigungsverfahren beauftragten Prüfstellen werden kaum in der Lage sein, die Gewährleistung des erforderlichen Sicherheitsniveaus zu überprüfen. Solange dies nicht möglich ist, werden die Prinzipien der IT-Industrie anzuwenden sein. Bei diesen liegt die Gewährleistung der Produktesicherheit ausschliesslich in der Selbstverantwortung der Hersteller.
- **Zulassung der Fahrzeugführerin oder des Fahrzeugführers:** Solange die Fahrerin oder der Fahrer noch eingreifen kann, wird weiterhin ein Führerausweis vorausgesetzt sein. Erst beim gänzlich fahrerlosen Fahrzeug kann darauf verzichtet werden. Um gewisse Fahreignungsdefizite auszugleichen, kann die Zulassung von Fahrzeugführern allenfalls mit der Auflage verknüpft werden, Fahrassistenzsysteme wie Notbremsassistent, Nachtsichtassistent oder Autobahnpiilot zu verwenden. Damit kann der Erwerb bzw. der Erhalt des Führerausweises auch bei Personen ermöglicht werden, die bisher nicht bzw. nicht mehr fahren durften (z.B. Senioren).
- **Strafbarkeit:** Für die Fahrzeugführerin oder den Fahrzeugführer stellt sich die Situation wie folgt dar: Solange bei automatisierten Fahrsystemen die Fahrerin oder der Fahrer für die Vornahme der Fahraufgaben verantwortlich bleibt, führt dies strafrechtlich zu keiner Entlastung. Der Fall ist dies beispielsweise bei der Teilautomatisierung von Fahrzeugen. Sobald Fahrsysteme einen Automatisierungsgrad erreichen, bei dem die Insassen – je nach System nur situativ wie beispielsweise auf Autobahnen oder permanent – reine Passagiere sind, kann die geltende Beherrschungspflicht nach Art. 31 Abs. 1 SVG – ebenfalls situativ oder permanent – aufgehoben bzw. modifiziert werden. Sofern die Fahrerin oder der Fahrer in diesen Fällen die Kontrolle an das System übergeben hat und nicht mehr in der Verantwortung ist, kann sie oder er sich für das Verhalten des Fahrzeuges im Verkehr grundsätzlich nicht strafbar machen. Vorbehalten bleiben Fälle wie Fehlbedienung, Manipulation oder offenkundige Fehlerhaftigkeit des Systems. Im Nachhinein muss deshalb festgestellt werden können, ob der Mensch oder die Maschine zum besagten Zeitpunkt in der Verantwortung war. Für diesen beweissicheren Nachweis werden die Fahrzeuge mit geeigneten Aufzeichnungsgeräten (Blackbox) ausgestattet werden müssen.
- **Haftung und Versicherung:** Mit der Versicherungspflicht der Fahrzeugführerin oder des Fahrzeughalters wird sichergestellt, dass die Geschädigten bei einem Unfall durch die Versicherung schadlos gehalten werden (direktes Forderungsrecht der Geschädigten). Damit dies auch bei Fahrten im Ausland gilt, bestehen heute multilaterale Verträge zwischen den nationalen Versicherungsbüros. Diese basieren in der Regel alle auf den gleichen Haftungsgrundsätzen. So setzt die Haftung und damit die Schadendeckung durch die Versicherung kein Verschulden voraus (Kausalhaftung). Anknüpfungspunkt der Haftung ist die Betriebsgefahr des Fahrzeugs. Diese Haftungsregeln erscheinen deshalb auch bei der Abgabe der Fahrerverantwortung an die Fahrzeuge angebracht. Auswirkungen wird die zunehmende Automatisierung aber auf das Innenverhältnis haben, indem der Rückgriff auf den Fahrzeughersteller erleichtert werden soll. Zudem könnte je nach Umsetzung des vollautomatisierten Fahrens auch der Rückgriff auf weitere Beteiligte wie Navigationsdienstleister oder Infrastrukturbetreiber an Bedeutung gewinnen. Eine grundlegende Änderung des geltenden Haftungs- und Motorfahrzeugversicherungs-Systems ist deshalb voraussichtlich nicht notwendig. Versicherungen diskutieren jedoch auch neue Lösungsansätze [IRGC 2016].

Nicht zuletzt aufgrund des grossen Potentials des automatisierten Fahrens besteht ein berechtigtes Interesse daran, die Entwicklung von fahrerlosen Fahrzeugen zu ermöglichen, indem die dafür erforderlichen gesetzlichen Grundlagen geschaffen werden. Dazu dient einerseits eine aktive Rolle in den internationalen Gremien, die sich mit den internationalen Rechtsanpassungen sowie den damit zusammenhängenden Klärungsfragen befassen. Andererseits kann der Trend hin zum fahrerlosen Fahrzeug auch durch eine liberale Haltung in Bezug auf die Erteilung von Versuchsbewilligungen und eine Vereinfachung der hierfür vorgeschriebenen Verfahren gefördert werden.

Datenschutz und Datenverfügbarkeit

Um die Potentiale voll ausschöpfen zu können, müssen selbstfahrende Fahrzeuge vernetzt sein. Der damit verbundene Datenaustausch ermöglicht prinzipiell für jedes Fahrzeug die Erstellung eines umfassenden Bewegungsprofils. Dies ist aus datenschutzrechtlichen Überlegungen problematisch.

Laut europäischem Datenschutz und der vergleichbaren Regelung der Schweiz müssen Verkehrsteilnehmende wissen, welche persönlichen Daten gesammelt werden, und sie sollen selber bestimmen können, ob und wie diese Daten verwendet werden. Die von den Fahrzeugen erfassten Daten können leicht zu personenbezogenen Daten verarbeitet werden, was die Einwilligung der Betroffenen erfordert. Für eine effiziente Nutzung dieser Daten müsste eine gesetzliche Grundlage geschaffen werden, in der insbesondere auch die Zwecke umschrieben sind, für die die Daten verwendet werden dürfen. Zudem ist mindestens in den Grundsätzen zu regeln, wie Daten zwischen vollautomatisierten Fahrzeugen ausgetauscht werden sollen. Um auch Daten privater Akteure miteinbeziehen zu können, müssen im Weiteren die Datenhoheit sowie mögliche Eingriffe in diese geklärt werden. Eine wichtige Rolle spielt zudem die verwendete Software in Fahrzeugen: Was sammelt sie? Was sendet sie weiter? Was macht sie mit den Daten? Um diesbezüglich Klarheit zu schaffen, wurde gar Open Source - also die Offenlegung der im Fahrzeug genutzten Software - gefordert [c't 23/2015].

Weiterer Handlungsbedarf

Je nach Nutzung und Ausgestaltung der neuen technologischen Möglichkeiten ist eine Reihe weiterer regulatorischer Aspekte zu klären. Diese umfassen beispielsweise:

- Vorgaben für Geschäftsmodelle wie «Mobility as a Service»: Betroffen sein könnten Fragen einer möglichen Monopolbildung, der Tarifgestaltung und des umfassenden Datenaustausches zwischen den verschiedenen Anbietern. Aber auch das Verhältnis zu verschiedenen Dienstleistern wie die Betreiber öffentlicher Verkehrs-Angebote, Anbieter von Car-Sharing-Angeboten sind möglicherweise neu zu regeln.
- Zugangsbeschränkungen für herkömmliche Fahrzeuge: Es ist denkbar, dass mittelfristig beispielsweise auf den Autobahnen nur noch Fahrzeuge mit einer bestimmten technischen Ausstattung zugelassen sind.
- Nachrüstung herkömmlicher Fahrzeuge: Zur Gewährleistung eines sicheren und effizienten Verkehrsflusses sind für herkömmliche Fahrzeuge in einer Übergangsphase möglicherweise bestimmte Nachrüstungen vorzuschreiben. Solche könnten beispielsweise Einrichtungen für den Datenaustausch betreffen.
- Verschiedene Massnahmen im Bereich des öffentlichen Verkehrs wie beispielsweise die Frage, mit welchen Verkehrsdienstleistungen in Zukunft eine qualitativ hochstehende Grundversorgung am effizientesten sichergestellt werden kann.

6. Vielfältige Aktivitäten des Bundes

Bei der Klärung zentraler Aspekte des automatisierten Fahrens ist die Schweiz hochgradig von den internationalen Entwicklungen abhängig. Die Schweiz muss diese Entwicklungen sorgfältig beobachten und rechtzeitig die nötigen Vorkehrungen treffen, um die damit verbundenen Möglichkeiten zu nutzen. Der Bund hat dazu bereits verschiedene Aufgaben an die Hand genommen.

6.1. Wissen generieren und verfügbar machen

- **Forschung:** Im Rahmen der Strassenforschung hat das ASTRA ein Forschungspaket «automatisiertes Fahren» lanciert. Mit der Durchführung dieses Forschungspakets schliesst der Bund in diesem Themenbereich bestehende Wissenslücken und ermöglicht den Forschungsstellen die Auseinandersetzung mit diesem zukunftsweisenden Thema.

Im laufenden Initialisierungsprojekt werden gegenwärtig der Umfang und die Modalitäten für die Abwicklung dieses Forschungsprojektes definiert. Ebenfalls bereits ausgelöst hat der Bund eine weitere Forschung der ETH Zürich zur Analyse der Auswirkungen selbstfahrender Fahrzeuge auf die Kapazitäten des Schweizerischen Verkehrssystems sowie zur Akzeptanz möglicher neuer Angebotsformen.

Die Erkenntnisse aus diesen Forschungen fliessen permanent in die laufenden Aktivitäten des Bundes zum Thema «Intelligente Mobilität» ein.

Das Eidgenössische Institut für Metrologie (METAS), das über umfangreiche Erfahrungen mit Messdaten und Datensicherheit verfügt, baut derzeit im Rahmen eines Projektes entsprechende Kompetenzen auf dem Gebiet «Autonome Fahrzeuge und Datensicherheit» auf.

- **Mitarbeit in internationalen Gremien:** Das ASTRA ist seit Längerem in den relevanten technischen Experten-Gremien der EU vertreten und wirkt dort bei der Erarbeitung internationaler Richtlinien und Standards im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren aktiv mit. Auch im Bereich des Strassenverkehrsrechts pflegt die Schweiz regelmässige internationale Kontakte.

Diese Tätigkeiten stellen sicher, dass die internationalen Erkenntnisse laufend in die Aktivitäten der Schweiz einfliessen.

- **Wissen austauschen und verfügbar machen:** Zusammen mit Fachverbänden, Hochschulen und kantonalen Organen engagiert sich der Bund im Rahmen der Schweizerischen Verkehrstelematik-Plattform its-ch. its-ch fördert die Einführung von Verkehrstelematikdiensten und -produkten in der Schweiz und vernetzt die Akteure aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung. Die «Intelligente Mobilität» ist eines der Schwerpunktthemen, zu denen its-ch regelmässige Netzwerkanlässe und Fachtagungen organisiert und Standberichte publiziert.

Im Weiteren hat das ASTRA in Zusammenarbeit mit der Mobilitätsakademie des TCS den Aufbau und den Betrieb einer Webplattform zum automatisierten Fahren lanciert. Auf dieser Plattform wird das nationale und internationale Wissen zum automatisierten Fahren gesammelt und den interessierten Kreisen zugänglich gemacht.

Durch die Unterstützung von Plattformen für den Wissensaustausch sowie durch die Organisation von Veranstaltungen unterstützt die öffentliche Hand relevante Stakeholder bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben und trägt zu ihrer Vernetzung bei.

6.2. Planerische und technische Voraussetzungen schaffen

- **Planerisch/konzeptionelle Voraussetzungen:** Im Rahmen des «Leitbildes Mobilität» legt das UVEK derzeit unter anderem die Grundsätze für die Bedeutung und den Umgang mit diesen neuen technologischen Möglichkeiten auf nationaler Ebene fest. Gestützt darauf werden die aktuellen Mobilitätskonzepte und Infrastrukturprogramme sowie die raumplanerischen Konzepte des Bundes überprüft und bei Bedarf angepasst.

- **«Aktionsplan Strategie Digitale Schweiz»:** Im Rahmen des Aktionsplans Strategie «Digitale Schweiz» werden derzeit unter der Federführung des BAKOM verschiedene Elemente der Strategie «Digitale Schweiz» vertieft. Diese umfassen unter anderem die Erarbeitung einer Auslegeordnung zum Thema Datenpolitik des Bundes, den Aufbau einer nationalen Dateninfrastruktur, die Erstellung eines verkehrsträgerübergreifenden und vernetzten Verkehrsmanagements (inklusive des automatisierten Fahrens) mit Hilfe der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Überlegungen zur Cyber Security und zur Datensicherheit. Alle diese Aspekte haben einen direkten Zusammenhang mit dem Ermöglichen des automatisierten Fahrens.

Hinzu kommen Aktivitäten der Industrie, die gegenwärtig die nächste Generation der Kommunikationstechnologie (5G) entwickelt und standardisiert. Diese neue Technologie könnte auch für die Vernetzung automatisierter Fahrzeuge untereinander von Bedeutung sein.

- **Technische Voraussetzungen:** Bereits vor einigen Jahren hat das ASTRA das Projekt «Systemarchitektur Schweiz» an die Hand genommen. Im Rahmen dieses Projekts werden die Betriebs- und Sicherheitsanlagen der Nationalstrasse technisch harmonisiert und standardisiert. Eine Daueraufgabe ist in diesem Zusammenhang die fortwährende Überführung der heutigen in die künftige technische Ausrüstung. Diese Arbeiten sind Voraussetzung für die Vernetzung der automatisierten Fahrzeuge mit der Infrastruktur in der Schweiz.

Sobald die technischen Standards für die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur auf internationaler Ebene genügend stabil sind, müssen bei Bedarf die nötigen Massnahmen in der Schweiz erarbeitet und umgesetzt werden.

Im Weiteren müssen die Aufgaben der öffentlichen Hand für den Aufbau und den Betrieb umfassender Datenverbünde für die Automatisierung des Verkehrs festgelegt und umgesetzt werden. Diese können von der Bereitstellung von eigenen Daten bis zur aktiven Mitgestaltung und Mitwirkung beim Aufbau und beim Betrieb dieser digitalen Infrastrukturen gehen.

6.3. Rechtliche Grundlagen schaffen

- **Strassenverkehrsrecht:** Der rechtliche Rahmen für das automatisierte Fahren und die Nutzung weiterer Möglichkeiten der digitalen Welt im Mobilitätsbereich müssen geschaffen werden. In einem ersten Schritt geht es darum, die kurz- bis mittelfristig absehbaren Entwicklungen im automatisierten Fahren in der Schweiz zu ermöglichen und mit den internationalen Entwicklungen abzustimmen.

Das ASTRA hat zu den anzupassenden Verkehrsregeln und Zulassungsfragen der Fahrzeuge und der Fahrerinnen oder der Fahrer ein Konzept erarbeitet. Die nötigen Anpassungen der betroffenen Rechtsgrundlagen werden derzeit erarbeitet. Diese Aktivitäten zielen darauf ab, die technologischen Entwicklungen bis zur Stufe 4 des automatisierten Fahrens (vgl. Anhang 1) in der Schweiz zu ermöglichen

- **Weitere Regelungen:** Die darüber hinausgehenden Bedürfnisse wie beispielsweise Regelungen zum Datenschutz, zur Cyber Security, zum Betrieb von Datenverbänden oder zur Rolle der öffentlichen Hand bei der Beeinflussung des Verkehrsgeschehens sind zu ermitteln und mit den laufenden Aktivitäten im Rahmen des «Aktionsplans Strategie digitale Schweiz» abzustimmen.

Je nach Haltung der Gesellschaft und der Politik gegenüber den Auswirkungen der technologischen Entwicklungen, die die Automatisierung im Mobilitätsbereich ermöglichen, werden auch verschiedene regulatorische Massnahmen zu treffen sein. Diese sind ebenfalls zu bezeichnen, an die zuständigen Stellen zu adressieren, inhaltlich zu konkretisieren und dem politischen Entscheidungsprozess zuzuführen.

6.4. Weitere Aktivitäten

Im Weiteren erbringt der Bund in folgenden Bereichen Leistungen:

- **Pilotversuche ermöglichen und begleiten:** Der Bund nimmt eine aktive Rolle beim Ermöglichen von Pilotversuchen in Zusammenhang mit selbstfahrenden Fahrzeugen wahr. Erste Bewilligungen für die Durchführung von Pilotversuchen hat das UVEK bereits genehmigt (vgl. Kapitel 3.7), weitere werden folgen.

Die Erkenntnisse aus diesen Pilotversuchen fliessen fortwährend in die laufenden Arbeiten des Bundes ein.

- **Laufende Arbeiten koordinieren und steuern:** Das ASTRA hat Anfang 2016 eine Kerngruppe «Intelligente Mobilität» ins Leben gerufen. In dieser interdisziplinär zusammengesetzten Arbeitsgruppe werden Ideen zur Umsetzung der «Intelligenten Mobilität» entwickelt, die konkreten Aktivitäten aufeinander abgestimmt und festgelegte Teilprogramme umgesetzt.

Eines dieser Teilprogramme umfasst den Aufbau und den Betrieb einer Datenplattform, über die das ASTRA interessierten Nutzern die heute verfügbaren Daten zum Verkehr verfügbar machen will.

- **Verkehrsfluss auf den Nationalstrassen erhalten:** Daneben unternimmt das ASTRA seit Jahren erhebliche Anstrengungen zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf den Nationalstrassen. Darunter fallen die kontinuierliche Verbesserung der Informationen über das aktuelle Verkehrsgeschehen, die Ausrüstung der Nationalstrassen mit technischen Einrichtungen zur Beeinflussung des Verkehrs, die Realisierung von Anlagen zur zeitlich befristeten Freigabe weiterer Pannestreifen für den allgemeinen Verkehr sowie die Projektierung und die Realisierung der Erweiterungsprojekte im Rahmen des Programms Engpassbeseitigung.

- **Konzept Mobility-Pricing konkretisieren:** Derzeit konkretisieren das ASTRA und das BAV den vom Bundesrat verabschiedeten Konzeptbericht zum Mobility-Pricing. Im Rahmen eines Pilotversuchs sollen die konzeptionellen Überlegungen vertieft und Erfahrungen mit diesem Instrument gesammelt werden. Mittel- und längerfristig könnte das Mobility-Pricing dazu beitragen, unerwünschten Entwicklungen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren entgegenzuwirken.

- **Finanzierung sicherstellen:** Die heutige Finanzierung des Strassenverkehrs basiert zur Hauptsache auf den Mineralölsteuern. Bereits durch die absehbare (Teil)-Elektrifizierung des Fahrzeugparks wird die Finanzierung des Strassenverkehrs in nicht allzu ferner Zukunft auf eine neue Basis zu stellen sein. Die zunehmende Automatisierung könnte die Elektrifizierung des Fahrzeugparks zusätzlich beschleunigen und den damit verbundenen Handlungsbedarf entsprechend erhöhen. Mit der in der NAF-Vorlage vorgesehenen Abgabe auf Elektrofahrzeuge ist ein erster Schritt in diese Richtung getan. Diese Abgabe ist aber unabhängig von der Fahrleistung und stellt damit nur eine Übergangslösung dar. Im Weiteren ist derzeit noch weitgehend offen, ob und in welchem Umfang die schrittweise Automatisierung des Strassenverkehrs strassenseitige Investitionen nach sich ziehen wird. Auch dafür sind bei Bedarf rechtzeitig die entsprechenden finanziellen Mittel bereit zu stellen.

7. Antworten auf die Fragen der Postulantin

Auf der Basis der vorliegenden Erkenntnisse beantwortet der Bundesrat die konkreten Fragen der Postulantin wie folgt:

1. Wann ist mit der Markt- beziehungsweise Serienreife des Roboterautos zu rechnen?

Der Bundesrat geht davon aus, dass automatisierte Fahrzeuge in den kommenden 15 – 25 Jahren einen nennenswerten Anteil der zugelassenen Strassenfahrzeuge darstellen werden.

2. Welche Auswirkungen wird das Fahren ohne Fahrerin oder Fahrer auf die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsdienstleistungen und insbesondere der SBB haben?

Mit der Einführung der automatisierten Fahrzeuge wird der Strassenverkehr noch einmal sicherer und komfortabler werden, und sie wird neuen Nutzergruppen wie Betagten, Menschen mit Behinderungen und Kindern einen neuen Zugang zur (Auto)mobilität ermöglichen.

Auch für den öffentlichen Verkehr ermöglichen die neuen technologischen Entwicklungen interessante Perspektiven. Insbesondere auf den kurzen und mittleren Distanzen sowie in ländlichen Regionen dürften neuen Angebotsformen wie «Sammeltaxis», Car-Sharing-Modelle und andere linien- und fahrplanunabhängige Angebote die heutigen öV-Angebote ergänzen und teilweise auch ersetzen. Die Grenzen zwischen öffentlichem und individuellem Verkehr dürften sich zunehmend verwischen. Auch die heutigen Betreibermodelle dürften sich durch die Einführung neuer Geschäftsmodelle wie «Mobility as a Service (vgl. Kapitel 3.4)» grundlegend verändern. Neue Akteure könnten als potentielle Empfänger von Subventionen im öffentlichen Verkehr auftreten und neue Anforderungen an die Art der Subventionierung stellen. Treiber dafür sind allerdings nicht die selbstfahrenden Fahrzeuge, sondern die absehbaren Entwicklungen der digitalen Welt.

Diese Möglichkeiten bieten interessante Perspektiven für die Bereitstellung noch bedarfsgerechterer, effizienterer und kostengünstigerer Angebote. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass insbesondere die Betreiber des öffentlichen Nah- und Regionalverkehrs diese Möglichkeiten aktiv nutzen und sich erfolgreich im sich wandelnden Markt positionieren werden. Ähnliches gilt für den Bund, die Kantone und die Städte, die als Miteigentümer zahlreicher Transportunternehmungen diesem geänderten Umfeld ausgesetzt sind.

3. Wie gestaltet sich der Bedarf an Infrastrukturen (Strasse, Schiene), wenn die Roboterautos zum Massenverkehrsmittel werden?

Die vorliegenden Ausführungen zeigen, dass sich die Automatisierung der Fahrzeuge sehr unterschiedlich auf das künftige Verkehrsaufkommen auswirken kann. Entsprechend unterschiedlich wird der zukünftige Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen ausfallen.

Derzeit liegen keine verlässlichen Erkenntnisse vor, die eine Abkehr von der eingeleiteten Infrastrukturplanung für Strasse und Schiene nahe legen würden. Aus heutiger Sicht kann einzig festgestellt werden, dass der Verkehrsträger Strasse durch den vermehrten Einsatz automatisierter Fahrzeuge zusätzlich an Bedeutung gewinnen dürfte.

Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass der Verkehrsfluss auf Autobahnen und Überlandstrassen mit selbstfahrenden Fahrzeugen verbessert wird und dass die bestehende Infrastruktur effektiver und effizienter genutzt werden kann als heute. Am grössten ist dieses Potential, wenn die Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur umfassend vernetzt sind.

Das Ausmass dieser kapazitätssteigernden Wirkung hängt stark von der Marktdurchdringung der selbstfahrenden Fahrzeuge ab: je stärker diese ist, desto grösser die Wirkung. Sie kann – zumindest in einer Übergangsphase – je nach Strassentyp oder Lage der Strasse jedoch unterschiedlich ausfallen.

Bei einer vollständigen Marktdurchdringung selbstfahrender Fahrzeuge sind substantielle Verbesserungen in der Nutzung der verfügbaren Kapazitäten möglich. So ist es beispielsweise denkbar, dass auf der bestehenden Verkehrsfläche einer Autobahn für die präzise gesteuerten und permanent untereinander kommunizierenden Fahrzeuge ohne Erweiterung der bestehenden Infrastruktur zusätzliche Fahrspuren angeboten werden können und dass diese je nach Lastrichtung des Verkehrs den jeweiligen Verkehrsflüssen flexibler zugeordnet werden können als heute. Auch die Kapazitäten von Strassen und insbesondere von Kreuzungen im Siedlungsraum können durch den vollumfänglichen Einsatz solcher Fahrzeuge erhöht werden. Ob diese Entwicklung in dieser Form eintritt, ist allerdings offen, und es wird in jedem Fall noch eine geraume Zeit dauern, bis sie in signifikantem Umfang zum Tragen kommen wird. Im Weiteren werden selbstfahrende Fahrzeuge die Verkehrsinfrastruktur im Siedlungsraum auch langfristig mit Fussgängern, Fahrrädern, Motorrädern und anderen nicht automatisierten Fahrzeugen teilen müssen.

4. Welche Normen sind für die Zulassung der Roboterautos in der Schweiz nötig bzw. geplant?

Die Zulassung und die Nutzung fahrerloser Fahrzeuge in der Schweiz hängen stark von internationalen Abkommen und Reglementen im Bereich des Strassenverkehrs ab. Das Wiener Übereinkommen stellt das zentrale Regelwerk dar. Es legt Grundsätze fest für Verkehrsregeln, allgemeine technische Anforderungen an Fahrzeuge, Pflichten der Fahrzeugführer sowie die Erteilung und die Anerkennung von Ausweisen. In UNECE-Reglementen sind zudem spezifische Anforderungen an Ausrüstungsgegenstände und Teile geregelt, die in Fahrzeuge eingebaut werden können.

Derzeit ist vorgeschrieben, dass die Fahrerin oder der Fahrer das Fahrzeug immer beherrschen muss. Dies wurde mit dem Aufkommen von gewissen Assistenzsystemen in Frage gestellt. Deshalb wurde mit der Anpassung des Wiener Übereinkommens per März 2016 klargestellt, dass die Beherrschung des Fahrzeugs bei der Vornahme von Fahrvorgängen durch ein automatisiertes Fahrassistenzsystem immer noch gegeben ist, sofern das System von der Fahrerin oder vom Fahrer übersteuert oder ausgeschaltet werden kann, oder wenn in internationalen Zulassungsvorschriften (UNECE-Reglemente) anderweitige Regelungen dazu festgelegt sind. Damit können Fahrzeuge mit automatisierten Systemen zugelassen und grenzüberschreitend genutzt werden. Eine Fahrerin oder ein Fahrer ist jedoch auch weiterhin vorausgesetzt und eine Entlastung von seinen Pflichten und der Verantwortung ist damit noch nicht verbunden. Als zentral erscheint die Fragestellung, welche Voraussetzungen auf technischer Seite erfüllt sein müssen, damit die angestrebte Entlastung der Fahrerin oder des Fahrers während der Nutzung des automatisierten Systems erfolgen kann. Insbesondere stellt sich diesbezüglich die Frage, welches Sicherheitsniveau das Fahrzeug dazu erreichen muss und welche Anforderungen an die entsprechenden Nachweise zu stellen sind.

Fahrerlose Fahrzeuge können in der Schweiz somit erst zugelassen werden, wenn die fahrzeugtechnischen Nachweise vorliegen und der internationale Rechtsrahmen weiterentwickelt wurde. Das nationale Recht darf diesen Entwicklungen nicht hinterher hinken. Deshalb ist es wichtig, dass flexibel und zeitnah auf die kommende Weiterentwicklung des Wiener Übereinkommens reagiert werden kann und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten rechtzeitig wahrgenommen werden können. Um die notwendige gesetzgeberische Flexibilität zu erreichen, sollten dem Bundesrat auf Stufe SVG möglichst weitgehende Kompetenzen eingeräumt werden, um die Zulassung und den Verkehr von automatisierten respektive selbstfahrenden Fahrzeugen auf Verordnungsstufe zu regeln.

Anhang 1: Definition der sechs Automatisierungsgrade

Der Automatisierungsgrad eines Fahrzeugs wird im Allgemeinen in sechs Stufen unterschieden [SAE J3016]:

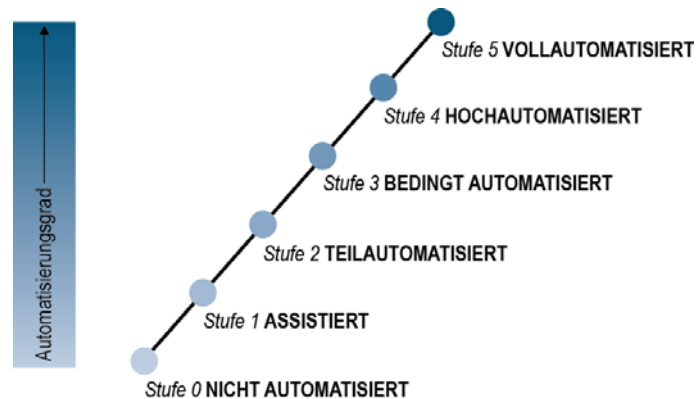


Abbildung A1: Automatisierungsgrade gemäss SAE J3016

- Stufe 0: Nicht automatisiert**
Das Fahrzeug ist ausschliesslich mit Warnsystemen ausgerüstet. Die Fahrerin / der Fahrer führt das Fahrzeug in allen Belangen selbst.
- Stufe 1: Assistent**
Das System übernimmt entweder die Längs- oder die Querführung des Fahrzeugs während die Fahrerin / der Fahrer die jeweils andere übernimmt. Sie / er muss das System aber dauerhaft überwachen und jederzeit die vollständige Kontrolle übernehmen können.
- Stufe 2: Teilautomatisiert**
Das System übernimmt für eine gewisse Zeit oder in speziellen Situationen wie beispielsweise dem Überholen auf der Autobahn sowohl die Quer- als auch die Längsführung des Fahrzeugs. Die Fahrerin / der Fahrer muss das System aber dauerhaft überwachen und jederzeit in der Lage sein, die Steuerung des Fahrzeugs sofort zu übernehmen.
- Stufe 3: Bedingt automatisiert**
Wie auf Stufe 2 übernimmt das Fahrzeug für einen gewissen Zeitraum oder in spezifischen Situationen die Quer- und die Längsführung des Fahrzeugs. Eine dauerhafte Überwachung des Systems durch die Fahrerin oder den Fahrer ist jedoch nicht mehr notwendig. Sie/er muss jedoch in der Lage sein, auf Anforderung des Systems mit einer ausreichenden Zeitreserve die Kontrolle des Fahrzeugs wieder zu übernehmen.
- Stufe 4: Hochautomatisiert**
Auf dieser Stufe kann das Fahrzeug in einem definierten Anwendungsfall wie beispielsweise dem Fahren auf Autobahnen alle Situationen automatisch bewältigen. Eine Fahrerin / ein Fahrer muss vor Beendigung des Anwendungsfalls zur Übernahme der Fahraufgabe aufgefordert werden. Kommt sie / er dem nicht nach, muss das Fahrzeug einen risikominimalen Zustand einnehmen.
- Stufe 5: Vollautomatisiert**
Auf dieser Stufe ist vom „Start“ bis zum „Ziel“ keine Fahrerin / kein Fahrer mehr notwendig. Das System übernimmt die Fahraufgabe vollumfänglich, d.h. bei allen Strassentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umfeldbedingungen.

Aus rechtlicher und technologischer Sicht von besonderem Interesse sind die Stufen 3 bis 5. Bei diesen übergibt die Fahrerin oder der Fahrer die Verantwortung über das Fahrzeug unter bestimmten Bedingungen respektive dauerhaft an eine „Maschine“.

Anhang 2: Bereits vorhandene und absehbare technologische Entwicklungen

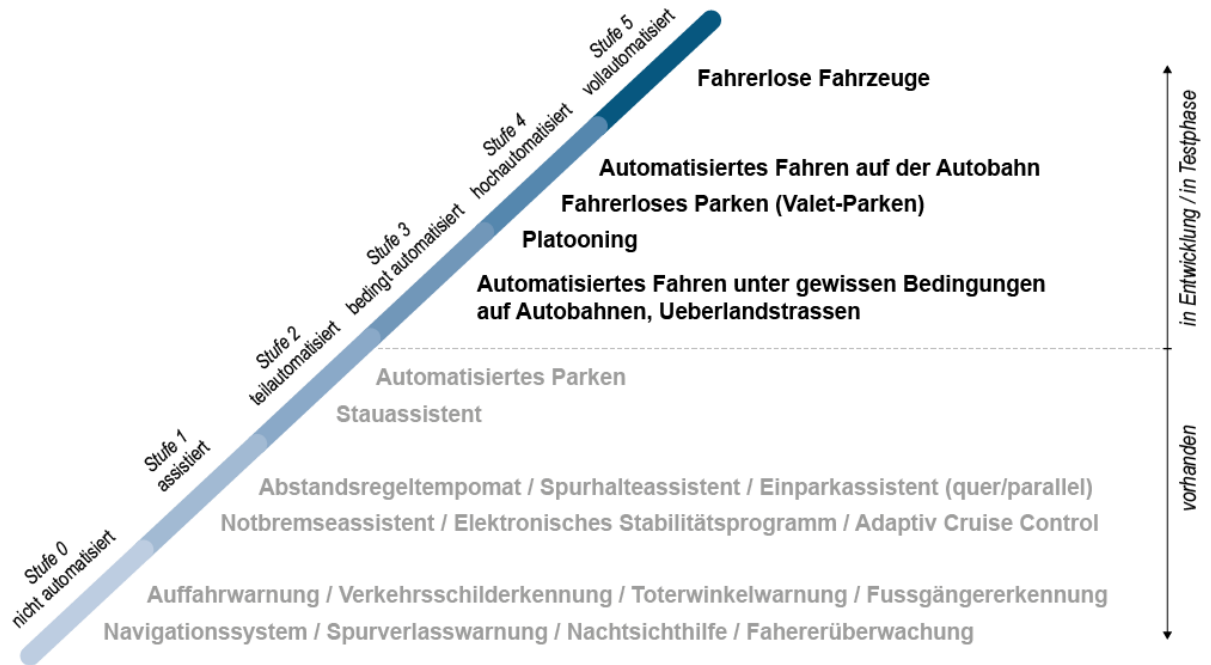


Abbildung A2:
Bestehende und denkbare zukünftige Entwicklungen im automatisierten Fahren

Anhang 3: Literaturverzeichnis

- [BfS 2016]: Publikation BfS „Kosten und Finanzierung des Verkehrs – Strasse und Schiene 2013“, vom 11. Oktober 2016. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/kosten-finanzierung.assetdetail.811-1300.html>
- [BAST 2012]: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe. Herausgegeben von Tom M. Gasser. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. F, Fahrzeugtechnik, Heft F 83. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2012.
- [NHTSA 2013]: "U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)". <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development> (abgerufen am 29. April 2015).
- [Etemad 2015]: Etemad, Aria: Presentation at EU ITS Conference, Session "Connectivity and automation: the odd couple", Brüssel 24. April 2015, http://ec.europa.eu/transport/themes/its/event/its-conference-2015-digital-strategy-mobility-capacity-connectivity_en.
- [Ericsson 2012]: "Connected Car services come to market with Volvo Car Group and Ericsson". *Ericsson.com*, 17. Dezember 2012. <https://www.ericsson.com/news/1665573>.
- [UK DfT 2015]: "Driverless cars in the UK: a regulatory review - Publications - GOV.UK". <https://www.gov.uk/government/publications/driverless-cars-in-the-uk-a-regulatory-review> (abgerufen am 29. April 2015).
- [BMVI 2015]: «BMVI - Pressemitteilungen - Dobrindt legt „Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren“ vor». <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2015/092-dobrindt-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.html> (abgerufen am 16. September 2016).
- [C-ITS 2016]: C-ITS Platform: "Final Report", EU DG MOVE, Brussels, January 2016, http://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en.htm
- [EPFL 2015]: "Come and test the six free driverless shuttles". <https://actu.epfl.ch/news/come-and-test-the-six-free-driverless-shuttles/> (abgerufen am 21. Juli 2016).
- [ASTRA 2015]: «www.news.admin.ch - UVEK bewilligt Pilotprojekt für Tests mit autonomem Fahrzeug», 28. April 2015, <https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=57035>.
- [PostAuto 2016]: «Projekt «SmartShuttle» | PostAuto Schweiz AG». <https://www.post-auto.ch/de/smartshuttle> (abgerufen am 21. Juli 2016).
- [Burns 2013]: Burns, Lawrence D., et al.: "TRANSFORMING PERSONAL MOBILITY", 27. January 2013, The Earth Institute, Broadway, NY, <http://sustainablemobility.ei.columbia.edu/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Jan-27-20132.pdf>.
- [Bösch 2015]: Bösch, Patrick. "Required autonomous vehicle fleet sizes to serve different levels of demand", 2015. <http://e-citations.ethbib.ethz.ch/view/pub:163885>.
- [Meyer 2016]: Meyer, Jonas, H. Becker, P. M. Bösch, K. W. Axhausen: "Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland", 24.07.2016.
- [Winterhoff 2015]: Winterhoff, M., Mishoulam, D., Shirokinskiy, K., Chivukula, V. & Freitas, N. (2015, Februar). *Automotive 4.0: A Disruption and New Reality in the US?* Roland Berger: Think Act, 2015.
- [Viereckl 2015]: Viereckl, R., Ahlemann, D., Koster, A. & Jursch, S. (2015). *Connected Car Study 2015: Racing Ahead with Autonomous Cars and Digital Innovation*. Strategy& PwC. Abgerufen von: <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Connected-Car-Study-2015.pdf>.
- [Doll 2015]: Doll, N., Vetter, P. & Tauber, A. (2015, 14. September). *Wen soll das autonome Auto lieber überfahren? Die Welt*. Abgerufen von: <http://www.welt.de/wirtschaft/article146407129/Wen-soll-das-autonome-Auto-lieber-ueberfahren.html>
- [Maurer 2015]: Maurer, Markus, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, und Hermann Winner, Hrsg. *Autonomes Fahren*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45854-9>.
- [Folsom 2012]: Folsom, T.C.: "Energy and Autonomous Urban Land Vehicles", *IEEE Technology and Society Magazine* 31 (2): 28–38. doi:10.1109/MTS.2012.2196339.

- [Knight 2013]: Knight, W. (2013, 22. Oktober). Driverless Cars Are Further Away Than You Think. MIT Technology Review. <http://www.technologyreview.com/featuredstory/520431/driverless-cars-are-further-away-than-you-think/>
- [Rodoulis, 2014]: Rodoulis S., The impact of autonomous vehicles on cities, journeys: Sharing urban transport solutions (S. 12-19). Singapore: Land Transport Academy, 2014. http://www.lta.gov.sg/ltaacademy/doc/J14Nov_p12Rodoulis_AVcities.pdf
- [Riederer 2015]: Riederer, Markus. «Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, Themenvertiefung: fahrerlose Fahrzeuge». its-ch, Mai 2015. http://www.its-ch.ch/fileadmin/redacteur/pdf/2015_1_its-ch_Schwerpunktbericht_International_2015-1_def.pdf.
- [Da Lio 2015]: Da Lio, M., F. Biral, E. Bertolazzi, M. Galvani, P. Bosetti, D. Windridge, A. Saroldi, und F. Tango: "Artificial Co-Drivers as a Universal Enabling Technology for Future Intelligent Vehicles and Transportation Systems", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 16 (1) 2015: 244–63. doi:10.1109/TITS.2014.2330199.
- [Wadud 2016]: Wadud Z., D. MacKenzie, P. Leiby: "Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles", Transportation Research Part A 86 (2016) 1–18, Elsevier Ltd., 2016.
- [Wu 2014]: Wu, Qihui, Guoru Ding, Yuhua Xu, Shuo Feng, Zhiyong Du, Jinlong Wang, und Keping Long. "Cognitive Internet of Things: A New Paradigm Beyond Connection". *IEEE Internet of Things Journal* 1, Nr. 2 (April 2014): 129–43. doi:10.1109/JIOT.2014.2311513.
- [CONVERGE 2015]: Wieker, Horst. «CONVERGE, COmmunication Network VEhicle Road Global Extension, Proposal for a Car2X Systems Network, Deliverable D4.3, „Architecture of the Car2X Systems Network“». University of Applied Sciences, Saarbrücken, 31. Januar 2015. www.converge-online.de.
- [Auto Alliance 2015]: "Cyber Security | Alliance of Automobile Manufacturers". *Auto Alliance*. <http://www.autoalliance.org/index.cfm?objectid=D7F39E80-A2D1-11E5-997E000C296BA163> (abgerufen am 30. Mai 2016).
- [ACEA 2015]: "Automotive and telecom industries launch joint EU dialogue at the Frankfurt IAA | ACEA - European Automobile Manufacturers' Association". 16/09/2015. <http://www.acea.be/news/article/Automotive-and-telecom-industries-launch-joint-EU-dialogue-at-the-Frankfurt>.
- [Shields 2013]: Shields, Russell T.: "ITS Communication Technologies: Disaster is Looming", Presentation, ygomi, 6. Februar 2013, ETSI ITS Workshop, Wien, http://docbox.etsi.org/Workshop/2013/201302_ITSWORKSHOP/S01_KEYNOTES/YGOMI_SHIELDS.pdf.
- [ERTICO 2015]: ERTICO, EU, 5G-PPP. "5G Automotive Vision", October 2015, <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf>
- [Markey 2015]: "Markey, Blumenthal Continue Investigation of Automotive Cyber Security and Privacy Practices". *Senator Ed Markey*. <http://www.markey.senate.gov/news/press-releases/markey-blumenthal-continue-investigation-of-automotive-cybersecurity-and-privacy-practices> (abgerufen am 21. Juli 2016).
- [Greenblatt 2016]: Greenblatt, N. A. "Self-driving cars and the law". IEEE Spectrum 53, Nr. 2 (February 2016): 46–51. doi:10.1109/MSPEC.2016.7419800
"Self-Driving Cars Will Be Ready Before Our Laws Are". *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*, 19. Januar 2016. <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/self-driving-cars-will-be-ready-before-our-laws-are>.
- [EU C(2016)1958]: "COMMISSION NOTICE of 5.4.2016, The 'Blue Guide' on the implementation of EU product rules 2016", <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/16210?locale=de>
- [c't 23/2015]: Schmidt, Jürgen. «Editorial: Dinge, denen wir vertrauen können». c't. 16.10.2015. <http://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-23-Editorial-Dinge-denen-wir-vertrauen-koennen-2844188.html>.
- [SAE J3016]: SAE Information Report: (J3016) "Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems", SAE International -- mobility engineering, WARRENDALE, Pa., Oct. 2, 2014, http://www.sae.org/servlets/pressRoom?OBJECT_TYPE=PressReleases&PAGE=showRelease&RELEASE_ID=2715.
- [US DOT 2016]: "Federal Automated Vehicles Policy - September 2016". Text. Department of Transportation, 19. September 2016. <https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016>.

- [IRGC 2016]: 2016 Activities | IRGC, Autonomous cars, "Creating the appropriate regulatory context; Dealing with insurance, liability and perception issues", <http://irgc.epfl.ch/page-128879-en.html>.