



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# **Automatisiertes Fahren; Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs**

**Conduite automatisée; Projet initial:  
Clarification des besoins de recherche et d'action**

**Automated Driving; Initial project:  
Clarification of research and action needs**

**Rapp Trans AG  
Ralf Bosch  
Bernhard Oehry  
Dr. Jörg Jermann**

**Forschungsprojekt ASTRA 2015/004 auf Antrag des Bundesamtes für  
Strassen (ASTRA)**

**Juni 2017**

**1609**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# **Automatisiertes Fahren; Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs**

**Conduite automatisée; Projet initial:  
Clarification des besoins de recherche et d'action**

**Automated Driving; Initial project:  
Clarification of research and action needs**

**Rapp Trans AG  
Ralf Bosch  
Bernhard Oehry  
Dr. Jörg Jermann**

**Forschungsprojekt ASTRA 2015/004 auf Antrag des Bundesamtes für  
Strassen (ASTRA)**

**Juni 2017**

**1609**

# Impressum

## Forschungsstelle und Projektteam

### Projektleitung

Ralf Bosch

### Mitglieder

Bernhard Oehry

Dr. Jörg Jermann

## Begleitkommission

### Präsident

Sigrid Pirkelbauer, ASTRA

### Mitglieder

Markus Riederer, ASTRA

Stefan Huonder, ASTRA

Aurelio Vigani, ARE

Gery Balmer, BAV

Prof. Dr. Kay W. Axhausen, ETH Zürich

Prof. Dr. Markus Hackenfort, ZHAW

Prof. Markus Moser, BFH

Dr. Arnd König, Amt für Verkehr, Kanton Zürich

Karl Vogel, Stadt Bern

Alexander Lehrmann, Swisscom

Martina Mügler, PostAuto

Fabienne Perret, EBP, Vertretung ITS-CH

## Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

## Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                              |                |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Impressum.....</b>                                                        | <b>4</b>       |
| <b>Zusammenfassung .....</b>                                                 | <b>6</b>       |
| <b>Résumé.....</b>                                                           | <b>9</b>       |
| <b>Summary .....</b>                                                         | <b>13</b>      |
| <br><b>1      Ausgangslage und Fragestellung .....</b>                       | <br><b>17</b>  |
| 1.1    Hintergrund .....                                                     | 17             |
| 1.2    Ziele des Forschungsprojektes.....                                    | 19             |
| 1.3    Abgrenzungen und Rahmenbedingungen.....                               | 19             |
| 1.4    Vorgehensweise .....                                                  | 22             |
| <br><b>2      Stand des Wissens und der Entwicklung .....</b>                | <br><b>25</b>  |
| 2.1    Grundlagen .....                                                      | 25             |
| 2.2    Quellen für den Überblick.....                                        | 25             |
| 2.3    Funktion und Sicherheit.....                                          | 26             |
| 2.4    Nutzerverhalten, Ergonomie und MMI .....                              | 31             |
| 2.5    Verkehr und Infrastruktur.....                                        | 34             |
| 2.6    Betrieb / Überwachung / Finanzierung.....                             | 38             |
| 2.7    Markt und Ökonomie .....                                              | 40             |
| 2.8    Gesellschaft und Politik .....                                        | 49             |
| 2.9    Aktivitäten im Ausland .....                                          | 52             |
| <br><b>3      Szenarien.....</b>                                             | <br><b>57</b>  |
| 3.1    Einleitung.....                                                       | 57             |
| 3.2    Erläuterung Methodischer Ansatz.....                                  | 57             |
| 3.3    Szenarien .....                                                       | 58             |
| 3.4    Differenzen-Analyse.....                                              | 63             |
| <br><b>4      Auswirkungsanalyse für die Schweiz .....</b>                   | <br><b>67</b>  |
| 4.1    Technik und Interaktion Mensch-Maschine .....                         | 67             |
| 4.2    Markt und Angebot.....                                                | 68             |
| 4.3    Betrieb und Infrastruktur .....                                       | 69             |
| 4.4    Umwelt, Raum und Städteplanung .....                                  | 72             |
| 4.5    Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.....                             | 74             |
| 4.6    Recht .....                                                           | 76             |
| 4.7    Finanzen.....                                                         | 77             |
| <br><b>5      Forschungsbedarf.....</b>                                      | <br><b>79</b>  |
| 5.1    Forschungsthemen .....                                                | 79             |
| 5.2    Kriterien für die Priorisierung der Forschungsthemen .....            | 80             |
| 5.3    Struktur des Forschungspaketes.....                                   | 80             |
| 5.4    Abgrenzung zu SVI Forschungsprojekt „Verkehr der Zukunft (2060)“..... | 83             |
| 5.5    Beschreibung der Teilprojekte .....                                   | 84             |
| <br><b>6      Weitere Handlungsfelder .....</b>                              | <br><b>91</b>  |
| <br><b>7      Literaturverzeichnis .....</b>                                 | <br><b>93</b>  |
| <br><b>8      Anhang: Liste möglicher Forschungsthemen .....</b>             | <br><b>97</b>  |
| <br><b>Projektabschluss .....</b>                                            | <br><b>105</b> |
| <b>Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen.....</b>          | <b>109</b>     |

## Zusammenfassung

Die Technologien der Automatisierung und Digitalisierung des Verkehrs entwickeln sich rasch und haben das Potential, unsere Mobilität stark zu verändern. Die Entwicklungen hin zu hochautomatisierten Fahrzeugen und zu neuen kommerziellen Mobilitätsangeboten bieten Chancen, Mobilitätsdienstleistungen kostengünstiger und für alle verfügbarer zu machen, drängende Probleme des Verkehrs zu lösen und einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen zu ermöglichen. Diesen Chancen stehen - vor allem wenn die Entwicklung ungesteuert verläuft – auch bedeutende Risiken gegenüber. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verkehrsnachfrage durch die neuen Angebote in Zukunft stark steigen wird. Die Auswirkungen dieser gesteigerten Nachfrage werden stark von der Ausgestaltung des künftigen Verkehrssystems sowie vom Verhalten der Konsumenten abhängen.

Der Verkehr der Zukunft lässt sich heute erst in Umrissen erahnen. Grundsätzliche Fragen zu Technik, Betrieb und Infrastruktur, zu Angebot und Nutzerverhalten, zu Umwelt- und Raumplanungsaspekten, zu den Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft und nicht zuletzt bezüglich Sicherheit, Ethik und Recht lassen sich noch nicht zufriedenstellend beantworten und zumeist ist schwer zu beurteilen, welche Fragen überhaupt wesentlich sind. Als gesichert kann jedenfalls gelten, dass automatisiertes Fahren kommen wird, das „Wann“ und „Wie“ sind hingegen noch weitgehend offen und bezüglich vieler Aspekte beeinflussbar.

Im Dezember 2016 hat der Bundesrat den Bericht „Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen“ veröffentlicht<sup>1</sup>. Der Bericht breitet das Thema aus Schweizer Sicht aus und identifiziert die wesentlichen Aspekte der Entwicklung. Der Bundesrats konstatiert zusammenfassend, dass zentrale Aspekte der Entwicklung noch weitgehend offen und derzeit 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 sind. Das vorliegende Initialprojekt ist auf diesem Hintergrund zu sehen; es nimmt die gestellten Fragen auf, vertieft sie und konkretisiert den Forschungsbedarf um die im Bericht angerissenen zentralen Fragstellungen in einem geordneten Paket von Forschungsvorhaben aus Schweizer Sicht angehen zu können.

Das Forschungsprojekt analysiert mögliche Auswirkungen der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz, identifiziert die Lücken im heutigen Wissensstand und initiiert die nötigen Forschungsprojekte zur Schliessung der Wissenslücken durch Beschreibung von prioritären Teilprojekten. Die Ergebnisse des gesamten Forschungspaketes sollen für Politik, Behörden und relevante Stakeholder die Grundlagen schaffen, um sich angemessen auf die absehbare Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz vorbereiten und diese bei Bedarf auch proaktiv beeinflussen zu können.

Der Bericht beschränkt sich bei der Klärung des Forschungsbedarfs auf die Einführung automatisierter Strassenfahrzeuge. Es werden sowohl der Personen- als auch der Gütertransport betrachtet. Die Automatisierung des Schienenverkehrs, der Schiff- und Luftfahrt (z.B. Drohnen) ist nicht Gegenstand des Initialprojekts. Neben dem automatisierten Fahren werden auch die weiterreichenden Aspekte der Digitalisierung des Verkehrs betrachtet. Der Bericht konzentriert sich auf das künftige Verkehrssystem wenn hochautomatisiertes und fahrerloses Fahren einen wesentlichen Anteil am Verkehrsgeschehen hat und betrachtet Vorstufen dazu vorrangig nur aus Aspekten der Migration und der Koexistenz verschiedener Automatisierungsgrade.

Das Initialprojekt verwendet den Begriff „automatisiertes Fahren“, da er treffender erscheint als der häufig verwendete „autonomes Fahren“. Schon im Bericht des Bundesrates wird davon ausgegangen, dass die positiven Aspekte der Automatisierung und Digitalisierung des Verkehrs sich nur durch weitgehende Vernetzung von Fahrzeugen untereinander, mit

<sup>1</sup> Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 „Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen“, 21.12.2016.

der Infrastruktur und mit einer Vielzahl digitaler Dienste realisieren lassen und somit das Fahrzeug keinesfalls „autonom“ unterwegs ist.

Das Initialprojekt verwendet durchgehend die folgende Struktur um die betrachteten Themen einzuordnen:

- Technik (Funktion und Sicherheit)
- Interaktion von Mensch und Maschine (Nutzerverhalten während der Fahrt)
- Markt und Angebot (inkl. Aspekte der Digitalisierung)
- Betrieb und Infrastruktur
- Umwelt, Raum- und Städteplanung
- Gesellschaft, Wirtschaft und Politik
- Recht
- Finanzen

Der Forschungsbedarf wird erhoben, indem zunächst die vorhandene Literatur und bestehendes Wissen analysiert wird und relevante Fragestellungen extrahiert werden. Als weiterer Ansatz werden zwei Szenarien – eine wünschenswerte und eine ungünstige Entwicklung – gegenübergestellt. Aus den Unterschieden zwischen diesen Szenarien werden jene Aspekte hervorgehoben, die Ansätze zu Forschungen bieten, um die Entwicklung positiv beeinflussen zu können. Diese Erkenntnisse werden dann spezifisch aus Schweizer Sicht betrachtet. Insbesondere wird erhoben, wo Klärungs- oder Handlungsbedarf besteht, um eine künftige Entwicklung der Mobilität zu erreichen, die den politischen Zielen des Bundes entspricht.

Der so gefundene Klärungsbedarf wird tabellarisch als „long list“ möglicher Forschungsthemen dargestellt und schliesslich von der Begleitkommission anhand einer Liste von Beurteilungskriterien bewertet und im Konsens priorisiert. Das wesentlichste Kriterium ist dabei die Relevanz für die Schweiz, also insbesondere Themen, die für die Schweiz spezifische Aspekte umfassen und wo die öffentliche Hand auch entsprechende Handlungsspielräume hat.

Die Begleitkommission hat folgende sechs Forschungsthemen als prioritär bewertet und empfiehlt, möglichst rasch entsprechende Forschungsprojekte zu lancieren.

**1. Nutzungsszenarien und Auswirkungen:**

Darlegung der möglichen Nutzungsszenarien automatisierter vernetzter Strassenfahrzeuge, Beschreibung der wahrscheinlichen und anzustrebenden Nutzungen und deren relevanten Auswirkungen, Analyse, Synthese und Zusammenfassung des Forschungspaketes

**2. Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Infrastrukturen:**

Quantifizierung der verkehrlichen Auswirkungen und deren Folgen für den Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen, Formulierung von Erkenntnissen und Handlungsempfehlungen zuhanden der zuständigen Behörden

**3. Umgang mit Daten:**

Ermittlung des Datenumfangs, die aus dem automatisierten Fahren und möglichen Nutzungen entstehen, Einschätzung der strategischen Bedeutung dieser Daten und ihrer Nutzungsmöglichkeiten, künftige Rolle der öffentlichen Hand bei der Verkehrslenkung und Verkehrssteuerung sowie Bedarf und Anforderungen an die digitale Infrastruktur

**4. Neue Angebotsformen:**

Analyse und Beurteilung neuer Angebotsformen durch den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen sowie die weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung in der Mobilität, Ermittlung der nötigen Rahmenbedingungen für die Einführung gewünschter neuer Angebotsformen sowie Ableitung von Handlungsempfehlungen für die relevanten Stakeholder

**5. Mischverkehr (Nebeneinander unterschiedlicher Automatisierungsgrade sowie andere Verkehrsmittel):**

Ermittlung der betrieblichen und infrastrukturseitigen Anforderungen für den

Mischverkehr von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen mit unterschiedlichem Ausrüstungsstand zusammen mit manuell gesteuerten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern auf einer gemeinsamen Strasseninfrastruktur, Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Gewährleistung eines sicheren Strassenverkehrs sowie Ableitung von Handlungsempfehlungen für die relevanten Stakeholder

6. **Raumplanerische Aspekte:**

Herausforderungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Hinblick auf die Erreichung der mittel- und langfristigen raumplanerischen Ziele in der Schweiz

Diese Projektvorschläge sind im Bericht detaillierter ausformuliert und stellen die Empfehlung der Begleitkommission für erforderliche Forschungen zum Thema automatisiertes Fahren dar und sollen als Basis für die Ausschreibung bzw. Vergabe von ersten Forschungsaufträgen dienen.

## Résumé

Les technologies de l'automatisation et la numérisation du trafic se développent rapidement et vont changer radicalement notre mobilité. Le développement vers des véhicules hautement automatisés et de nouveaux services de mobilité offre des opportunités de rendre les services de mobilité moins chers et accessibles à tous, résoudre les problèmes urgents du trafic et permettre une utilisation plus durable des ressources naturelles. Ces opportunités font face à des risques importants, surtout si le développement est non contrôlé. On peut supposer que la demande de déplacements augmentera fortement à l'avenir, en raison des nouvelles offres de mobilité. L'impact de cette augmentation dépendra en grande partie de la conception des futurs systèmes de transport et du comportement des consommateurs.

Aujourd'hui, le trafic de l'avenir ne peut qu'être anticipé dans les grandes lignes. Les questions de fond sur la technologie, l'exploitation et l'infrastructure, l'offre et le comportement des utilisateurs, les aspects de l'environnement et de l'aménagement spatial, l'impact sur la société et l'économie ne trouvent pas encore de réponses satisfaisantes. Il est même généralement difficile de juger quelles sont les questions essentielles, notamment en matière de sûreté, de sécurité, d'éthique et de législation. Il peut être pris pour acquis que la conduite automatisée se développera. En revanche, nous ne savons pas «quand» et «comment» celle-ci sera largement déployée. De nombreux éléments peuvent les influencer.

En décembre 2016, le Conseil fédéral a publié le rapport «La conduite automatisée – Les effets et l'impact sur la politique des transports»<sup>2</sup>. Ce rapport analyse le sujet d'un point de vue suisse et identifie les aspects principaux de l'évolution. Le Conseil fédéral constate en résumant que les aspects principaux du développement sont en grande partie ouverts et qu'aucune estimation fiable sur l'impact des véhicules sans conducteur, le volume du trafic, le futur de l'infrastructure de transport, les transports publics, l'environnement et les aménagements urbain et spatial sont à présent possibles. Ce projet initial doit être vu dans ce contexte; il reprend les questions soulevées, les approfondit et précise le besoin de recherches nécessaires afin de permettre le traitement des questions essentielles abordées dans le rapport d'un point de vue suisse dans un ensemble ordonné de projets de recherche.

Le projet de recherche analyse les effets possibles de l'introduction de la conduite automatisée en Suisse, identifie les lacunes dans les connaissances actuelles et introduit les projets de recherche nécessaires pour combler l'écart de connaissances par la description des sous-projets prioritaires. Les résultats de l'ensemble du paquet de recherches serviront de base à la politique, aux autorités et aux parties prenantes concernées pour préparer convenablement l'introduction prévisible de la conduite automatisée en Suisse et les influencer de manière proactive si nécessaire.

Le rapport se limite à la clarification des besoins de recherches sur l'introduction de véhicules routiers automatisés. Les transports de passagers et de marchandises sont considérés. L'automatisation du transport ferroviaire, maritime et aéronautique (p.ex. drones) ne fait pas l'objet du projet initial. En plus de la conduite automatisée, les aspects importants de la numérisation du trafic sont considérés. Le rapport se concentre sur le futur système de transport lorsque la conduite hautement automatisée et sans conducteur aura une part significative dans la circulation. Il considère essentiellement des aspects de la migration et de la coexistence de différents niveaux d'automatisation.

Le projet initial utilise le terme «conduite automatisée», car il semble plus approprié que «conduite autonome» fréquemment utilisé. Déjà dans le rapport du Conseil fédéral, il est supposé que les aspects positifs de l'automatisation et de la numérisation du transport ne peuvent être atteints que par la mise en réseau étendu de véhicules entre eux, avec

<sup>2</sup> Le rapport de Conseil fédéral en réponse au postulat de Leutenegger Oberholzer 14.4169 "Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen", le 21 décembre 2016.

l'infrastructure et avec une variété de services numériques. Donc le véhicule ne circule en aucune façon d'une manière « autonome ».

Le projet initial utilise systématiquement la structure suivante pour catégoriser les thèmes abordés:

- les technologies (le fonctionnement, la sûreté et la sécurité)
- l'interaction homme-machine (le comportement des utilisateurs lors de la conduite)
- la demande et l'offre (y compris des aspects de la numérisation)
- l'exploitation et l'infrastructure
- l'environnement, l'aménagement spatial et urbain
- la société, l'économie et la politique
- la législation
- les finances

Le besoin de recherches est évalué d'abord par l'analyse de littérature, en recueillant les questions pertinentes soulevées. Une autre approche consiste à comparer deux scénarios - un développement souhaitable et un développement indésirable. Les différences entre ces scénarios sont analysées et fournissent des éléments de recherche permettant d'influencer positivement le développement. Ces résultats sont ensuite spécifiquement examinés du point de vue suisse. Le rapport évalue en particulier le besoin de clarification et d'action pour parvenir à un développement futur de la mobilité qui correspond aux objectifs politiques de la Confédération.

Le besoin de clarification ainsi identifié est ensuite présenté sous forme de tableau comme une « longue liste » des sujets de recherche possibles. Enfin, la commission d'accompagnement a évalué cette longue liste sur la base des critères d'évaluation et a convenu d'une liste courte de projets prioritaires par consensus. Le critère le plus important est la pertinence pour la Suisse, enjeux suisses où le secteur public dispose d'une marge de manœuvre appropriée.

La Commission d'accompagnement a déterminé les six thèmes de recherche prioritaires suivants et recommande de lancer dans les meilleurs délais des projets de recherche associés.

**1. Les scénarios d'utilisation et ses effets:**

Présentation des possibles scénarios d'utilisation des véhicules d'interconnexion automatisé; description des utilisations probables et à aspirer et de ses effets les plus importants; analyse, synthèse et résumé du programme de recherche.

**2. Les conséquences pour la circulation et besoins d'infrastructure**

Quantification des conséquences pour la circulation et ses implications pour les besoins d'infrastructure de transport ; rédaction des connaissances et des mesures recommandées à l'attention des autorités publiques responsables.

**3. Le traitement des données**

Détermination du volume des données qui se produisent par la conduite automatisée et ses utilisations possibles ; évaluation de l'importance stratégique de ces données et ses utilisations potentielles ; rôle futur des autorités publiques dans le pilotage et la gestion du trafic de même que les besoins et exigences de l'infrastructure digitale.

**4. Les nouvelles présentations d'offre**

Analyse et évaluation de nouvelles formes d'offre à cause de l'usage des véhicules automatisés et d'autres possibilités de la digitalisation dans le secteur de la mobilité ; détermination des conditions-cadres nécessaires pour l'introduction des nouvelles formes d'offres désirées aussi bien que la déduction des recommandations d'actions pour les acteurs pertinents.

**5. Le trafic mixte (coexistence de différents niveaux d'automatisation et de divers moyens de transport)**

Détermination des exigences de l'exploitation et de l'infrastructure pour le trafic mixte des véhicules automatisées et interconnectées avec divers niveaux d'équipement avec des véhicules conduits manuellement et d'autres usagers du transport sur une infrastructure routière commune ; élaboration des propositions de solutions pour la garantie d'un trafic routier sûr, aussi bien que la déduction des recommandations d'actions pour les acteurs pertinents.

**6. Les aspects de l'aménagement du territoire**

Défis de la conduite automatisée et interconnectée en vue de la réalisation des objectifs de l'aménagement spatial de la Suisse à moyen et à long terme.

Ces propositions sont énoncées en détail dans le rapport et constituent la recommandation de la commission d'accompagnement de la recherche nécessaire sur la conduite automatisée, et devraient servir de base pour les appels d'offres et l'attribution des premiers contrats de recherche.



## Summary

Automatization and digitalisation of traffic are fast developing technologies and have the potential to dramatically change our mobility. The developments towards highly automated vehicles and towards innovative commercial offers create opportunities for making mobility services more affordable and accessible to all, to solve pressing problems of traffic and to enable a more sustainable use of natural resources. Yet severe risks may well overshadow the opportunities, especially when the introduction develops in an uncontrolled way. It can be assumed that traffic demand will strongly increase owing to new mobility offers. The impacts and consequences of this increased demand will to a great extent depend on the shaping of the future transport systems as well as on consumer reaction.

Today, future traffic can only be anticipated in broad outlines. Fundamental questions regarding technology, operations and infrastructure, supply and user demand, environmental and spatial planning aspects, consequences for society and business and not the least regarding safety, security, ethics and legal issues can at the moment not be answered satisfactorily - it is generally even hard to assess which questions are the most relevant ones. It can be taken as granted, though, that automated driving will arrive, but when and how is largely unclear and can in many aspects be influenced and directed.

In December 2016 the federal council published the report “Automatic driving – impacts and consequences for transport policy”<sup>3</sup>. The report analyses the topic from a Swiss point of view and identifies the core aspects of the (r)evolution. Summarising, the Federal Council states that crucial aspects of the development are largely undecided and that currently no reliable assessment of the impact of driverless vehicles on traffic volume, future transport infrastructure, public transport, the environment and on urban and spatial planning is possible. The present initial project has to be seen on this background. It picks up the issues raised, expands on them and defines the required research in concrete terms in order to enable dealing with the core questions touched upon in the report from a Swiss perspective in an ordered package of research projects.

The initial project analyses potential impacts of the introduction of automatic driving in Switzerland, identifies gaps in current knowledge and initiates the research projects by describing the most urgent sub-projects required. The results of the research package shall establish the foundations for policy makers, public authorities and relevant stakeholders in order to enable them to adequately prepare themselves for and if required also to actively influence the introduction of automatic driving in Switzerland.

This report is limited to assessing research needs regarding the expected introduction of automated road vehicles, both for passenger and goods transport. Automatization of rail, water and air transport (e.g. drones) is not considered. In addition to automatic driving, the report also addresses the more comprehensive aspects of the digitalization of transport. The focus lies on the future transport system at a point in time when highly automated and driverless movement takes a considerable share of the traffic scene. Precursory stages are mainly considered from the viewpoint of migration and coexistence of different levels of automation only.

The initial project uses the term “automated driving” throughout, since it more aptly describes the factual situation than “autonomous driving”. Already the report of the Federal Council assumes that the positive aspects of automatization and digitalization of transport will only brought to bear by utilising networked communication among vehicles, and of vehicles with infrastructure as well as with a multitude of digital services. Hence, such vehicles can by no means be considered as “autonomous”.

---

<sup>3</sup> Report of the Federal Council in response to the postulate Leutenegger Oberholzer 14.4169 “Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen”, dated 21th December 2016.

The initial project consistently employs the following structure to classify the topics considered:

- Technology (functionality, safety, security)
- Human-machine interaction (user behaviour during transport)
- Market and supply (including aspects of digitalization)
- Operations and infrastructure
- Environment, urban and spatial planning
- Society, economy and politics
- Law
- Finances

Research requirements are assessed in the first place by evaluating existing literature and available knowledge, and extracting the relevant questions. As a second approach, two scenarios – a desirable and an undesirable development – are contrasted. The differences between the scenarios point to issues that are significant to be addressed and researched in order to learn how to steer the developments into a favourable direction. These findings are next re-established from a specifically Swiss perspective. The report especially assesses requirements for clarification and action for achieving a development of future mobility that fits the stated policies of the Swiss Federation.

The research requirements identified by this process are then presented in tabular format as a “long list” of possible research projects. The advisory commission has assessed the long list on the basis of agreed rating criteria and has reached consensus on a short list of prioritised projects. The most important criterion for short listing has been a project's relevance for Switzerland with respect to topics that encompass specific national aspects or where the public administration has scope and room for action.

1. **Utilization scenarios and effects:**

Exposition of the possible usage scenarios for automated and interconnected road vehicles, description of the probable and to be aspired usages and their relevant impacts; analysis, synthesis and summary of the research package.

2. **Impacts on traffic and infrastructure requirements**

Quantification of the impacts on traffic and their consequences for the requirements on transport infrastructure; formulation of findings and recommendations for action for the attention of the responsible authorities.

3. **Handling with data**

Determination of the data volume, that results from the automated driving and its possible utilizations; estimation of the strategic importance of this data and its usage possibilities; future role of the public sector in traffic guidance and management as well as needs and requirements on the digital infrastructure.

4. **New forms of offering**

Analysis and evaluation of new forms of offering by the use of automated vehicles as well as the other possibilities of digitalization in the mobility sector; determination of the necessary frameworks for the introduction of desired new offering forms and deduction of recommendations for action for the relevant stakeholders.

5. **Mixed traffic**

Determination of the operational and the infrastructural demands for the mixed traffic of automated and interconnected vehicles with different levels of equipment together with manually controlled vehicles and other transport users on one common road infrastructure; elaboration of proposed solutions for the warranty of a secure road

traffic as well as deduction of recommendations for action for the relevant stakeholders.

6. **Spatial planning aspects**

Challenges of the automated and interconnected driving with regard to the achievement of the mid- and long-term objectives of Spatial Planning in Switzerland.

In the report these project proposals are elaborated in concrete terms. The proposals represent the recommendations of the advisory commission for the required research regarding automated driving and shall serve as the basis for tendering and award of a first bundle of research contracts.



# 1 Ausgangslage und Fragestellung

## 1.1 Hintergrund

Die technische Entwicklung und Erprobung automatisierter Fahrzeuge ist weltweit im Gange und der Hype um automatisierte Fahrzeuge hat sich in den letzten Jahren beschleunigt. Die Vision vom vollständig automatisierten Fahren begeistert Parteipolitiker aller Couleur, Raum-, Städte- und Verkehrsplaner, Umweltlobbyisten, Ökonomen genauso wie Mobilitätsanbieter, Logistiker, Energieversorger, Automobilkonzerne oder Software-Giganten und Start-Ups.

Regierungen und Unternehmen investieren hohe Beträge um die Grundlagen für automatisiertes Fahren zu schaffen und die Rahmenbedingungen dafür in ihrem Sinne mit zu gestalten. Die Vorreiter sind hauptsächlich in Regionen zu finden, in denen direkte wirtschaftliche Interessen tangiert sind, also insbesondere Länder mit Automobilproduktion, mit IT-Giganten oder mit hoher Bedeutung der Mobilität oder Transportleistungen. In diesen Regionen sind auch entsprechend spezialisierte Forschungseinrichtungen stark involviert.

In der Hoffnung, sich eigene Wettbewerbsvorteile zu verschaffen, werden heute viele Anstrengungen von unterschiedlichen Akteuren parallel betrieben. Wer sich mit welchen Lösungskonzepten letztlich nachhaltig im Markt etablieren kann ist genauso offen, wie deren Auswirkungen auf das Verkehrssystem, die beteiligten Marktteilnehmer und die Gesellschaft.

Die Vision von Automobilen, die selbstständig ohne Bedienung durch einen Fahrer auf der Strasse ihre Ziele ansteuern, findet sich schon in Science-Fiction Darstellungen Anfang des letzten Jahrhunderts und dann in Abstufungen regelmässig in den Zukunftsvisionen der Fahrzeughersteller wieder. Was ursprünglich als Komfortfeature gedacht war, wurde später, als die negativen Auswirkungen der individuellen Massenmotorisierung erkennbar wurden, auch als Lösungsansatz für die drängenden Fragen, insbesondere zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, des Verkehrsflusses und den Auswirkungen auf die Umwelt thematisiert.

Es wird erwartet, dass fahrerlos betriebene Automobile das Sicherheitsniveau auf den Strassen durch die Ausschaltung der Möglichkeit menschlichen Versagens erhöhen, die Effizienz der Infrastruktur steigern, die Belastung der Umwelt verringern, den Komfort erhöhen sowie neue Freiräume bei den möglichen Mobilitätslösungen schaffen und damit auch die Mobilitätsnachfrage beeinflussen.

Die Forschung zu den technologischen Grundlagen und die Entwicklung von Systemen zur konkreten Umsetzung der Automatisierung von Teilsystemen in Strassenfahrzeugen wurde vor allem von den Fahrzeugherstellern mit der Zielsetzung angestossen, mit Assistenzsystemen den Fahrer bei Routineaufgaben zu entlasten und in kritischen Situationen zu unterstützen.

Die Fortschritte bei den Sensoren, der Robotik und den Aktuatoren im Fahrzeug haben bei unterschiedlichen Interessensgruppen Überlegungen initiiert, ob und wie die Vision eines automatisierten Fahrzeuges praktisch umgesetzt werden kann. Einen besonderen Schub für die Forschung und Entwicklung automatisierter Fahrzeuge gaben die 2004, 2005 und 2007 von der DARPA<sup>4</sup> ausgetragenen Wettbewerbe für unbemannte Landfahrzeuge. Dabei konnte aufgezeigt werden, dass der automatisierte Betrieb von Landfahrzeugen unter definierten Rahmenbedingungen mit der bekannten Technik möglich ist.

Die Ziele zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und die Fortschritte in der Informations- und Kommunikationstechnologie haben auch den Gedanken des vernetzten Fahrens angestossen, bei dem die Fahrzeuge untereinander und mit den Systemen der Strasseninfrastruktur in Verbindung stehen und ständig gegenseitig relevante Daten und Informationen austauschen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Vernetzung untereinander einen signifikanten Beitrag

<sup>4</sup> Technologieabteilung der „Defense Advanced Research Projects Agency“ des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums

zur Verkehrssicherheit leisten kann, allerdings lässt sich das volle Potential nur erschliessen, wenn alle Fahrzeuge und Systeme der Infrastruktur über die entsprechenden technischen Funktionen verfügen.

Heute werden autonome und hoch automatisierte Fahrzeuge bereits in einigen klar umrissenen Gebieten im Praxisbetrieb eingesetzt. Beispiele dafür sind Fahrzeuge zur Erkundung fremder Planeten, Transportvehikel in Fabriken, der automatisierte Betrieb von Maschinen in der Landwirtschaft und im Bergbau sowie Kampf- und Räumfahrzeuge des Militärs. Der Einstieg von Google und anderer Technologiekonzerne in die Entwicklung und Erprobung von hoch automatisierten Fahrzeugen hat das Thema einer breiteren Öffentlichkeit bekannt gemacht und in den Fokus von Politik und Behörden gerückt. Plötzlich erscheint ein hoch automatisiertes Fahrzeug ohne Fahrer im realen öffentlichen Strassenverkehr für eine breite Käufer- und Nutzerschicht in absehbarer Zeit möglich.

In einigen Regionen Asiens und im arabischen Raum ist es durchaus denkbar, dass für hoch-automatisierte Fahrzeuge eine von den klassischen Verkehrsteilnehmern getrennte Strasseninfrastruktur geschaffen wird. Unter solchen Rahmenbedingungen sind die technologischen und betrieblichen Herausforderungen deutlich einfacher zu beherrschen als bei einem Mischbetrieb von hoch automatisierten Fahrzeugen mit traditionellen Fahrzeugen, Radfahrern und Fussgängern auf der gleichen Strasseninfrastruktur, wie sie in Europa notwendig ist.

Auch das Einsatzfeld, die Einsatz- und Wetterbedingungen sowie das mit dem Betrieb verbundene Gefahrenpotential haben erheblichen Einfluss auf die Herausforderungen, die vor der Einführung von hoch automatisierten Fahrzeugen gelöst werden müssen. Die stark voneinander abweichenden Aussagen von Herstellern zur Marktreife von hoch automatisierten Fahrzeugen sind auch darin begründet, dass unterschiedliche Annahmen über die Einsatzbedingungen zugrunde gelegt werden.

### **Schweizer Perspektive**

Die Schweiz steht heute nicht im Zentrum der Forschung, Entwicklung, Erprobung und Einführung automatisierter Fahrzeuge. Dennoch gibt es im akademischen Bereich einzelne Einrichtungen, die im Umfeld automatisierter Fahrzeuge forschen sowie Unternehmen, die erste Schritte zur Erprobung möglicher Geschäftsmodelle in der Praxis unternehmen.

Hoch automatisierte Fahrzeuge haben das Potential das Verkehrssystem und alle damit zusammenhängenden Wertschöpfungsketten sowie das Mobilitätsverhalten von Personen und die Güterlogistik nachhaltig zu verändern. Wie das zünftige Verkehrssystem in der Schweiz ausgestaltet wird und welche Rolle automatisierte Fahrzeuge dabei spielen, hängt nicht nur von den technischen Möglichkeiten, sondern auch von der Akzeptanz der Lösungen bei Gesellschaft und Nutzern sowie den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen ab.

Da die Schweiz über keine nennenswerte Automobilproduktion verfügt, aber eine überdurchschnittlich grosse Mobilitätsnachfrage bedienen muss, treten hier die anwendungsorientierten Fragestellungen und insbesondere die Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge auf das Gesamtverkehrssystem in den Vordergrund der Betrachtungen.

Für die mit der Planung und dem Bau von Strasseninfrastruktur für den fliessenden und den ruhenden Verkehr befassten Infrastruktur- und Städteplaner, Unternehmen und Behörden stellt sich zunehmend die Frage, wie die vorhandene Infrastruktur angesichts der bevorstehenden Einführung automatisierter Fahrzeuge optimal genutzt, erhalten und nachhaltig weiter entwickelt werden kann und soll. Alle Beteiligten müssen auch ihre Rolle in dem sich stark wandelnden Umfeld neu definieren.

Dazu fehlt es der öffentlichen Hand heute an verlässlichen Annahmen und Szenarien, die als fundierte Grundlage für politische, rechtliche und strategische Entscheidungen dienen können und damit auch helfen, die Investitionen in die Strasseninfrastruktur bedarfsgerecht zu steuern. Darüber hinaus ergeben sich eine Vielzahl an technischen, rechtlichen und marktbezogenen

Einflussfaktoren, die nicht nur gesellschafts- und finanzpolitische Auswirkungen haben werden, sondern auch das gesamte Mobilitätsverhalten im Personen- und im Güterverkehr ändern können und damit die gesamte Wirtschaft betreffen.

Der öffentliche Diskurs über die einzuschlagende Richtung hat gerade erst begonnen. Dabei rücken jetzt die gesellschaftliche, ethische, ökonomische, legislative und ergonomische Ebene in den Fokus der Forschung und politischen Diskussion. Die Einstellungen und Argumente der Interessengruppen basieren dabei noch zu häufig auf Vermutungen und Gefühlen, oder spiegeln die eigenen Geschäftsinteressen wider.

## 1.2 Ziele des Forschungsprojektes

Das gegenständliche Forschungsprojekt ASTRA 2015/004 soll den Forschungs- und Handlungsbedarf in der Schweiz klären, vorrangig aus Sicht des Bundes. Es handelt sich um ein Initialprojekt, das den Forschungsbedarf für die Schweiz erhebt und Vorschläge für prioritär anzugehende Forschungsvorhaben erarbeitet.

Im Zusammenhang mit der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz stellen sich vielfältige Fragen. Das Forschungsprojekt analysiert die möglichen Auswirkungen aus der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz, identifiziert die Lücken beim heutigen Wissensstand und initiiert die nötigen Forschungsprojekte durch Beschreibung von prioritären Teilprojekten zur Schliessung dieser Wissenslücken. Ausserdem wird eine Übersicht über die insbesondere auf die öffentliche Hand zukommenden Herausforderungen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren erstellt.

Die Ergebnisse des gesamten Forschungspaketes schaffen für die Politik, die zuständigen Behörden und die relevanten Stakeholder die Grundlage, um sich angemessen auf die absehbare Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz vorbereiten und diese bei Bedarf auch proaktiv beeinflussen zu können.

## 1.3 Abgrenzungen und Rahmenbedingungen

Im Dezember 2016 hat der Bundesrat in Beantwortung des Postulats „Auto-Mobilität. Fahren ohne FahrerIn oder Fahrer. Verkehrspolitische Auswirkungen“ (Postulat Leutenegger Oberholzer 14.4169) den Bericht „Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen“ veröffentlicht [Bundesrat 2016]. Das vorliegende Initialprojekt ist auf diesem Hintergrund zu sehen; es nimmt die dort gestellten Fragen auf, vertieft sie und konkretisiert den Forschungsbedarf um die im Bericht angerissenen zentralen Fragestellungen in einem geordneten Paket von Forschungsvorhaben angehen zu können.

Die Erkenntnisse des Berichts des Bundesrats werden dabei als bekannt vorausgesetzt und im Allgemeinen nicht wiederholt. Die **zentralen Aussagen des Berichts des Bundesrats** sind:

- Das Verkehrssystem der Schweiz stösst zunehmend an seine Kapazitätsgrenzen. Ein weiterer Ausbau der Verkehrsinfrastruktur ist unausweichlich, stösst jedoch seinerseits an räumliche, ökologische, gesellschaftliche und systemische Grenzen.
- Die Steigerung der Effizienz der Verkehrssysteme ist dringlich nötig, da der weitere Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen die Verkehrsprobleme alleine nicht bewältigen können wird.
- Die Automatisierung und Digitalisierung im Verkehrsbereich bieten Chancen, die verfügbaren Kapazitäten besser nutzen zu können, den Verkehr zu verflüssigen und noch sicherer zu machen. Schlüssel dazu sind neue Angebote, die durch automatisierte Fahrzeuge und durch die Digitalisierung ermöglichten innovativen Mobilitätsmodellen möglich werden.
- Diesen Chancen stehen auch Risiken gegenüber. Die neuen Angebote werden den Zugang zu Mobilität vereinfachen, neuen Nutzergruppen erschliessen und kommerziell attraktiv sein. Bei einer ungesteuerten Entwicklung könnte eine starke Verkehrszunahme resultieren.

Zudem könnte sich durch das Auftreten starker Akteure im Mobilitätsbereich das Kräfteverhältnis zunehmend in Richtung privater Anbieter verschieben und der Bund Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten auf das Verkehrsgeschehen verlieren. Es besteht das Risiko, dass durch die Kommerzialisierung der neuen technologischen Möglichkeiten der Nutzen für den einzelnen Verkehrsteilnehmer die gesellschaftlichen Gesamtinteressen verdrängt.

Der Bericht des Bundesrats konstatiert zusammenfassend, dass zentrale Aspekte der Entwicklung noch weitgehend offen und derzeit keine verlässlichen Einschätzungen zu den Auswirkungen fahrerloser Fahrzeuge auf das Verkehrsaufkommen, die Verkehrsinfrastruktur, den öffentlichen Verkehr, die Umwelt sowie die Stadt- und Raumplanung möglich sind.

Wie der Bericht des Bundesrates geht auch dieses Initialprojekt von folgenden, als **gesichert geltenden Aussagen** aus:

- Das **automatisierte Fahren wird Realität** werden. Es stellt sich nicht die Frage nach dem „ob“ sondern nach dem „wie“.
- Die Behörden bzw. allgemein die **öffentliche Hand muss** in Wahrung allgemeiner gesellschaftlicher Interessen auch **weiterhin Einfluss auf das Verkehrsgeschehen nehmen können**, sowohl systemweit steuernd als auch auf das einzelne Fahrzeug bezogen (z.B. Stoppen im Notfall).
- Eine **Zulassung** hoch automatisierter Fahrzeuge ist nur denkbar, wenn sie mindestens dieselben Sicherheits- und Fahrtüchtigkeitsanforderungen erfüllen, wie menschliche Fahrer.
- Hoch automatisierte und vernetzte Fahrzeuge **müssen sich im Grundsatz an die gegebene Infrastruktur anpassen**. Es ist weder Ziel der öffentlichen Hand noch in den betrachteten Zeiträumen möglich, flächendeckend spezielle Infrastrukturen für automatisierte Fahrzeuge zu schaffen. Im Vordergrund steht die Nutzung vorhandener Infrastrukturen, sowohl verkehrlicher Art als auch bezüglich Kommunikationsnetzen und digitaler Daten (z.B. öffentlicher Karten). Nicht ausgeschlossen sind dabei begrenzte Anpassungen der Infrastruktur, z.B. die Schaffung von für automatisierte Fahrzeuge besser erkennbaren Markierungslinien auf bestimmten Strecken oder die begrenzte Einrichtung von kommunizierenden Leiteinrichtungen.
- Ein reines autonomes Fahren, bei dem das Fahrzeug nicht mit anderen Fahrzeugen oder der Infrastruktur vernetzt agiert, ist nicht zielführend. Das positive Potential selbstfahrender Fahrzeuge kann nur durch **Vernetzung untereinander und mit der Infrastruktur** realisiert werden. Vor allem aus den Perspektiven Verkehrssicherheit, Netzkapazität, Umweltauswirkungen und allgemeinem öffentlichen Zugang zu Verkehrsmitteln ist eine Vernetzung zu einem Gesamtsystem Voraussetzung zu positiven Wirkungen. Dies steht teilweise im Gegensatz zu den Strategien einzelner Fahrzeughersteller und Mobilitätsanbieter, die aus verschiedenen Gründen möglichst autonom und ohne Kommunikation bzw. Datenaustausch mit Dritten, die nicht zu ihrem Einflussbereich gehören, agieren möchten.

Aufgrund der Bedeutung der Vernetzung der Fahrzeuge wird in diesem Forschungsbericht **nicht von „autonomem Fahren“ sondern von „automatisiertem Fahren“ gesprochen**. Der Begriff „autonomes Fahren“ wird zwar viel verwendet und hat sich etabliert, suggeriert jedoch dass ein Fahrzeug selbständig und unabhängig agiert, ohne auf bereitgestellte Informationen anderer Verkehrsteilnehmer oder der Infrastruktur zurückzugreifen. Der für die volle Nutzung des positiven Potentials der neuen Technologien notwendige kooperative Ansatz, indem die Verkehrsteilnehmer und die Infrastruktur ein gemeinsames vernetztes System bilden, wird im Begriff „autonomes Fahren“ nicht abgebildet, sondern im Gegenteil die Eigenständigkeit des Fahrzeugs betont. Der Begriff „automatisiertes Fahren“ ist diesbezüglich neutral und schließt sowohl autonome wie kooperative Ansätze ein. Ein künftiges Verkehrssystem wird situativ beide Ansätze vereinen müssen. Fahrzeuge werden beispielsweise in verkehrsarmen und nur mit wenig unterstützender Infrastruktur ausgerüsteten Gebieten in der Lage sein müssen, eigenständig und „autonom“ zu agieren. Hingegen werden in Situationen mit hoher Verkehrsdichte und starker unterstützender und leitender Infrastruktur Fahrzeuge kommunizieren und kooperativ im Netzwerk aller Verkehrsteilnehmer agieren müssen.

„Automatisiert“ bedeutet schlicht „selbsttätig, ohne menschliches Zutun agierend“ und trifft das Wesen der Veränderung besser und umfassender<sup>5</sup>.

Der Bericht beschäftigt sich mit der Klärung des Forschungsbedarfs im Hinblick auf die kommende Einführung automatisierter **Strassenfahrzeuge**. Es werden sowohl der Personentransport als auch der Gütertransport betrachtet. Die Automatisierung des Schienenverkehrs, der Schiff- und Luftfahrt (z.B. Drohen) ist nicht Gegenstand des Initialprojekts.

Neben dem rein fahrzeugseitigen Aspekt des automatisierten Fahrens werden im Bericht auch die weiterreichenden Aspekte der **Digitalisierung des Verkehrs** betrachtet. Im Kern wird die Entwicklung der künftigen Mobilität schliesslich durch das Verhalten der Nutzer bestimmt, insbesondere durch ihre Mobilitätsnachfrage, Verkehrsmittelwahl, Zahlungsbereitschaft, sowie ihre Sicherheits- und Komforterwartung. Dem gegenüber steht ein Mobilitätsangebot, das neben den bekannten Formen von Fussverkehr, Radverkehr, motorisiertem Individual- und öffentlichem Verkehr durch die Automatisierung des Fahrens eine Erweiterung erfährt. Die Reaktion der Nutzer auf das künftige Mobilitätsangebot wird sich durch die Digitalisierung stark verändern. Die Digitalisierung erlaubt zum einen den Nutzern einen transparenten und überall vorhandenen Zugriff auf Mobilitätsangebote. Zum anderen erlaubt es Unternehmen, völlig neue Angebote zu entwickeln und vermarkten, von shared-economy Ansätzen bis zu umfassenden, mobilitätsträgerübergreifenden Mobility-as-a-Service Konzepten. Insofern kann die Automatisierung des Fahrzeugs nicht von der wesentlich umfassenderen Entwicklung der Digitalisierung des Verkehrs und der Wirtschaft im Allgemeinen getrennt betrachtet werden. Massgeblich für die Entwicklung sind schlussendlich die angebotenen und genutzten **Mobilitätsdienste**.

Der Bericht beschäftigt sich mit dem Klärungsbedarf hinsichtlich der künftigen Mobilität wenn eine vergleichsweise hohe Automatisierung der Fahrzeuge zur Verfügung steht. Es werden verschiedene Stufen der Automatisierung unterschieden. Der Bericht des Bundesrates [Bundesrat 2016] stützt sich auf die häufig verwendete Einteilung in sechs Stufen [SAE Levels of Automation]:

- **Stufe 0: Nicht automatisiert**  
Der Fahrer führt das Fahrzeug in allen Belangen selbst. Das Fahrzeug kann aber durchaus mit Warnsystemen ausgerüstet sein.
- **Stufe 1: Assistiert**  
Das Fahrzeug übernimmt entweder die Längs- oder die Querverführung während der Fahrer die jeweils andere übernimmt. Er muss das Fahrzeug dauerhaft überwachen und muss jederzeit die vollständige Kontrolle übernehmen können.
- **Stufe 2: Teilautomatisiert**  
Das Fahrzeug übernimmt für eine gewisse Zeit oder in speziellen Situationen wie beispielsweise dem Überholen auf der Autobahn sowohl die Quer- als auch die Längsführung. Der Fahrer muss das Fahrzeug dauerhaft überwachen und muss jederzeit in der Lage sein, die Steuerung sofort zu übernehmen.
- **Stufe 3: Bedingt automatisiert**  
Das Fahrzeug übernimmt für einen gewissen Zeitraum oder in spezifischen Situationen die Quer- und die Längsführung. Eine dauerhafte Überwachung durch den Fahrer ist nicht notwendig. Er muss jedoch in der Lage sein, auf Anforderung des Fahrzeugs nach einer ausreichenden Reaktionszeit die Kontrolle wieder zu übernehmen.
- **Stufe 4: Hochautomatisiert**  
Das Fahrzeug kann in einem definierten Anwendungsfall wie beispielsweise dem Fahren auf Autobahnen alle Situationen automatisch bewältigen. Der Fahrer muss vor Beendigung des Anwendungsfalls zur Übernahme der Fahraufgabe aufgefordert werden. Kommt er dem nicht nach, muss das Fahrzeug einen risikominimalen Zustand einnehmen.
- **Stufe 5: Vollautomatisiert**  
Auf dieser Stufe ist von Fahrtbeginn bis -ende kein Fahrer mehr notwendig. Das Fahrzeug

<sup>5</sup> Der Begriff ist auch in der Entwicklung vom mit der Kraft von Mensch oder Tier angetriebenen Fahrzeug über das sich aus eigener Kraft bewegende automobiler Fahrzeug hin zum selbständig agierenden automatischen Fahrzeug folgerichtig.

übernimmt die Fahraufgabe vollumfänglich, d.h. bei allen Strassentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umfeldbedingungen.

Gegenstand des Berichts ist nur Klärungsbedarf im Hinblick auf die **Automatisierungsgrade drei bis fünf** (bedingt automatisiert, hochautomatisiert und vollautomatisiert), sowie Fragen der Migration und der Koexistenz verschiedener Stufen.

Als weitere Abgrenzung ist zu erwähnen, dass **der Bericht nicht den eigentlichen Forschungsprojekten vorgreift**. Das Initialprojekt dient der Klärung des Forschungsbedarfs und untersucht somit, welche Fragen aus dem Schweizer Kontext und aus Sicht des Bundes prioritär anzugehen sind und bündelt diese in Vorschläge zu Forschungsprojekten, unternimmt jedoch nicht den Versuch, die Fragen schon (teilweise) zu beantworten.

## 1.4 Vorgehensweise

Die Gliederung des Berichts orientiert sich an der gewählten schrittweisen Vorgehensweise. Zunächst wird in zwei Kapiteln der Forschungsbedarf bezüglich acht Themenbereichen systematisch erhoben: In Kapitel 2 wird auf Basis vorhandener Literatur und direkter Recherchen der Stand des Wissen und der Entwicklungsstand erhoben und bewertet: Wo besteht Konsens, wo Dissens bzw. Unsicherheit; was ist die Relevanz für die Schweiz und können Empfehlungen zu Forschungs- bzw. Handlungsbedarf abgeleitet werden. In Kapitel 3 werden zwei Extremszenarien dargestellt, als Beispiele einer wünschenswerten und einer unerwünschten Entwicklung. Die beiden Szenarien werden einander gegenübergestellt und analysiert, in welchen Themenbereichen Aktionen möglich oder erforderlich sind, um die Entwicklung in eine erwünschte Richtung zu beeinflussen.

In Kapitel 4 werden die Erkenntnisse der zwei vorangegangenen Kapitel spezifisch aus Schweizer Sicht betrachtet. Insbesondere wird erhoben, wo Klärungs- oder Handlungsbedarf besteht, um eine künftige Entwicklung der Mobilität zu erreichen, die den politischen Zielen des Bundes entspricht.

Kapitel 5 sammelt die Ergebnisse der vorangegangenen Betrachtungen und gliedert sie in einzelne mögliche Forschungsprojekte („longlist“). Die Forschungsprojekte, wie auch alle Betrachtungen in den vorangegangenen Kapiteln, werden nach folgenden acht Themenbereichen gegliedert:

- A. Technik (Funktion und Sicherheit)
- B. Interaktion von Mensch und Maschine (Nutzerverhalten während der Fahrt)
- C. Markt und Angebot (inkl. Aspekte der Digitalisierung)
- D. Betrieb und Infrastruktur
- E. Umwelt, Raum- und Städteplanung
- F. Gesellschaft, Wirtschaft und Politik
- G. Recht
- H. Finanzen

Die „Longlist“ an möglichen Forschungsthemen wurden von der Begleitkommission gemeinsam anhand einer Liste von Beurteilungskriterien bewertet und priorisiert. Die Bewertung erfolgte dabei nicht mittels eines mechanischen Punkteschemas sondern wurde in gemeinsamer Diskussion unter Berücksichtigung der verschiedenen Sichtweisen der Vertreter der Begleitkommission vorgenommen. Projekte der ursprünglichen Longlist wurden dabei teilweise zusammengefasst, ergänzt bzw. neu gegliedert.

Aus dieser aktiven Mitarbeit der Begleitkommission resultierte schliesslich eine „Shortlist“ an sieben von allen Vertreter mitgetragenen prioritären Projektvorschlägen. Im Nachgang wurden seitens des ASTRA der Wunsch nach Ausklammerung des Projektvorschlages zu den rechtlichen Aspekten, eine Bündelung der Forschungen zum Personen- und Güterverkehr sowie diverse Umgruppierungen der Unterthemen gewünscht und in diesem Bericht berücksichtigt. Am Ende des Kapitels werden sechs Projektvorschläge weiter ausformuliert. Sie stellen die Empfehlung der Begleitkommission und die Wünsche des ASTRA für weitere

Forschungen zum Thema automatisiertes Fahren dar und sollen als Basis für die Ausschreibung bzw. Vergabe von ersten Forschungsaufträgen zum Thema dienen.

Ein letztes Kapitel 6 gibt schliesslich Empfehlungen für konkrete Handlungsfelder ausserhalb der Forschung, um die Entwicklung der künftigen Mobilität vor allem auf dem Hintergrund der Einführung des automatisierten Fahrens positiv zu beeinflussen.



## 2 Stand des Wissens und der Entwicklung

### 2.1 Grundlagen

Unter dem Oberbegriff „automatisiertes Fahren“ werden sehr unterschiedliche Ausprägungen der automatisierten Funktionen subsumiert. Eine sinnvolle Unterteilung des Automatisierungsgrades der Fahrzeugfunktionen haben sowohl das deutsche Bundesamt für Strassenverkehr BASt, die Society of Automotive Engineers und das U.S. Department of Transportation vorgenommen und entsprechende „level“ definiert [BASt Levels of Automation], [SAE Levels of Automation], [U.S. DoT 2016].

Für die meisten Fragestellungen, die eine genauere Betrachtung erfordern, ist der Bezug auf konkrete Anwendungsfälle (use cases) erforderlich, bei denen folgende Elemente definiert werden müssen:

- a) Einsatzgebiete: Wo fährt das Fahrzeug automatisiert? (Autobahn, Landstrasse, Stadtstrassen, Fussgängerzonen, Wirtschaftsweg, Parkplatz/Parkhaus, abgeschlossenes Areal, freies Gelände,...)
- b) Grundvoraussetzung der Infrastruktur: Welche Anforderungen muss die (statische) Strassen- und strassenseitige Infrastruktur erfüllen, damit ein automatisierter Betrieb möglich ist? (Verlauf, Markierung, C2X, Telekommunikation,...)
- c) Einsatzbedingungen: Mit welchen dynamischen Einflussfaktoren kann das Fahrzeug sicher umgehen? (Umwelt-/Wetterbedingungen, andere Verkehrsteilnehmer, Verkehrssteuersysteme,...)
- d) Gefahrenpotential: Welches Gefährdungspotential kann das Fahrzeug sicher beherrschen? (Einsatzhöchstgeschwindigkeit, Gesamtmasse, Gefahrguttransport, Anzahl beförderter Personen,...)

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die Definition der Automatisierungsgrade ist allgemein akzeptiert. Die Notwendigkeit der Festlegung klarer Rahmenbedingungen für konkrete Anwendungsfälle ist unbestritten. Auffällig ist aber, dass in vielen Berichten und Statements, z.B. zu Verfügbarkeit, Kosten, Anwendungsgebieten und Nutzen automatisierter Fahrzeuge, klare Angaben dazu fehlen. Es ist davon auszugehen, dass unterschiedliche Aussagen und Einschätzungen wesentlich durch die Annahme unterschiedlicher Rahmenbedingungen begründet sind.
- **Relevanz für CH:** Erkenntnisse und Planungsprämissen aus anderen Ländern lassen sich nur auf die Schweiz übertragen, wenn ähnliche Rahmenbedingungen vorliegen. Dies dürfte bei laufenden Projekten in Asien und Nordamerika nur bedingt zutreffen.
- **Empfehlung:** Forschungsfragen sollten auf konkrete Anwendungsfälle bezogen werden, die für die Schweiz von besonderem Interesse sind, z.B. weil nationale Besonderheiten berücksichtigt werden müssen.

### 2.2 Quellen für den Überblick

Die aktuelle Forschung und Entwicklung zu automatisierten Fahrzeugen ist in ihrer Breite und Tiefe sehr umfangreich und in ihrer Gänze kaum zu erfassen. Täglich kommen neue Projekte, Studien und Forschungen dazu, da der „Hype“ um automatisierte Fahrzeuge nun auch breite Schichten erfasst hat, die einzelnen Forschungsfragen immer spezialisierter werden und für die Forschung signifikante Mittel von Industrie und öffentlicher Hand zur Verfügung stehen.

Es gibt Initiativen, die versuchen, elektronische Plattformen zu schaffen, die es interessierten Kreisen ermöglichen soll, einen Überblick über laufende Projekte und Forschungsvorhaben zu erhalten [VRA Wiki].

Diverse Zeitschriften und Newsletter informieren ebenfalls regelmässig über neue interessante Themen, Projekte und Entscheidungen rund um das automatisierte Fahren [2025AD].

Forschungseinrichtung und Behörden geben im Internet regelmässig einen Überblick über die abgeschlossenen und laufenden Projekte an denen sie beteiligt sind [ESV Konferenzen].

Forschungsaktivitäten finden weltweit in allen Ländern statt, in denen Fahrzeuge gebaut und/oder in den der Strassenverkehr eine bedeutende Rolle spielt. Sie werden in dieser Arbeit folgenden Themenclustern zuordnen: Funktion und Sicherheit, Ergonomie und MMI, Verkehr und Infrastruktur, Betrieb/Überwachung/ Finanzierung, Markt und Ökonomie, Gesellschaft und Politik sowie Recht und Gesetz. Zusätzlich wird auch ein Überblick über die Aktivitäten ausländischer Behörden gegeben. Häufig betreffen Fragestellungen mehrere Themencluster.

### Einschätzung

- **Konsens:** Staatliche Forschungseinrichtungen und von der EU geförderte Projekte veröffentlichen in der Regel ihre Forschungsergebnisse. Ein erheblicher Teil der Forschungsaktivitäten wird aber von privaten Institutionen / Industrie betrieben oder in Auftrag gegeben / finanziert. Häufig sind diese Ergebnisse nicht, oder nur in Teilen öffentlich verfügbar. Die Beobachtung und Einschätzung der laufenden und geplanten Projekte ist aufgrund von Umfang und Komplexität heute oft nur noch durch Spezialisten einzelner Themencluster möglich. Gleichzeitig erfordert die starke Vernetzung und damit zusammenhängende Abhängigkeiten der einzelnen Themencluster auch eine ganzheitliche Betrachtung.
- **Relevanz für CH:** Für die Schweiz ist die systematische und regelmässige Beurteilung der Relevanz und der Ergebnisse von laufenden und geplanten Forschungsvorhaben, Projekten und Standardisierungsbestrebungen notwendig. Sie bildet eine wichtige Grundlage für vielfältige Entscheidungen in Wirtschaft und Politik, zeigt Möglichkeiten zur Mitgestaltung internationaler Regelungen und ggf. auch die Notwendigkeit für zusätzliche Massnahmen in der Schweiz, die für eine Adaption an die hiesigen speziellen Rahmenbedingungen und Anforderungen erforderlich sind.
- **Empfehlung:** Einsetzen einer interdisziplinären CH-Projektgruppe, die die laufenden Forschungen, Projekte und Entwicklungen zum automatisierten Fahren themenclusterbezogen sichtet und in aggregierter Form und bezogen auf konkrete Anwendungsfälle berichtet. Ziel ist, allen interessierten (öffentlichen) Institutionen eine einheitliche und aktuelle Informationsbasis zur Verfügung zu stellen. Sie ermöglicht das frühzeitige Erkennen von Entwicklungen, die signifikanten Einfluss auf Planungen der Behörden haben könnten, vermeidet Doppelarbeit und vereinfacht koordinierte Massnahmen auf Basis gemeinsamer Annahmen. Die Führung / Koordination sollte durch die öffentliche Hand erfolgen.

## 2.3 Funktion und Sicherheit

Die Fähigkeiten eines menschlichen Fahrers durch eine computergesteuerte Maschine zu ersetzen stellt enorme Anforderungen an die Technik. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Fahrzeug nicht in einer abgegrenzten Umgebung mit vorab definierten und von allen befolgten Rahmenbedingungen betrieben wird, sondern im chaotischen und damit unvorhersehbaren

Strassenverkehr heutiger Ausprägung, in der zwar Regeln gelten, die in der Praxis aber häufig nach menschlichen Ermessen angewendet oder ignoriert werden.

Eine deutliche Verbesserung der Verkehrssicherheit durch automatisierte Fahrzeuge bis hin zum völlig unfallfreien Fahren wird allgemein als gegeben angenommen und häufig ungeprüft als wesentliche Motivation für die Einführung automatisierter Fahrzeuge weiter kommuniziert. Technikinduzierte Risiken werden dabei ignoriert, oder als lösbar angesehen. Dies kann in der Gesellschaft zu einer Erwartungshaltung bezüglich Sicherheit automatisierter Fahrzeuge führen, die sich in der Praxis möglicherweise nicht erfüllen lässt. Eine Quantifizierung der positiven sowie der unerwünschten Effekte automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrssicherheit ist heute nur sehr eingeschränkt möglich. Uns sind keine Methoden bekannt, die zu ökonomisch vertretbaren Kosten nachweisen können, dass eine von der Gesellschaft festzulegende maximale Fehlerwahrscheinlichkeit (Unfallhäufigkeit) von automatisierten Fahrzeugen zukünftig in der Praxis auch erreicht wird.

Neue, zusätzliche sicherheitskritische Herausforderungen ergeben sich bei automatisierten Fahrzeugen aus technisch / funktionalen Schwachstellen fahrzeugseitiger Systeme und Infrastruktureinrichtungen, dynamisch sich ändernden externen Einflüssen, den Anforderungen an die Manipulationssicherheit des Gesamtsystems über den gesamten Lebenszyklus, den Herausforderungen von Mischbetrieb und Migration, der Interaktion zwischen Fahrer – Fahrzeug und Dritten, dem Verhalten der Maschinenlogik in ausweglosen Situationen, der mangelnden Wirksamkeit passiver Sicherheitssysteme bei unterschiedlichen Aktivitäten der Insassen sowie der unzureichenden menschlichen Leistungsfähigkeit und Verhaltensanpassungen im Spannungsfeld zwischen Fahrer / Bediener / Systemüberwacher / Passagier.

Keine dieser Herausforderungen ist heute hinreichend gelöst, wenn das unfallfreie Fahren als Massstab angesetzt wird. Obwohl Forschung und Industrie an Lösungen arbeiten, rechnen wir nicht damit, dass die Hersteller solange mit der Vermarktung ihrer automatisierten Fahrzeuge warten werden, bis alle Schwachstellen vollständig beseitigt sind.

Ursächlich für diese Einschätzung ist, dass weniger der Sicherheitsgewinn als die erwarteten wirtschaftlichen Vorteile die grösste Nachfrage nach automatisierten Fahrzeugen bringen werden. Dazu gehört, dass die Transportleistung, vor allem auch im Güterverkehr, wesentlich flexibler effizienter und kostengünstiger erbracht werden kann und damit neue Geschäftsmodelle erschlossen werden können.

Da die Transport- / Logistikkosten in vielen Branchen nicht zu vernachlässigen sind, wird die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und Dienstleister auch über die rechtzeitige Einbindung und umfassende Nutzung automatisierter Fahrzeuge gesichert.

Dem dadurch entstehenden Nachfragesog kann sich kein Fahrzeughersteller entziehen, zumal die Wettbewerbssituation durch neue Anbieter geprägt ist, denen die sicherheitsorientierte Vorgehensweise der klassischen Fahrzeughersteller fremd ist.

### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die Mehrheit der Experten geht von einem langfristig positiven Effekt automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrssicherheit aus, wobei mittelfristig, im Mischbetrieb, diese Erwartungshaltung möglicherweise nicht eintreten wird. Unterschiedliche Automatisierungsgrade bergen unterschiedliche Gefahren, die von den jeweiligen Herstellern uneinheitlich bewertet werden. Dabei spielt die eigene Ausrichtung (Anbieter / Promoter teilautomatisierter Fahrzeuge einerseits oder vollautomatisierter Fahrzeuge andererseits) eine grosse Rolle bei der Wahrnehmung und Einschätzung potentieller Risiken.

- **Relevanz für CH:** Ein positiver Einfluss automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrssicherheit wird wahrscheinlich nur dann erreicht, wenn zusätzliche Massnahmen und Regeln für die Infrastruktur, Ausbildung und den Betrieb getroffen werden. Welche Massnahmen für die unterschiedlichen Automatisierungsgrade und Einsatzgebiete zielführend und angemessen sind, und wie diese in der Schweiz umgesetzt werden können, ist heute nicht vollständig bekannt.
- **Empfehlung:** Eine gewisse Vorsicht bei Aussagen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit durch automatisierte Fahrzeuge angezeigt. Risiken und die Wirksamkeit von Gegenmassnahmen sollten sowohl auf Basis theoretischer Überlegungen und Simulationen aber auch im Pilotbetrieb auf der Strasse vertieft durch neutrale Institutionen analysiert werden.

### 2.3.1 FZ-Systeme und Systemkomponenten

Die Schwerpunkte der Forschung und Entwicklung liegen auf Fragestellungen dazu, wie die automatisierten Funktionen in allen (zulässigen) Verkehrssituationen und unter allen (freigegebenen) Umweltbedingungen so umgesetzt werden können, dass sie mindestens so gut agieren, wie der beste menschliche Fahrer. Die (von der Industrie) versprochenen Verbesserungen bei der Verkehrssicherheit erfordern zusätzliche Anstrengungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit automatisierter Fahrzeuge, aber auch hinsichtlich der Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Fahrer/Nutzer sowie der Kommunikation mit der Infrastruktur und anderen Verkehrsteilnehmern. Eine sehr hohe Funktionssicherheit erscheint notwendig, damit Nutzer und Gesellschaft diese Technologie langfristig akzeptieren.

Es gibt eine jahrzehntelange Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet mit grossen Fortschritten.

#### Einschätzung

- **Konsens:** Es besteht Konsens dazu, dass weitere theoretische und anwendungsnahe Forschung und Entwicklung erforderlich ist, um die angestrebte Funktionssicherheit in der Praxis insbesondere bei (aus technischer Sicht) schwierigen Umweltbedingungen zu erreichen.
- **Relevanz für CH:** Für die Behörden stellt sich die Frage, wie der Nachweis der notwendigen Funktionssicherheit bei automatisierten, häufig selbstlernenden Systemen für die Betriebsgenehmigung des Fahrzeuges und bei der periodischen Fahrzeugnachprüfung zu erbringen ist. Forschung / Entwicklung ist nur für wenige Forschungseinrichtungen, Automobilezulieferer und Prüfinstitute relevant.
- **Empfehlung:** Mitarbeit auf internationaler Ebene für harmonisierte Nachweisverfahren für die Funktionssicherheit einzeln und im Gesamtsystem.

### 2.3.2 Schutz personenbezogener Daten

Im Rahmen der Nutzung automatisierter Fahrzeuge werden grosse Mengen an Daten generiert und gespeichert. FZ-Hersteller, Tech-Konzerne, Betreiber und Nutzer reklamieren das Verwertungsrecht für sich. Dabei sind das weiterentwickelte europäische Datenschutzrecht und die nationalen Datenschutzvorschriften in der Schweiz zu beachten. Wie dieses in der Praxis implementiert werden kann und wird, ist offen. Dies ist z.T. auch darin begründet, dass kaum öffentlich diskutiert und dokumentiert ist, welche Daten beim Betrieb / Nutzung automatisierter Fahrzeuge tatsächlich anfallen, wer darauf zugreifen kann und welche Erkenntnisse sich daraus ableiten lassen.

**Einschätzung**

- **Konsens /Dissens:** Es besteht weitgehend Konsens dazu, dass die rechtlichen Vorgaben eingehalten werden müssen. Dabei wird jedoch seitens der Industrie und Betreiber nach Möglichkeiten gesucht, wie die gewonnenen Daten bestmöglich wirtschaftlich verwertet werden können. Es ist zu vermuten, dass hier alle Gestaltungsmöglichkeiten international agierender Konzerne genutzt werden.
- **Relevanz für CH:** Die Sensibilität für die Notwendigkeit zum Schutz personenbezogener Daten ist unterschiedlich ausgeprägt und variiert stark innerhalb der Gesellschaftsgruppen und je nach Anwendungsfall. Es ist noch unklar, ob sich bezüglich automatisierter Fahrzeuge und deren Anwendungen eher eine Haltung analog zur Nutzung von Smartphones / Apps durchsetzen wird oder ob eher Massstäbe wie bei der Nutzung von Kontroll- und Überwachungssystem anzusetzen sind. Letztlich können Bedenken der Nutzer oder Vorschriften hinsichtlich des Datenschutzes viele potentielle Anwendungen automatisierter Fahrzeuge verhindern oder erschweren.
- **Empfehlung:** Analyse der Möglichkeiten / Notwendigkeiten zur Anpassung / Umsetzung der Datenschutzvorschriften im Spannungsfeld zwischen dem Schutz berechtigter Interessen der Nutzer und den Chancen neuer Nutzungskonzepte automatisierter Fahrzeuge.

**2.3.3 Schutz gegen Manipulation und Cyberangriffe**

Neben der reinen Funktionalität sind auch Fragestellungen des Schutzes gegen Manipulation und Cyberangriffe von automatisierten und/oder vernetzten Fahrzeugen sowie von Einrichtungen der elektronischen Strassen- oder Kommunikations-Infrastruktur nachhaltig zu klären. Neben Angriffen auf einzelne Fahrzeuge oder einzelne Infrastruktureinrichtungen besteht auch die Gefahr von Cyberangriffen auf ganze Netzwerke und alle damit verbundenen Systeme und Fahrzeuge. Ein gemeinsames Verständnis dazu, wie und mit welchen technischen und organisatorischen Lösungsansätzen diese Risiken beherrscht werden können, ist aus den vorhandenen Quellen nicht ersichtlich. Unklar ist auch, wie die Interoperabilität und der Schutz gegen Cyberattacken über die Lebensdauer der Systeme, die durchaus einige Jahrzehnte betragen können, gewährleistet werden soll.

Fahrzeughersteller setzen auf ein Systemkonzept „extended vehicle“, bei dem der externe Zugriff auf alle Fahrzeugfunktionen und Daten nur über gesicherte Server der Fahrzeughersteller möglich ist. Die Hersteller kommunizieren, dass der Manipulationsschutz in der Systementwicklung einen herausragenden Stellenwert einnimmt. Nachvollziehbar sind diese Stellungnahmen nicht. In bekannten Serien- und Pilotfahrzeugen liegt der Schwerpunkt der Entwicklungstätigkeit der Fahrzeughersteller nach wie vor auf erweiterten Anwendungsgebieten und der Verbesserung der Funktionssicherheit. Die Umsetzung von Massnahmen gegen mögliche Manipulation ist unzureichend, wie zahlreiche erfolgreiche Manipulationsversuche elektronischer Fahrzeugsysteme nahelegen<sup>6</sup>.

Wie die (IT-)Technologiekonzerne ihre Fahrzeuge / Fahrzeugsystemkomponenten gegen Manipulation und Cyberangriffe schützen, ist nicht bekannt. Regelmässige Berichte über erfolgreiche Angriffe auch auf hochgesicherte IT-Systeme legen die Vermutung nahe, dass Manipulationen in vernetzten Systemen nicht auszuschliessen sind.

**Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Es besteht Konsens dahingehend, dass eine breite und nachhaltige Markteinführung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge nur gelingt,

<sup>6</sup> Beispiele: Manipulationen von Tacho-/Wegstreckenzähler, Wegfahrsperrern, schlüssellose Türsysteme, Chiptuning, digitales Kontrollgerät (LKW), Ad-Blue Einspritzung (LKW), automatischer Geschwindigkeitsbegrenzer (LKW), Hacken diverser Steuerrechner über Remoteverbindungen (on-line Services oder über OBD-Schnittstelle)

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | wenn sicherheitsrelevante Funktionen (hinreichend) manipulationssicher sind. Wie stark der Manipulationsschutz sein muss, bzw. welche und wie häufige Manipulationen akzeptiert werden, hängt letztlich auch davon ab, welchen Nutzen automatisierte FZ unter dem Strich für den Nutzer und die Gesellschaft bieten. |
| • Relevanz für CH: | Funktional angedachte Ansätze für Eingriffe ins Fahrzeug durch die Kontrollbehörden sowie der Abruf und Nutzung von Daten aus dem Fahrzeug durch Dritte, werden mit Hinweis auf den notwendigen Schutz gegen Manipulation von den Herstellern möglicherweise abgelehnt.                                              |
| • Empfehlung:      | Für Pilotfahrzeuge und Kleinserien für Nischenmärkte ist das Risiko gegen Cyberangriffe geringer als bei einer grossen Verbreitung automatisierter Fahrzeuge. Situationsangepasste Anforderungen erscheinen sinnvoll, um den technischen Fortschritt nicht zu behindern.                                             |

### 2.3.4 Testmethoden und Zulassung

Für aktive Sicherheitssysteme und Fahrerassistenzsysteme gibt es derzeit keine Prüfvorgaben, so dass die Performance der Systeme nicht reglementiert / standardisiert ist.

Die Frage der Zulassungsfähigkeit von vollautomatisierten Fahrzeugen sowie die Verfügbarkeit geeigneter / akkreditierter Prüfinstitute ist für die Hersteller von besonderer Bedeutung. Neben den rechtlichen Fragestellungen wird vor allem nach geeigneten Testverfahren geforscht.

Folgt man der Analogie der heutigen Zulassungen von Fahrzeugen und Fahrerlaubnisprüfung von Fahrern in Europa, müssten automatisierte Fahrzeuge ihre Tauglichkeit unter allen (zulässigen) Einsatz- und Umweltbedingungen in einem definierten Prüfverfahren nachweisen. Die Erteilung einer Bauartgenehmigung berechtigt zum Verkauf und Betrieb in ganz Europa. Dieser Ansatz birgt aufgrund der nahezu unendlich grossen Vielfalt der unterschiedlichen Verkehrssituationen, der Vernetzung und damit verbunden Abhängigkeit von anderen Systemen (die aller Erfahrung nach auch ausfallen können), ständig neuen Möglichkeiten von Cyberattacken, den landesspezifischen Besonderheiten und der enormen Komplexität der Software grosse Herausforderungen für die Prüforganisationen. Ein durchschnittlich guter Fahrer(in) ist auch in unbekannten und unübersichtlichen Verkehrssituationen in den allermeisten Fällen in der Lage, intuitiv Entscheidungen zu treffen, die Unfälle vermeiden und dennoch den Verkehrsfluss aufrechterhalten. Damit ein automatisiertes Fahrzeug nicht zum Verkehrshindernis wird, muss es in gelegentlich „menschlich“ handeln und riskiert damit zum Teil seinen vermeintlichen Sicherheitsvorsprung. Wie ein solches Verhalten im Rahmen der Fahrzeugzulassung geprüft und nach welchen Kriterien für geeignet befunden werden soll ist offen. Die in Amerika praktizierte Selbstzertifizierung verschiebt die Problematik zurück zum Hersteller und der Kalkulation eines Versicherungsbeitrages für die Produkthaftungsrisiken.

#### Einschätzung

- Konsens / Dissens: Die Zulassungsfähigkeit ist zwingende Voraussetzung für die Markteinführung. Zulassungskriterien (mit Ausnahme der Zulassung von Pilotfahrzeugen in einigen Ländern) sind noch unbestimmt.
- Relevanz für CH: Hoch für Pilotbetrieb und Fahrzeugsysteme, die nur national genutzt und zugelassen werden. Gering für Fahrzeuge, die internationalen (harmonisierten) Zulassungsregelungen unterliegen.
- Empfehlung: Für national genutzte Fahrzeuge und Pilotfahrzeuge ist zu prüfen, ob der Ansatz der Selbstzertifizierung in Verbindung mit entsprechender griffiger Marktkontrolle denkbar ist.

## 2.4 Nutzerverhalten, Ergonomie und MMI

### 2.4.1 Nutzerverhalten während der Fahrt

Von den Befürwortern automatisierter Fahrzeuge werden besonders die Möglichkeiten herausgestellt, während der Fahrt fahrfremde Tätigkeiten aus dem beruflichen oder privaten Bereich durchführen zu können. Prinzipiell nehmen diese Möglichkeiten mit zunehmendem Automatisierungsgrad zu. Einschränkungen ergeben sich dann, wenn der Fahrer innerhalb einer bestimmten Vorwarnzeit wieder die Steuerung des Fahrzeuges übernehmen muss, oder wenn Haftungsfragen oder gesetzliche Vorschriften fahrfremde Tätigkeiten verbieten.

Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass eine Gruppe von Fahrern mit der Zeit ein übertriebenes Vertrauen in die Leistungsfähigkeit der teil- und hochautomatisierten Fahrzeugfunktionen entwickelt, welches durch den Stand der Technik nicht gerechtfertigt ist. Erste Unfälle im automatisierten Modus zeigen die Problematik bereits deutlich. Da aus Sicht der Hersteller und i.d.R. auch des Gesetzgeber bei teilautomatisierten Fahrzeugen ein bestimmungswidriger Gebrauch vorliegt wenn der Fahrer nicht ständig die Kontrolle über das Fahrzeug ausübt, stellt sich die grundsätzliche Frage wie sinnvoll und nachhaltig teilautomatisierte Fahrzeugkonzepte sind.

Für die Hersteller, Betreiber und Versicherer werden folgende Fragen immer wichtiger: Werden die Betriebsgrenzen ausgetestet und überschritten? In welchem Masse finden fahrfremde Tätigkeiten statt, die so nicht vorgesehen sind? Wie können die damit einhergehenden Sicherheitsrisiken quantifiziert und eingegrenzt werden? Zunehmend werden die Tätigkeiten des Fahrers und der Insassen permanent überwacht und aufgezeichnet, einerseits um die fahrzeugseitigen (Sicherheits-)Systeme zielgerecht einsetzen zu können, andererseits als Nachweis bei Unfällen. Langfristig bekommt die Analyse des Nutzerverhaltens während der Fahrt auch Bedeutung für das Marketing zusätzlicher Services.

Um Aufschluss über das Verhalten von Nutzern während der Fahrt (u.a. auch in Unfallsituationen bzw. in kritischen Situationen) zu erlangen, wurden verschiedene Studien durchgeführt [100 Car Study].

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** In welchem Masse fahrfremde Tätigkeiten in Fahrzeugen der unterschiedlichen Automatisierungsgrade tatsächlich möglich, rechtlich zulässig und in der Praxis faktisch durchgeführt werden, wird kontrovers diskutiert. Dies auch im Hinblick auf mögliche Haftungsfragen. Kontrovers sind auch Fragen, die den Einsatz technischer Systeme betreffen, die das Nutzerverhalten permanent analysieren und ggf. speichern.
- **Relevanz für CH:** Erkenntnisse über das tatsächliche Nutzerverhalten in automatisierten Fahrzeugen ist eine wesentliche Grundlage für vielfältige Fragestellungen der Behörden zu den Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge hinsichtlich Verkehr, Städte- und Raumplanung
- **Empfehlung:** Es sollten Verfahren definiert werden, die Betreiber automatisierter Fahrzeuge dazu anhalten gewonnene Informationen zum Nutzungsverhalten den relevanten Behörden zugänglich zu machen

### 2.4.2 MMI für vollautomatisierte Fahrzeuge

Die Herausforderungen bezüglich der Interaktion zwischen Fahrzeug und Fahrer/Passagier hängen sehr stark von Automatisierungsgrad des Fahrzeuges und vom jeweiligen Anwendungsfall / Betriebsmodus ab. Bei einem voll automatisierten Fahrzeug, in dem kein qualifizierter Fahrer mehr an Bord ist, reduziert sich das MMI auf:

- a) Informationen der Passagiere zum Verlauf der Fahrt, zum jeweiligen Betriebszustand und dem Verhalten in besonderen Fällen und
- b) die Möglichkeit zum Nothalt, bei dem das Fahrzeug, von Fahrzeugcomputer oder vom Fahrzeugcomputer unabhängigen Systemen, in einen definierten, sicheren Zustand/Stopp gebracht wird und
- c) der Möglichkeit für einen Rettungsruf bzw. zur Hilfe durch einen externen Betreiber.

Bei voll automatisierten Fahrzeugen werden typischerweise Teile des MMI zur Betriebszentrale verlagert, die über Sensoren und Kameras im und ausserhalb vom Fahrzeug die aktuelle Situation erfassen und Fahrzeugfunktionen von extern steuern kann. Insbesondere bei vollautomatisierten Fahrzeugen, aber auch bei Fahrzeugen, die nur in bestimmten Betriebszuständen vollautomatisiert bewegt werden können (z.B. Valet Parking) befinden sich u.U. keine Personen an Bord. Hier wird das MMI zur Überwachung und ggf. Steuerung des Fahrzeuges komplett an den Betreiber übergeben.

Offen ist hier die Frage, ob und wie auch Behörden und Vollzugsorgane Einfluss auf die Steuerung / Bewegung des Fahrzeugs nehmen können.

Forschungsgebiete betreffen die intuitive Bedienung von Notfunktionen durch die Passagiere, angemessenes Verhalten des Fahrzeuges bei Betätigen des Nothaltes, Datenschutz und Privatsphäre bei der Überwachung durch einen externen Betreiber und den Schutz gegen Manipulation. Betroffen sind auch Fragen der ICT-Infrastruktur, der Standardisierung u.v.m.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Bei hoch- und vollautomatisierten Fahrzeuge verfolgen die Hersteller eigene Konzepte, da diese auch zur Differenzierung genutzt werden.
- **Relevanz für CH:** Derzeit nur im Rahmen von Testbetrieb.
- **Empfehlung:** Gesetzliche Vorgaben und entsprechende Forschung in der Schweiz zum MMI vollautomatisierter Fahrzeuge erscheint für die Kommunikation zwischen Fahrer/Insasse und Fahrzeug nicht notwendig, da davon auszugehen ist, dass sich gewisse Industriestandards etablieren werden, die herstellerspezifisch umgesetzt werden. Das MMI zwischen Fahrzeug und anderen Verkehrsteilnehmern, einschliesslich von Personen, die über keine elektronischen Systeme verfügen, sollte im Rahmen europäischer Standardisierungsprojekte vertieft werden.

### 2.4.3 MMI bei teil- und hochautomatisierten Fahrzeugen

Bei teil- und hochautomatisierten Fahrzeugen kann der Fahrer die Ausführung der Fahraufgabe vorübergehend einstellen und an das Fahrzeugsystem übergeben. Das Fahrzeugsystem übernimmt dann im Rahmen seiner Spezifikation die Fahrzeugsteuerung. Der Fahrer bleibt jedoch die Rückfallebene, wenn die automatisierte Fahrzeugsteuerung an Systemgrenzen stösst und die Fahrzeugsteuerung nicht mehr selbstständig übernehmen kann.

Die Rückübertragung der Fahrzeugsteuerung vom Computer an den Fahrer stellt eine grosse Herausforderung und ein Sicherheitsrisiko dar, insbesondere dann, wenn dies unvorhersehbar und plötzlich passiert, da der Fahrer zu diesem Zeitpunkt u.U. keinerlei Bewusstsein zur Verkehrssituation hat aber u.U. unmittelbar handeln muss. Die Kooperation zwischen Mensch und Maschine muss hier in jedem Fall gelingen. Dies bedeutet, dass für den Fahrer vor der Übernahme der Fahrzeugsteuerung von der Maschine immer genügend Zeit sein muss um die aktuelle Verkehrssituation und Handlungsoptionen zu erfassen und sich so einzurichten, dass er das Fahrzeug bedienen kann.

Die Fahrzeughersteller unternehmen grosse Anstrengungen zur Erreichung der Serienreife von teilautomatisierten Fahrzeugfunktionen. Es gibt es eine intensive Forschung und

Entwicklung auf diesem Gebiet. Bezüglich der Ergonomie / MMI wird insbesondere in folgenden Bereichen geforscht:

- Verkehrspsychologische Fragestellungen
- Leistungsfähigkeit des Fahrers („human in the loop“)
- Gestaltung und Harmonisierung des MMI

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Die Fahrzeughersteller glauben die Risiken mit geeigneten Systemen und Verfahren beherrschen zu können. Da einige Fahrer dazu tendieren, sich nach einigen positiven Erfahrungen voll auf die Maschine zu verlassen, gibt es Experten, die bezweifeln, dass das MMI für teil- und hochautomatisierte Fahrzeuge jemals so gestaltet werden kann, dass keine zusätzlichen, technikinduzierten Risiken geschaffen werden die ein akzeptables Mass nicht überschreiten.
- **Relevanz für CH:** Relevant für spezialisierte Forschungsinstitute, die z.T. für die Automobilindustrie arbeiten.
- **Empfehlung:** Situation und weitere Entwicklung beobachten

### **2.4.4 Reaktionen anderer Verkehrsteilnehmer auf automatisierte Fahrzeuge**

Wie anderer Verkehrsteilnehmer auf automatisierte Fahrzeuge reagieren hat Einfluss auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss. Erste Erfahrungen werden im Rahmen von Pilotversuchen gesammelt.

Die Betreiber von Pilotversuchen berichten, dass sich andere Verkehrsteilnehmer nach einer gewissen Eingewöhnungszeit mit automatisierten Fahrzeugen arrangieren, ihre Leistungsfähigkeit richtig einschätzen und ihr eigenes Verhalten darauf abstellen. Versuche von Dritten, die Leistungsfähigkeit automatisierter Fahrzeuge zu testen / herauszufordern, verlieren nach kurzer Zeit ihren Reiz.

Von grösseren Widerständen anderer Verkehrsteilnehmer wird nicht berichtet, was angesichts der sehr geringen Anzahl von automatisierten Fahrzeugen, geringen Fahrleistungen und ausgesuchter Streckenwahl erklärbar ist.

Offen ist, wie die Reaktionen ausfallen, wenn automatisierte Fahrzeuge in grösserer Menge zu Spitzenzeiten ein „safety first“ Verhalten zeigen und damit potentiell den Verkehrsfluss beeinträchtigen.

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Die laufenden Pilotversuche zeigen derzeit keine Auffälligkeiten. Die Reaktion bei grösserer Verbreitung automatisierter Fahrzeuge sind derzeit unbekannt
- **Relevanz für CH:** Derzeit insbesondere bei der Genehmigung von Pilotversuchen
- **Empfehlung:** Situation und weitere Entwicklung beobachten

### **2.4.5 „Kommunikation“ automatisierter Fahrzeuge mit anderen Verkehrsteilnehmern**

Mittel- bis langfristig wird davon ausgegangen, dass das Potential automatisierter Fahrzeuge zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, weniger Umweltbelastung sowie die Erhöhung der

Kapazität bestehender Strassen nur dann vollständig gehoben werden kann, wenn eine durchgängige Vernetzung auf Basis einheitlicher Standards gegeben ist.

Die elektronische Kommunikation von automatisierten Fahrzeugen untereinander und mit Infrastruktureinrichtungen ist seit längerem Gegenstand umfangreicher Forschungs-, Entwicklungs- und Standardisierungsaktivitäten. In den letzten Jahren erfolgten auch einige Pilotversuche unter Beteiligung unterschiedlicher Hersteller.

Ob und ggf. wie automatisierte Fahrzeuge ihren Zustand und ihre Absichten anderen, traditionellen Verkehrsteilnehmern mitteilen ist für die Sicherheit und den Verkehrsfluss von Bedeutung. Das Verhalten sollte international harmonisiert werden.

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Die langfristige Bedeutung der C2X Kommunikation ist unbestritten. Allerdings ist weitgehend offen, wer die Kosten übernimmt, wie die Sicherheit gegen Hackerattacken langfristig gewährleistet werden kann, wie das Einführungsszenario unterschiedlicher Fahrzeughersteller und Infrastrukturbetreiber aufeinander abgestimmt wird und wie der Mischbetrieb zusammen mit traditionellen Fahrzeugen und dem Langsamverkehr organisiert wird. Einige Hersteller präferieren deshalb kurz- bis mittelfristig weitgehend autonome, proprietäre Konzepte.
- **Relevanz für CH:** C2X ist wesentlicher Teil der Zielsetzungen zur Einführung automatisierter Fahrzeuge in der Schweiz
- **Empfehlung:** Aufgrund der sehr langen Vorlaufzeiten bis zu einer hinreichenden Aufrüstung von Verkehrs-Infrastruktureinrichtungen ist baldige Klarheit über die notwendigen Systeme und deren technische Spezifikation essentiell. Eine aktive Mitarbeit in den Standardisierungsgremien ist sinnvoll.

## **2.5 Verkehr und Infrastruktur**

In dem Themencluster Verkehr und Infrastruktur gibt es eine Vielzahl abgeschlossener und laufender Forschungsaktivitäten zu den Auswirkungen auf die Verkehrsentwicklung und die Anforderungen an die Infrastruktur.

### **2.5.1 Szenarien, Visionen für das Verkehrskonzept der Zukunft**

Die prognostizierten Fähigkeiten hoch und vollautomatisierter Fahrzeuge und der damit einhergehenden Nutzungsmöglichkeiten ermöglichen völlig neue Szenarien und visionäre Vorstellungen für das Verkehrskonzept der Zukunft. Erst solche Visionen veranschaulichen das Potential der Fahrzeugautomatisierung auch wenn ihre Realisierbarkeit und Finanzierbarkeit noch nicht im Detail geprüft wurde. Zielgruppengerecht aufbereitete Visionen und Machbarkeitsstudien dienen der Strategieentwicklung von Industrie und Dienstleistern, dem Meinungsbildungsprozess in der Gesellschaft, dem politischen Diskurs und Entscheidungsprozess und damit letztlich als Richtschnur und Leitfaden für die angewandte Forschung und Entwicklung für die Umsetzungs- und Einführungsphase.

Zu den Szenarien und Visionen für automatisierte Fahrzeug und das Verkehrskonzept der Zukunft gibt es mittlerweile einige veröffentlichte Dokumente, manche eher neutral wissenschaftlich orientiert, andere eher als Marketingtool von bestimmten Interessengruppen oder potentiellen Anbietern.

Es wird erwartet, dass sich die Fahrzeugautomatisierung langfristig auf das gesamte Mobilitäts- und Verkehrskonzept und damit auch auf alle Strassenkategorien auswirken wird. Dabei ist heute absolut unklar, wie diese Auswirkungen tatsächlich aussehen werden. Die Fortschritte /

Entscheidungen auf unterschiedlichen Gebieten der Technik, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft beeinflussen sich in einer vieldimensionalen Matrix gegenseitig.

Sie könnten in den Weltregionen, aber auch auf nationaler und sogar städtischer Ebene zu sehr unterschiedlichen Ausgestaltungen sowie Einführungs- und Nutzungsszenarien automatisierter Fahrzeuge führen. Bei ausschliesslich national / regional / lokal genutzten automatisierten Mobilitätslösungen sind individuelle Konzepte darstellbar, wenn die Nutzung auch ortsfremden Personen möglich ist und der Betrieb für ortsfremde Nutzer anderer Verkehrsmittel keine Gefahr darstellt. Im internationalen Verkehr sind harmonisierte, interoperable Systeme und Infrastruktureinrichtungen erforderlich und begrenzen damit die Freiheitsgrade nationaler Alleingänge.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Von manchen Marktteilnehmern wird eine politische Vision, Richtungsentscheidung und Führung erwartet, andere setzen auf die eigene Kraft bzw. die Kraft des Marktes um ihre Visionen und Lösungsansätze durchzusetzen. Die Vorstellungen über das Verkehrssystem der Zukunft variieren je nach Anwendungsgebiet und Präferenz/strategischer Zielrichtung stark.
- **Relevanz für CH:** Ein leistungsstarkes und kosteneffizientes Verkehrssystem ist von zentraler Bedeutung für den Wirtschaftsstandort Schweiz. Automatisierte Fahrzeuge bieten potentiell die Möglichkeit das Verkehrssystem als Ganzes zu verbessern.
- **Empfehlung:** Beginn einer breit angelegten öffentlichen und politischen Diskussion über das langfristig präferierte Verkehrskonzept der Zukunft unter Einbeziehung der Möglichkeiten automatisierter Fahrzeuge und MaaS. Konzeptwettbewerb mit Beiträgen aller relevanten Interessengruppen / Experten auf Grundlage vorab gemeinsam verabschiedeter Prämissen/Annahmen.

## 2.5.2 Migrations- und Integrationsstrategien

Es gibt erste Ansätze für eine Migrationsstrategie a) vom Ende (Vision) her gedacht und b) pragmatisch, anhand der vermuteten Markteinführung automatisierter Fahrzeuge. Dabei ist heute unklar, ob die Markteinführung eher evolutionär verläuft oder ob das disruptive Potential automatisierter Fahrzeuge zu einer revolutionären Umwälzung des Mobilitätsangebotes führen wird.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die Einschätzung der Experten variieren stark. In ihren Extremen zwischen a) der Annahme dass in 10 Jahren Neufahrzeuge nur noch vollautomatisiert, elektrisch und in gemeinsamer Nutzung zugelassen werden (sollten) und b) der Annahme, dass die Automatisierung der FZ in Teilschritten erfolgt, die Nutzung weitgehend heutigen Mustern folgt und signifikante Anteile vollautomatisierter gemeinsam genutzter Fahrzeugflotten auch in 20 Jahren nicht erreicht werden. Auffällig ist, dass die grossen industriellen Marktteilnehmer parallel für beide Szenarien Lösungen entwickeln.
- **Relevanz für CH:** An dem prognostizierten Migrationsszenario hängen nahezu alle verkehrspolitischen Entscheidungen.
- **Empfehlung:** Vertiefende Forschung zu den wesentlichen Einflussfaktoren, die das Einführungs- und Migrationsszenario in der Schweiz bestimmen.

## 2.5.3 Wirkungen und Auswirkungsanalysen

### Sicherheitspotential von automatisierten Fahrzeugen

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass sich auch mit automatisierten Fahrzeugen Unfälle ereignen werden. Unklar ist, ob ein automatisiertes Fahrzeug tatsächlich ein so geringes Unfallrisiko aufweist, wie ein erfahrener Lenker. Für die Zeit eines Mischverkehrs bei dem erste automatisierte sowie nicht-automatisierte Fahrzeuge die Verkehrswege nutzen, wird von einem Anstieg der Unfälle/Verletzen ausgegangen; dies insbesondere für die Nutzer der herkömmlichen Fahrzeuge [Sivak und Schoettle 2015].

### Verkehrsentwicklung unter Berücksichtigung automatisierter Fahrzeuge

Ob durch die Einführung automatisierter Fahrzeuge das Verkehrsaufkommen auf der Strasse zu- oder abnimmt ist nicht abschliessend geklärt und hängt auch von Einflussfaktoren ab, die nur zum Teil direkt mit der Automatisierung in Verbindung zu bringen sind. Es spricht jedoch einiges dafür, dass die Effekte des automatisierten Fahrens zur einer Steigerung des Verkehrsaufkommens führen werden. Hoch und vollautomatisierte Fahrzeuge erschliessen den MIV auch für Nutzergruppen, die bisher auf den ÖV angewiesen waren. Das IVT der ETHZ untersucht bis 2018 die Auswirkungen (SVI 201/ 001 Induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge: Eine Abschätzung).

### Parkplatzsuchverkehr

Es wird angenommen, dass weltweit über 30% des MIV-Stadtverkehrs durch Parkplatzsuche verursacht wird [Kleefoot 2014]. Die Datenbasis für diese Annahme ist jedoch gering. Es wird angenommen, dass hoch automatisierte und gemeinsam genutzte Fahrzeuge weniger Verkehr für die Parkplatzsuche erzeugen. Studien, die den Einfluss automatisierter Fahrzeuge auf den Parkplatzsuchverkehr quantifizieren und Reboundeffekte berücksichtigen, sind nicht bekannt [TDM Encyclopedia].

### Erhöhung des Fahrzeugbesetzungsgrades und Optimierung der Fahrzeugallokation durchs Verkehrsmanagement

Ob der Fahrzeugbesetzungsgrad bei automatisierten Fahrzeugen zu- oder abnimmt, ist offen und hängt stark von Faktoren ab, die nur zum Teil direkt dem automatisierten Fahrzeug zuzuordnen sind. Mit einem abnehmenden Besetzungsgrad ist vor allem dann zu rechnen, wenn für privat genutzte und voll-automatisierte Fahrzeuge am Ein- und Aussteige-Ort kein Parkplatz zur Verfügung steht, und das Fahrzeug leer von und zu einer Abstellfläche pendelt. Ein höherer Fahrzeugbesetzungsgrad ist nur zu erwarten, wenn der Anteil gemeinsam genutzter Fahrzeuge zunimmt. [Kurzahnskiy and Varaiya 2010], [Stefansdotter et al. 2015]

### Einfluss auf die Strassenkapazität

Ein Ziel bei der Einführung automatisierter Fahrzeuge sind neue Betriebsmodi, die sowohl zu einem geringeren Energieverbrauch als auch zu einer Verbesserung der Kapazität der Strasse führen. Dazu gehören z.B. das Platooning und gleichmässiges Kolonnenfahren [RWTH Konvoi 2009]. Aufgrund fehlender Praxiswerte befasst sich die Forschung mit der Simulation des Einflusses automatisierter Fahrzeuge unter Verwendung unbestätigter Eingangsparameter. In der Regel ergeben die Simulationen eine Verbesserung der Strassenkapazität [FP-Think 2014]. Demgegenüber stehen erste Erfahrungen mit automatisierten Pilotfahrzeugen, die im Mischbetrieb heute eher ein Verkehrshindernis darstellen.

### FZ-Betriebskosten pro km

Die fahrzeugbezogenen Kosten pro gefahrenem Kilometer werden sich bei teilautomatisierten Fahrzeugen kaum verändern, da auch die Nutzungsszenarien ähnlich bleiben. Allgemein wird bei vollautomatisierten Fahrzeugen von einer signifikanten Reduzierung der fahrzeugbezogenen Betriebskosten pro km ausgegangen<sup>7</sup>. Wesentliche Einflussfaktoren sind die vermehrte Nutzung vollautomatisierter Fahrzeuge in shared mobility Flotten und/oder als Teil von MaaS Konzepten, der Wegfall teurer passiver Sicherheitssysteme, energieverbrauchs-

<sup>7</sup> siehe z.B. [Burns 2015], [Deloitte 2015], [Barclays Bank 2015], [Columbia University 2013], aber auch [Bösch et al. 2017]

optimierte Fahrprofile, die Kombination mit umweltfreundlichen Antriebstechnologien, der Quersubventionierung der Fahrt durch Werbung Dritter, u.a. Im Bereich des Gütertransportes können Kosten eingespart werden für den Fahrer (auch bei Taxis), die Standzeiten durch die EG-Sozialvorschriften und schweizerische Gesetze. Im Ausland spielt auch die Verlegung der Fahrten in die Nachtzeiten mit geringeren Strassenbenutzungsgebühren und die Möglichkeit für einen 24/7 Betrieb (abhängig von nationalen Vorschriften) eine wichtige Motivation.

### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Über die Wirkungen und Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge gibt es eine Vielzahl an Studien, populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen und Statements potentieller Marktteilnehmer und Interessengruppen. Allen gemeinsam ist, dass sie z.T. auf unbewiesenen oder wenig fundierten Annahmen beruhen und die Komplexität der sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren nur ansatzweise quantifizieren können. Reboundeffekte, das Nutzerverhalten bei disruptiven neuen Angeboten, unterschiedliche Marktstrategien der Hersteller und politische Entscheidungen sind nur einige Faktoren, deren Ausgestaltung unklar ist. Dementsprechend erfolgt der Blick in die Zukunft auf Basis von Szenarien, über deren Wahrscheinlichkeit kein Konsens besteht.
- **Relevanz für CH:** Für viele gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen elementar
- **Empfehlung:** Es erscheint notwendig, die potentiellen Einflussfaktoren und die Bandbreite ihrer möglichen Ausgestaltung in der Schweiz genauer als bisher zu untersuchen. Aufbauend darauf ist mittels geeigneter Verfahren die Bandbreite der möglichen Entwicklungen auf die wahrscheinlichen Szenarien einzugrenzen. Die klassischen Verfahren dürften dabei insbesondere im Bereich der potentiell disruptiven Auswirkungen der Automatisierung, Digitalisierung und Elektrifizierung von Strassenfahrzeugen ungeeignet sein, um die Interaktion mit einem sich möglicherweise ändernden Nutzerverhalten zu erfassen. Es erscheint notwendig, sich mit den tiefer liegenden Beweggründen der Menschen zu befassen um zu verstehen, wie sie auf ein Angebot neuer Nutzungsformen automatisierter Fahrzeuge, deren Leistungsumfang sie heute noch nicht abschätzen können, reagieren.

## 2.5.4 Anforderungen an die Strassen und strassenseitige Infrastruktur

Theoretische Ansätze und praktische Versuche zeigen, dass die Herausforderungen bei der Einführung automatisierter Fahrzeuge für die Hersteller / Betreiber deutlich einfacher zu beherrschen sind, wenn eine von den klassischen Verkehrsteilnehmern getrennte Strasseninfrastruktur geschaffen wird, sowie die Markierung und Beschilderung verlässlich, eindeutig und standardisiert sind. Wichtig ist auch, dass ausgehend von einer 3D Erfassung der öffentlichen und privaten Verkehrsflächen, alle Änderungen wie z.B. Strassenschäden, Baustellen, Unfälle erkannt und in einer standardisierten Form dem Betreiber / dem Fahrzeug situationsbezogen übermittelt werden.

Welche Anforderungen genau an die Strassen und strassenseitige Infrastruktur gestellt werden, ist weder technisch noch politisch entschieden und stark vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig.

Die Unsicherheiten sind insofern kritisch, da möglicherweise allfällige Anpassungen / Ertüchtigungen der Infrastruktur (Kommunikation, Strasse, Parkhäuser, etc.) die Einführung automatisierter und vernetzter Fahrzeuge beschleunigen können, aber von der Entscheidung bis zur Umsetzung lange bis sehr lange Vorlaufzeiten haben.

Die Hersteller versuchen deshalb für Europa automatisierte Fahrzeuge zu entwickeln, die mit der bestehenden Strasseninfrastruktur ohne oder mit nur geringen Anpassungen kompatibel sind.

Zu einem gewissen Grad unabhängig von der Automatisierung der Fahrzeuge laufen schon seit längerem Überlegungen, Feldversuche und Standardisierungsvorhaben für die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit Infrastruktureinrichtungen (Kooperative Systeme C2C, C2X)<sup>8</sup>.

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Die Diskussionen / Anforderung zur Ertüchtigung der Strasseninfrastruktur werden im Wesentlichen durch die Automobilhersteller geführt. Technologiekonzerne, die in dem Markt mit automatisierten Fahrzeugen einsteigen möchten, setzen schwerpunktmässig darauf, dass ihre Fahrzeuge mit den gegebenen Verhältnissen zurechtkommen.
- **Relevanz für CH:** Hoch, insbesondere hinsichtlich C2X. Eine Entkoppelung automatisierter (Strassen-) Fahrzeuge von anderen Verkehrsteilnehmern erscheint in der Schweiz nicht darstellbar.
- **Empfehlung:** Beobachtung der weiteren Entwicklung und ggf. Einflussnahme auf die Standardisierung. Investitionsentscheidungen brauchen verlässliche Grundlagen. Deshalb Praxiserfahren aus (eigenen) Pilotstrecken.

## **2.6 Betrieb / Überwachung / Finanzierung**

### **2.6.1 Verkehrsmanagement durch Behörden (kollektiv) oder private Dritte (individuell)**

Grundlage für das Verkehrsmanagement und individuelle Routenempfehlungen sind Daten über die aktuelle Strassen- und Verkehrssituation, sowie Prognosen für deren weitere Entwicklung. Automatisierte Fahrzeuge erfassen diese Information im Fahrzeug selbst und der Betriebszentrale. Die Zugriffsmöglichkeiten auf diese Daten für Behörden und Dritte sind ungeklärt.

Die Vernetzung automatisierter Fahrzeuge könnte es unter technischen Gesichtspunkten den Behörden auch ermöglichen, Einfluss auf die Fahrtroute oder die Geschwindigkeit zu nehmen. Ob und ggf. unter welchen Rahmenbedingungen dieses möglich wäre ist nicht klar.

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Zwischen den Vorstellungen des ASTRA und den Intentionen der Fahrzeughersteller zur Nutzung der beim Betrieb automatisierter Fahrzeuge anfallender Daten für das Verkehrsmanagement und darüber hinausgehende Dienstleistungen gibt es keinen Konsens.
- **Relevanz für CH:** Das Verkehrsmanagement wird als staatliche Aufgabe gesehen um den Verkehr für das Kollektiv und nicht einzelne Nutzergruppen zu optimieren.
- **Empfehlung:** Ein nationaler Alleingang erscheint nur bedingt zielführend. Eine europäische Verordnung, die die Bereitstellung von Daten für die Behörden sowie den Rückkanal zur Information des Fahrers, bzw. zur Beeinflussung des Fahrroboters, ist anzustreben.

<sup>8</sup> siehe z.B. [Intersafe-2], [euroFOT], [I2EASE], [RWTH CERM]

### 2.6.2 Kontrolle / Enforcement durch die Behörden

Die von den automatisierten Fahrzeugen erfassten und typischerweise im Fahrzeug oder in der Betriebszentrale gespeicherten Daten erlauben technisch die Kontrolle aller strassenverkehrsrechtlich relevanten Vorgänge. Ob und ggf. unter welchen Rahmenbedingungen die Kontrollbehörden darauf zugreifen dürfen und können, ist nicht klar.

Die Vernetzung automatisierter Fahrzeuge könnte technisch auch die Möglichkeit für einen von den Behörden initiierten Zwangsstopp ermöglichen. Ob und ggf. unter welchen Rahmenbedingungen dieses möglich wäre ist nicht klar.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Es besteht Konsens dazu, dass die Kontrollbehörden ihre Aufgabe auch bei automatisierten Fahrzeugen müssen. Zu den technischen Möglichkeiten einer Beweisführung auf Basis der im Fahrzeug und/oder der Betriebszentrale und/oder beim Fahrzeughersteller erfassten und gespeicherten Daten gibt es eine Vielzahl technischer, organisatorischer und rechtlicher Bedenken. Eine automatisierte Kontrolle, auch wenn technisch möglich, erscheint z.Zt. zudem politisch nicht durchsetzbar.
- **Relevanz für CH:** Eine Auswertung der elektronisch erfassten Betriebs- und Nutzungsdaten automatisierter Fahrzeuge ermöglicht langfristig effizientere und kostengünstigere Kontrollverfahren
- **Empfehlung:** Erprobung der Möglichkeiten in den laufenden Pilotversuchen. Langfristig angelegte Aktivitäten zur eingeschränkten Verwertung der Daten auch bei Serienfahrzeugen.

### 2.6.3 Unfallanalyse

Es ist bekannt, dass die Steuergeräte heutiger Fahrzeuge bereits eine Vielzahl an Informationen speichern, die für die Unfallanalyse hilfreich wären. Technische Hürden verhindern häufig den Zugriff auf diese Daten durch Polizei und Unfallforscher.

Bei automatisierten Fahrzeugen, die ohne Überwachung durch einen Fahrer betrieben werden, kommt er Analyse der Umstände, die zu einen Unfall geführt haben, nicht nur zur Klärung der aktuellen Haftungsfragen sondern auch zur Fehleranalyse und Unfallprävention eine besondere Bedeutung zu. Dazu müssen die Fahr- und Betriebsdaten gespeichert und für die Kontrollbehörden so zugänglich gemacht werden, dass sie gerichtsfest heruntergeladen und ausgewertet werden können. Die grosse Anzahl unterschiedlicher Hersteller und Fahrzeugmodelle erfordert eine standardisierte Schnittstelle. Die rechtlichen Möglichkeiten und den Stand der Standardisierung ist nicht klar.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Hersteller, Versicherungen, Unfallgegner, die Polizei, Unfallforscher und Andere wollen auf Betriebs-Daten zugreifen, die die Situation vor, während und nach dem Unfall betreffen. Die Fahrzeughersteller haben an einer Offenlegung der Möglichkeiten kein Interesse
- **Relevanz für CH:** vergleichbar mit anderen europäischen Ländern
- **Empfehlung:** Abstimmung mit den Kontrollbehörden anderer Länder in Europa

## 2.6.4 Finanzierung der Strasseninfrastruktur

Automatisierte und vernetzte Fahrzeuge werden wahrscheinlich häufig elektrisch angetrieben und sollen möglichst gemeinsam genutzt werden. Die Auswirkungen auf die heutigen Finanzierungsmodelle hängen stark vom Einführungs- und Nutzungsszenario ab.

### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Der kurz- bis langfristige Investitions- und Wartungsbedarf für strassenseitige Infrastruktureinrichtungen, die für einen sicheren Betrieb automatisierter Fahrzeuge erforderlich sind, ist heute nicht konkret bekannt. Die langfristigen Herausforderungen für die Finanzierung der Strasseninfrastruktur im Hinblick auf automatisierte Fahrzeuge und neue Nutzungsformen sind weitgehend anerkannt. Lösungsansätze, wie z.B. ein erweitertes Mobilitypricing haben politisch derzeit keine Priorität.
- **Relevanz für CH:** kurzfristig gering, mittelfristig, mit steigendem Anteil automatisierter, elektrisch betriebener und gemeinsam genutzter Fahrzeuge, steigend
- **Empfehlung:** Auch wenn aus Sicht der Finanzierung der Strasseninfrastruktur heute kein akuter Handlungsdruck erkennbar ist, sollten dennoch dessen zukünftige Rahmenbedingungen in ihren Grundzügen bald erkennbar sein. Dies ist als Planungsprämisse insbesondere für die potentiellen Anbieter, Besitzer, Betreiber und Nutzer automatisierter Fahrzeuge und Fahrzeugflotten wichtig.

## 2.7 Markt und Ökonomie

### 2.7.1 Erwartungshaltung an automatisierte FZ

Mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge werden uns mehrere positiv besetzte Auswirkungen versprochen:

- a) verbesserte Verkehrssicherheit
- b) höhere Kapazität der vorhandenen Infrastruktur
- c) weniger Schädigung der Umwelt (Verbrauchreduzierung, weniger Lärm, weniger Flächenverbrauch)
- d) bessere Auslastung der Infrastruktur
- e) Komfort und Entlastung des Fahrers
- f) erweiterte Mobilitätsoptionen für neue Nutzergruppen (Personen mit Einschränkungen, Kinder, ...)
- g) engere Verzahnung von MIV, ÖV, Car Sharing,...
- h) verbesserte Wirtschaftlichkeit des Fahrzeugs
- i) geringere Kosten für den Fahrer, j) optimierte Auslastung 24/7

Erste Studien zeigen, dass dies auch in etwa der Erwartungshaltung der Nutzer entspricht. [Schmid et al. 2016].

Zu den negativen Auswirkungen sind keine dedizierten Studien bekannt. Mögliche negative Szenarien werden kaum öffentlich diskutiert.

Die Einstellung der (potentiellen) Nutzer zum (teil-) automatisierten Fahren ist entscheidend für das Marktvolumen und für die Akzeptanz von (staatlichen) Investitionen in diese Technologie. Betrachtet man die laufenden Investitionen der Hersteller in die Entwicklung automatisierter Fahrzeuge, ist klar, dass die Hersteller an die Akzeptanz der Nutzer glauben.

Nutzerbefragungen ergeben jedoch teilweise ein differenzierteres bis ablehnendes Bild<sup>9</sup>, während Nutzer, die tatsächliche Praxiserfahrungen sammeln konnten (z.B. SmartShuttle in Sitten) überwiegend positiv reagieren

### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die vorhandenen Studien zeigen eine überwiegend positive Grundhaltung zur Einführung automatisierter Fahrzeuge, verbunden mit der Erwartungshaltung, dass diese einen signifikanten Beitrag für ein besseres Mobilitätsangebot leisten können. Dabei ist unklar, auf welcher Grundlage sich diese Erwartungshaltung potentieller Nutzer herausgebildet hat, und ob sie mit zunehmenden eigenen Erfahrungen und neuen Angeboten signifikanten Änderungen unterliegen wird.
- **Relevanz für CH:** Die Erwartung bestimmt wesentlich die gesellschaftliche Diskussion und Akzeptanz.
- **Empfehlung:** Die Grundlagen und Einschätzungen zu den möglichen positiven und negativen Auswirkungen sollten für die gesellschaftliche Diskussion allgemeinverständlich aufbereitet werden.

## 2.7.2 Marktteilnehmer und ihre wahrscheinliche Strategie

### Traditionelle Fahrzeughersteller, -zulieferer und Servicebetriebe

Die grossen traditionellen Fahrzeughersteller und Zulieferer in Europa, Japan und Nordamerika sind darauf ausgerichtet, jedes Jahr aus dem laufenden Geschäftsbetrieb Gewinne zu erwirtschaften, aus denen Zukunftsinvestitionen bezahlt und die Aktionäre bedient werden können. Es ist deshalb nachvollziehbar, wenn traditionelle Fahrzeughersteller auf unterschiedlichen Ebenen und mit vielfältigen Aktionen darauf hinwirken, dass die von ihnen getätigten Investitionen ihre Werthaltigkeit möglichst lange erhalten.

Sie haben bei der Entwicklung, Fertigung, Vermarktung und Markenpositionierung sowie beim Service für Automobile mit klassischen Verbrennungsmotor-Antriebsstrang, dem Fahrwerk, dem Interieur und der Bedienung durch den Fahrer eine Kompetenz erlangt, welche durch Neueinsteiger nur schwer zu erreichen sind.

Die etablierten Unternehmen haben deshalb die letzten Jahre bevorzugt evolutionäre Ansätze bei der Weiterentwicklung von Fahrzeugtechnologie und Nutzungskonzepten verfolgt: In vielen kleinen Schritten im Laufe der Jahrzehnte von der Fahrerassistenz über teil automatisierte zu voll automatisierten Fahrzeugen.

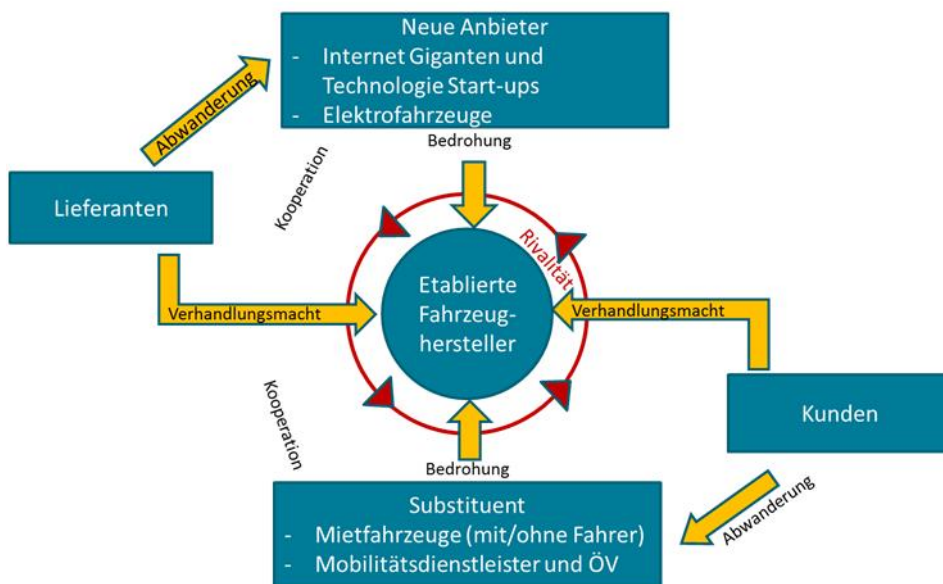
Die bisherige Strategie war vorwiegend so ausgerichtet:

- Geschäftsmodel primär Herstellung und Verkauf von Fahrzeugen mit (teuren) Zusatzfunktionen, Reparatur/Wartung und sekundär anderen Dienstleistungen.
- Kontinuierliches Angebot neuer Funktionen / Dienste mit markenspezifischer Ausgestaltung um sich von anderen Fahrzeugherstellern zu differenzieren.
- Nutzung der technischen Komplexität zur Verdrängung unabhängiger Dienstleister (z.B. Reparatur nur in Markenwerkstätten).
- Car-Sharing, alternative Antriebe, usw. ja, aber nur so weit unbedingt nötig.
- Nutzung der Dienste zum Aufbau einer direkten (proprietären) Kundenbeziehung mit den Automobilherstellern.
- Marke / Image des Autoherstellers als Leistungsversprechen und Kaufkriterium.

<sup>9</sup> siehe z.B. [Fraedrich et al. 2016], [Schmid et al. 2016]

Disruptive Entwicklungen, sei es durch technologische Quantensprünge und/oder durch politisch / gesellschaftlich / rechtliche Umwälzungen, die eine signifikant geänderte Kundennachfrage zur Folge haben, können die über Jahrzehnte gewachsenen Alleinstellungsmerkmale der traditionellen Fahrzeughersteller und ihrer Zulieferer gefährden, ja diese sogar als hinderlich erscheinen lassen. Die klassischen Differenzierungsmöglichkeiten verlieren hier ihre Bedeutung und werden durch Neue ersetzt. Newcomern fällt es manchmal leichter Know-How und ein Image aufzubauen, dass auf die neu entstehenden Märkte zugeschnitten ist. So können sie für die politischen Entscheidungsträger, Investoren, Mitarbeiter und potentielle Kunden eine Attraktivität erreichen, die weit jenseits der aktuellen Geschäftszahlen liegt.

Es ist offensichtlich, dass die traditionellen Fahrzeughersteller die Themen Elektromobilität, shared economy und automatisiertes Fahren als eine mögliche disruptive Entwicklung mit hohem Gefährdungspotential für ihre klassischen Geschäftsmodelle wahrnehmen, insbesondere, wenn sie zeitgleich und kombiniert auftreten.



**Abb. 1** Strategisches Umfeld etablierter Fahrzeughersteller (eigene Darstellung)

Es darf vermutet werden, dass die potentielle Sprengkraft dieser Entwicklung in vielen Abteilungen der klassischen Fahrzeughersteller in der Vergangenheit als nicht übermäßig gross eingeschätzt wurde. Es kann auch sein, dass sie davon ausgegangen sind, dass sich diese Bedrohungen mit dem klassischen Mix aus politischem Lobbying, Einfluss auf Gesetzgebung und Standards, Repressionen, PR / Werbung und gleichzeitig optimierten Fahrzeugmodellen so eindämmen lassen, dass sie mittelfristig über ein Nischendasein nicht hinauskommen.

Diese (Verhinderungs-)Strategie hat bis heute weitgehend funktioniert. Der Verkauf von Elektromobilen und automatisierten Fahrzeugen sowie Transportleistungen, die durch alternative Mobilitätskonzepte erbracht werden, ist weltweit betrachtet gegenüber dem klassischen Verkauf und Nutzung von PW und LKW sehr gering.

Mittlerweile ist jedoch erkennbar, dass die bisherigen unbedeutenden Nischenmärkte zu relevanten Marktsegmenten wachsen können, die von den traditionellen Fahrzeugherstellern mit attraktiven Angeboten bedient werden müssen um langfristig überleben zu können.

Ursächlich für diese Einschätzung ist ein Zusammenwirken unterschiedlicher Einflussfaktoren, die sich gegenseitig ergänzen und verstärken. Dazu gehören beispielsweise:

- das Automobil erstickt in den Ballungsräumen am eigenen Erfolg (Umweltprobleme, Stau,...) und verliert dadurch in seiner jetzigen Form an Attraktivität und gesellschaftliche Akzeptanz. Shared Mobility Konzepte, die Stärkung des ÖV und Langsamverkehrs erscheinen vielen als Ausweg.
- sich ändernde Werte und Mobilitätsverhalten junger, urban lebender Käuferschichten, bei denen der Status des eigenen Autobesitzes weniger ausgeprägt ist als in der Vergangenheit.
- europäische und nationale Vorschriften und Regelungen, die mit den traditionellen Fahrzeugen zunehmend schwieriger zu erreichen sind, bzw. das traditionelle, selbstgenutzte Fahrzeug aus wachsenden Gebieten ausschliessen.
- technologische Fortschritte bei Komponenten, z.B. bei Batterien, ICT, Sensoren, Bild- und Datenverarbeitung die eine Grundlage für hoch automatisierte Elektrofahrzeuge sind.
- der Einstieg grosser Technologiekonzerne in die Entwicklung von Systemen für automatisierte Fahrzeuge sowie neue Nutzungskonzepte und die erkennbaren Fortschritte in Richtung Praxis-/Serientauglichkeit.
- die massive Förderung der Elektromobilität in China.
- der Erfolg von Tesla, insbesondere bei den Vorbestellungen für das Model 3 die zeigen, dass bei einem attraktiven Preis-/Leistungsangebot ein Markt für Elektrofahrzeuge besteht.
- erkennbarer Glaubwürdigkeitsverlust der traditionellen Hersteller, z.B. durch den Diesel-Abgasskandal und geschönte Verbrauchsangaben. Hier könnte eine Neupositionierung einen Ausweg darstellen.

Für die traditionellen Fahrzeughersteller bedeutet diese Entwicklung die Notwendigkeit zur Neuausrichtung der Strategie. Die Sicherung der Erträge aus dem traditionellen Geschäft und der Aufbau neuer Geschäftsfelder, die im Know-How, bei der Entwicklung und Vermarktung eher der IT-Branche als der Automobilindustrie entsprechen, erfordert einen schwer zu steuernden Spagat.

Die damit einhergehenden Herausforderungen werden von den verschiedenen Automobilherstellern unterschiedlich beantwortet werden. Es zeichnet sich ab, dass die grossen, technologisch führenden und finanzstarken Hersteller versuchen parallel unterschiedliche Zielrichtungen aus eigener Kraft zu verfolgen:

- a) das Kern-Geschäft mit traditionellen Fahrzeugen durch Fahrzeugkonzepte / Design / Dienstleistungen / Marketing, welche Kunden zu einem privaten Besitz des Fahrzeugs motivieren, zu stützen. Dazu gehört auch eine schrittweise, evolutionäre Verbesserung / Markteinführung von Fahrerassistenzsystemen (inkl. teilautomatisches Fahren in definierten Betriebszuständen) um das Fahrzeug mittelfristig attraktiv zu halten. Diese Funktionen werden als optionales Feature vermarktet, so dass die Basisfahrzeuge für preissensible oder wenig technikaffine Käuferschichten kostengünstig angeboten werden können.
- b) Elektrofahrzeuge soweit weiterzuentwickeln, dass sie aus der jetzigen Rolle als „Feigenblatt“ für PR /Marketing auch für reale Kunden im Alltagsbetrieb tauglich sind und damit ein Marktsegment abdecken, dessen tatsächliche Grösse heute noch nicht klar bestimmbar ist. Diverse Einschränkungen bei Reichweite und Nachladen werden entweder durch (optionale) Hybrid- oder durch Brennstoffzellenlösungen begegnet. Zusätzlich dürften Elektrofahrzeuge in besonderem Masse teilautomatisierte Funktionen haben.
- c) Eigene Entwicklung und/oder Zukauf der notwendigen Kompetenzen, die für ein hoch- und vollautomatisiertes Fahrzeug notwendig sind. Diese Aktivitäten werden zurzeit wenig oder gar nicht öffentlich kommuniziert, werden von Insidern jedoch klar bestätigt. Beteiligt sind hier auch die grossen Automobilzulieferer und Forschungseinrichtungen, die ihre Leistungen nicht nur für die Automobilhersteller sondern auch für die Technologiekonzerne anbieten.
- d) Die Entwicklung (oder den Kauf von spezialisierten Unternehmen) und verstärkte Markteinführung von Angeboten für „Mobility-as-a-Service-Konzepte“ mit dem Ziel, sich neben Fahrzeugproduktion, Finanzierung, Service/Wartung auch als Mobilitätsdienstleister für den Vermittlung und den Betrieb zu positionieren. Aus Sicht der Fahrzeughersteller ist

dafür ein wesentlicher Baustein die Verankerung des „extended vehicle concepts“ in dem das Fahrzeug selbst und die von seinen Subsystemen erfassten Daten (Fahrzeug, Fahrer, Passagiere, Ladung, Umfeld) eine logische / rechtliche Einheit unter der Obhut des Fahrzeugherstellers bilden.

Dieser Ansatz geht von der Annahme aus, dass sich mittelfristig keines der genannten Marktsegmente durchsetzt, diese stattdessen parallel bestehen werden.

Es gibt aber auch Fahrzeughersteller und Zulieferbetriebe, die aus unterschiedlichen Gründen nicht an die Umsetzbarkeit von automatisierten Fahrzeugen in absehbarer Zeit glauben oder in den von ihnen bedienten Märkten mittelfristig keinen Bedarf erkennen können. Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass einige diese Hersteller auch nicht über die technologischen und/oder finanziellen Mittel verfügen, um im Bereich der Hoch- und Vollautomatisierung mit eigenen Entwicklungen mithalten zu können.

Für diese Gruppe der Fahrzeughersteller bietet es sich an, mit den grossen Technologiekonzernen zu kooperieren, die ihrerseits kaum in der Lage sind die Fahrzeughardware in grossen Serienstückzahlen zu produzieren.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die Führungsebene der Fahrzeughersteller ist sich hinsichtlich der Bedeutung automatisierter Fahrzeuge, ihrer disruptiven Auswirkungen und der Notwendigkeit eigene Lösungen und Dienstleistungen zu entwickeln weitgehend einig. Je tiefer die Mitarbeiter mit der technischen Umsetzung betraut sind, umso grösser ist tendenziell die Skepsis bezüglich einer schnellen Realisierbarkeit.
- **Relevanz für CH:** Gering, da keine eigene (relevante) Automobilindustrie.
- **Beachtenswert:** Die traditionellen Fahrzeughersteller sollten nicht abgeschrieben werden.
- **Empfehlung:** Entwicklung und Angebot der Hersteller beobachten

#### Technologiekonzerne als Anbieter automatisierter Fahrzeuge

Im Gegensatz zu traditionellen Fahrzeugherstellern finanzieren die Newcomer den Aufbau einer Fahrzeugentwicklung und Produktion nicht durch die Erträge aus dem klassischen Fahrzeuggeschäft sondern durch privates Risikokapital (Tesla, Navya,...), durch staatliche Subventionen (FZ-Hersteller in China) oder durch die Erlöse aus anderen Geschäftsfeldern (Google, Apple, Uber,...)

Grundlage ist jeweils der Glaube an eine überzeugende Wachstumsgeschichte häufig gekoppelt an die Annahme, dass die traditionellen Fahrzeughersteller das entsprechende Marktsegment nicht oder nur verzögert besetzen können.

Dabei haben sich folgende Schwerpunkte herausgebildet:

##### a) Elektromobilität:

Es wird erwartet, dass Elektrofahrzeuge (bei Stromerzeugung aus regenerativen Quellen) umweltfreundlicher sind als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und sich (auch mit Hilfe staatlicher Unterstützungsmassnahmen) mittel bis langfristig am Markt durchsetzen. Alle Unternehmen, die neu im Bereich Mobilitätslösungen einsteigen, bauen ihre Konzepte auf elektrisch betriebenen Fahrzeugen auf und setzen klassische Fahrzeuge wenn dann nur als Übergangslösung ein.

##### b) Hoch- und vollautomatisiertes Fahren:

Die Entwicklung von me-too Lösungen im Bereich von Fahrerassistenzsystemen macht für die wenigsten Neueinsteiger Sinn. Auch wenn die technologischen Herausforderungen und Risiken

bei hoch- und vollautomatisierten Mobilitätskonzepten ungleich höher sind, bieten sie für finanzstarke Unternehmen mit langem Atem die Möglichkeit sich nachhaltig von den klassischen Automobilherstellern zu differenzieren. Die Bandbreite der Lösungsansätze ist sehr gross und zeigt, dass sich unterschiedlichste Teilmärkte im Personen- und Gütertransport ausbilden werden.

#### c) Mobility-as-a-Service:

Es zeichnet sich ab, dass zunehmend mehr Personen auf ein eigenes Fahrzeug verzichten und ihre Mobilitätsbedürfnisse über temporäre, zeit- und streckenabhängig unterschiedliche Mobilitätsdienstleistungen abdecken. Die Gründe für diesen Trend sind vielfältig und liegen z.B. in einem Wertewandel zur shared economy, steigenden Kosten für den MIV, gesetzlichen Einschränkungen und einem breiteren Angebot des ÖV. Elektrisch angetriebene und vollautomatisiert fahrende Vehikel haben das Potential das Angebot des ÖV signifikant zu verbessern bzw. zu ergänzen. Die Fahrzeuge können sowohl von der öffentlichen Hand als auch von privaten Anbietern betrieben werden. Neben den Betreibern entstehen zur Zeit eine Vielzahl an Mobilitätsapplikationen, mit dem Ziel den Nutzer bei der Planung und Durchführung seine Reise zu unterstützen.

Die (meisten) IT-Giganten verfolgen beim automatisierten Fahrzeug einen revolutionären Ansatz, mit folgender Ausprägungen:

- Bereitstellung der Hard- und vor allem Softwarekomponenten für ein von Beginn an voll autonomes Fahrzeug („the car is the ultimate mobile device“).
- Kommerzialisierung der riesigen Datenmengen (Big Data) die beim Betrieb des Fahrzeuges anfallen. Mobilitätsdienstleistungen werden auch als Maßnahme zur Gewinnung von Daten über Fahrzeug, Nutzer und Umwelt verstanden. Diese sind die Grundlage für eigene Dienstleistungen und/oder die Vermarktung an Dritte.
- Kontinuierlicher Update der Funktionen um sich von anderen IT-Unternehmen zu differenzieren (Betriebssicherheit, Anwendungsgebiete und -breite).
- Schnittstellen für die aktive Einbindung unabhängiger Dritter (App-Entwickler, lokale Mobilitätsdienstleister).
- Marke des Herstellers der IT-Plattform / des Betriebssystems als Leistungsversprechen und Kaufkriterium.
- Möglichst autonom agieren können (unabhängig von Dritten, insbesondere von Leistungen öffentlicher Institutionen).

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die Geschäftsmodelle von Tesla, Uber, Google und Apple unterscheiden sich deutlich. Hersteller wie Local Motors, EasyMile oder Navya versuchen Nischenmärkte zu besetzen.
- **Relevanz für CH:** Aufgrund der Affinität der Schweiz zum ÖV und den Überschneidungen / Ergänzungen mit hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen, dürften die erwarteten Mobilitätslösungen der Tech-Giganten für CH besonders interessant sein.
- **Beachtenswert:** Die Tech-Giganten forschen und entwickeln weitgehend im Verborgenen. Die Fortschritte sind nur anhand der Pilotversuche und Patentanmeldungen erkennbar. Veranstaltungen finden weitgehend ohne Beteiligung der Tech-Giganten statt, so dass die klassischen Automobilhersteller die (öffentliche) Diskussion dominieren. Es darf deshalb davon ausgegangen werden, dass die Tech-Giganten ihre Lösungen ohne Abstimmung mit der Politik in den Markt drücken werden.
- **Empfehlung:** Kooperation(sangebote) soweit möglich.

### Anbieter/Betreiber vom Mobilitäts- und Transportdienstleistungen mit Strassenfahrzeugen

Viele Anbieter/Betreiber, die heute klassische Fahrzeuge einsetzen, werden bei Verfügbarkeit von voll automatisierten Fahrzeugen ihr Angebot ergänzen und langfristig ihre bisherige Fahrzeugflotte ganz oder teilweise auf automatisierte Fahrzeuge umstellen, wenn diese für das jeweilige Anwendungsgebiet und die realen Umweltbedingungen geeignet sind und von den Kunden angenommen werden.

Entsprechende Grundsatzüberlegungen und z.T. auch praktische Feldversuche laufen bei Taxiunternehmen, Bahnunternehmen, Busbetreibern, Speditionen/Logistikdienstleistern, Mietfahrzeugunternehmen, Shared Mobility Anbietern, u.a.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die erwarteten Vorteile (Wirtschaftlichkeit, zusätzliche Nutzergruppen, Image, Umwelt, u.a.) automatisierter Fahrzeuge sind so gross, dass kein Transportunternehmen auf den Einsatz verzichten kann, wenn dies technisch und rechtlich möglich ist.
- **Relevanz für CH:** Sehr hoch: Auswirkungen auf Wettbewerbsfähigkeit der Industrie, Transportdienstleister, Fahrpersonal, u.v.m.
- **Beachtenswert:** Transportdienstleister müssen auch die Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge bei ihren Fahrgästen berücksichtigen. Befragungen von (Privat-) Personen, die bisher über keine eigenen Erfahrungen mit automatisierten Fahrzeugen verfügen, zeigen ein breites Spektrum unterschiedlicher Einstellungen. Basis dafür sind eigene Einschätzungen / Wertvorstellungen theoretische Überlegungen und die öffentliche Berichterstattung. Inwieweit erste Praxiserfahrungen die Akzeptanz der Nutzer automatisierter Fahrzeuge und anderer Verkehrsteilnehmer verbessern oder verringern hängt stark von der Ausgestaltung der Pilotversuche ab. Gut durchdachte Pilotversuche zeigen einen signifikanten, positiven Einfluss auf die Einstellung und Akzeptanz der Schweizerinnen und Schweizer zum automatisierten Fahren.
- **Empfehlung:** Die Zeit sollte genutzt werden, um ein gesellschaftlich akzeptiertes Verkehrskonzept der Zukunft unter Einbezug der Mobilitäts- und Transportdienstleister zu entwerfen. Für die Entwicklung einer gesellschaftlich breit abgestützten Zukunftsvision kommt den Pilotversuchen eine besondere Bedeutung zu. Eine deutliche Ausweitung der Pilot- / und Praxisversuche in der Schweiz sollte deshalb angestrebt werden. Es liegt im gemeinsamen Interesse der Behörden und der Anbieter, der Ausgestaltung darauf zu achten, dass vor allem positive Nutzererfahrungen zu erwarten sind.

#### Mobilitätsvermittler

Bei den Mobilitätsvermittlern ist zu unterscheiden, ob sie schwerpunktmässig darauf ausgerichtet sind als Vertriebskanals eines mit ihnen verbundenen physischen Mobilitätsanbieters zu fungieren, oder ob sie das jeweils beste / billigste Mobilitätsangebot aus Kundensicht aus allen verfügbaren Angeboten selektieren und diese sinnvoll kombinieren.

Das Geschäftsmodell der (unabhängigen) Mobilitätsvermittler basiert auf einer möglichst optimalen Kundenschnittstelle, über die mit geringen eigenen Assets auf das Angebot möglichst vieler physischer Mobilitätsanbieter zugegriffen werden kann, mit dem Ziel, Nachfrage und Angebot aus Kundensicht zusammenzubringen. Wer das breiteste, zuverlässigste und am einfachsten zu bedienende intermodale und ggf. internationale Angebot hat, kann sich gute Chancen ausrechnen, die meisten Kundenanfragen vermitteln zu dürfen. Das Geschäftsmodell wird häufig erweitert z.B. durch die Verarbeitung und weitere Verwendung der durch den Dienst erhobenen Daten.

Es entsteht zurzeit eine grosse Vielzahl an Mobilitäts-Apps die häufig ähnliche Zielsetzungen und Zielgruppen haben und damit im Wettbewerb untereinander stehen. Es wird erwartet, dass sich langfristig nur eine sehr kleine Zahl Internet-App gestützter Mobilitätsvermittler am Markt behaupten können.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Es besteht Konsens dahingehend, dass (intermodale) Mobility-Apps erhebliche Potentiale bieten, die zukünftige Mobilität unter verschiedenen Gesichtspunkten zu optimieren. Es wird mehrheitlich davon ausgegangen, dass Mobilitäts-Apps verstärkt genutzt werden und (für einige wenige Anbieter) hohe Ertragspotentiale bieten. Unterschiedliche Einschätzungen bestehen dazu, welche Konzepte und Unternehmen sich langfristig durchsetzen werden.
- **Relevanz für CH:** Auch in der Schweiz nutzen bereits (oder entwickeln) nationale, kantonale und städtische Mobilitätsunternehmen eigene Mobilitäts-Apps, häufig mit dem Ziel, die eigenen Kunden enger zu binden. Ganzheitliche Ansätze zur Optimierung des Mobilitätsverhaltens und des Mobilitätsangebotes unter Einbeziehung der unterschiedlichen Nutzungsformen automatisierter Fahrzeuge sind damit nur bedingt erreichbar. Mittelfristig sind Regelungen sinnvoll, die Vernetzung der unterschiedlichen Apps unterstützen.
- **Empfehlung:** Konsolidierung / Abstimmung der Aktivitäten zur Mobilitäts-App Entwicklung in der Schweiz um langfristig gegen die internationale Konkurrenz bestehen zu können.

#### Anbieter von Systemen für die Infrastruktur

##### Sensoren / Signalisation / Verkehrsbeeinflussungsanlagen

Automatisierte Fahrzeuge müssen in der Lage sein, die strassenseitige Beschilderung/Signalisation interpretieren zu können. Unterstützt wird dies wahrscheinlich langfristig durch die Ertüchtigung der Systeme für eine elektronische Kommunikation mit dem Fahrzeug (C2X).

##### Parkhäuser / Parkplätze

Automatisierte Fahrzeuge brauchen wahrscheinlich weniger Parkflächen in der Stadt und dafür eventuell mehr in den Randgebieten. Auch wenn bis zu einer weiten Verbreitung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge noch eine längere Zeit vergehen wird, sind Investitionsentscheidungen für Parkhäuser heute schon zu überlegen. Automatisiertes Valet-Parking ist in wenigen Jahren in vielen Fahrzeugen verfügbar. Ob sich die damit verbundenen Hoffnungen auf weniger Platzbedarf in den Parkhäusern kurzfristig tatsächlich realisieren lassen, ist nicht bewiesen.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Ob sich die damit verbundenen Hoffnungen auf weniger Platzbedarf in den Parkhäusern tatsächlich realisieren lassen, ist nicht bewiesen.
- **Relevanz für CH:** Langfristig eröffnet der in den Städten freiwerdende Raum neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebensqualität.
- **Empfehlung:** Teil der langfristigen Überlegungen zu Verkehrskonzept und Raum-/Städteplanung.

### 2.7.3 Markteinführungsszenarien von automatisierten FZ-Funktionen

Es gibt einige Studien, die sich mit der Marktdurchdringung von derzeitigen Fahrerassistenzsystemen befassen [Folmer et al. 2015] und andere, in denen auch Aussagen zum (zeitlichen) Markteinführungsszenario unterschiedlicher Applikationen des automatisierten Fahrens getroffen werden [ERTRAC 2015].

Hinsichtlich der technischen Machbarkeit und der Entstehung eines signifikanten Marktes für hoch automatisiertes Fahren und damit verbundenen Dienstleistungen gibt es unterschiedliche Ansichten bei den Fahrzeugherstellern und Tech-Konzernen, insbesondere hinsichtlich des möglichen Zeithorizontes.

Die technologischen Herausforderungen für die Entwicklung hoch automatisiert fahrender Fahrzeuge sowie der strassenseitigen Infrastruktur und von Diensten / Services werden bei der überwiegenden Mehrheit der gesichteten Studien und von den befragten Experten innerhalb der nächsten 3-20 Jahre als technisch lösbar betrachtet. Die grosse Spanne innerhalb derer die technischen Probleme als gelöst angesehen werden dürfte dadurch erklärbar sein, dass bei den Einschätzungen zum Teil unterschiedliche Annahmen über den Automatisierungsgrad, die Umweltbedingungen unter denen automatisiert gefahren wird, die Fähigkeit der Insassen steuernd einzugreifen, die vorhandene Infrastruktur, die Streckenführung und die gefahrenen Geschwindigkeiten zugrunde liegen.

Auch wenn die technischen Probleme als gelöst angesehen werden, vergehen bis zur Serienreife / Zulassung / Einführung weitere Jahre. Es kann davon ausgegangen werden, dass nicht alle Fahrzeugmodelle gleichzeitig mit Funktionen des automatisierten Fahrens verfügbar sind, was den Marktanteil bei den verkauften Neuwagen einschränkt. Einige Neuwagenkäufer werden abwarten, ob sich automatisierte Fahrzeuge in der Praxis bewähren. Betreiber von Fahrzeugflotten werden ebenfalls zunächst Praxiserfahrungen sammeln und warten, bis die vorhandenen Fahrzeuge abgeschrieben sind, bevor sie die ganze Flotte auf automatisierte Fahrzeuge umrüsten.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Breites Spektrum der Annahmen / Vorhersagen über die Verfügbarkeit automatisierter Fahrzeuge und das Markteinführungsszenario.
- **Relevanz für CH:** Sehr hoch, weil Grundlage vieler konkreter Entscheidungen.
- **Beachtenswert:** Es ist wahrscheinlich, dass erst 8-15 Jahre nach Verfügbarkeit der ersten vollautomatisierten Fahrzeuge etwa 50% des Fahrzeugbestandes (unter den definierten Umweltbedingungen) auch vollautomatisiert fahren können. Ein gemeinsames Verständnis der Anwendungsfälle und die Abstufung unterschiedlicher Rahmenbedingungen, unter denen der Betrieb automatisierter Fahrzeuge erfolgen kann und soll, ist erforderlich um verlässlichere Aussagen über mögliche Einführungsszenarien zu erhalten.
- **Empfehlung:** Vergleichsweise kurzfristig innerhalb der nächsten 3-5 Jahre sollte auf der bestehenden Strasseninfrastruktur der Betrieb automatisierter Fahrzeuge (Pilot-, Vorserien- und Serienfahrzeuge) möglich sein. In der langfristigen Betrachtung muss das Verkehrskonzept einen Mischbetrieb aus traditionellen und automatisierten Fahrzeugen für die nächsten 20-40 Jahre unterstützen.

## 2.8 Gesellschaft und Politik

Das automatisierte Fahren bildet ein gesamtgesellschaftliches Thema.

### 2.8.1 Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten im Gesamtsystem

Für den sicheren Betrieb automatisierter Fahrzeuge ist ein reibungsloses Zusammenspiel von Lösungen unterschiedlicher Hersteller und Betreiber erforderlich. Die Hersteller bemühen sich, die Schnittstellen zu harmonisieren und Systemkonzepte so zu gestalten, dass der Ausfall einzelner Funktionen nicht zu katastrophalen Folgen führt. Eine Gesamtverantwortung für den reibungslosen Betrieb automatisierter Fahrzeuge gibt es nicht, so dass bei Unfällen und Stillständen mit wirtschaftlichen Schäden mit erheblichen Streitigkeiten zwischen den einzelnen Beteiligten zu rechnen ist.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die Etablierung einer Instanz, die ganzheitlich den sicheren Betrieb automatisierter Fahrzeuge und der dafür notwendigen Infrastruktur organisiert, ist nicht realistisch.
- **Relevanz für CH:** Datenverarbeitung sowie Funk- und Kommunikationsnetze werden ein systemkritischer Bestandteil einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur
- **Empfehlung:** Schaffung der organisatorischen Voraussetzungen

### 2.8.2 Wertesystem mit Bezug auf automatisierte FZ

Einzelne Fragestellungen – wie jene zu ethischen Fragen – ergeben sich im Zusammenhang mit der Eigenständigkeit maschinellen Wirkens und der Verkehrssicherheit. Neue Möglichkeiten, auch äußerst zeitkritische Situationen zu beeinflussen, werfen weitreichende Fragen nach dem Wertesystem auf, an dem Steuerungsentscheidungen auszurichten sind. [BASt-Forschungsbedarf 2015].

Es sollte nicht davon ausgegangen werden, dass automatisierte Fahrzeuge, z.B. durch Vernetzung untereinander, nie in ausweglose Situationen geraten. Es wird Fälle geben, in denen vom Fahrzeugroboter zwischen verschiedenen schlechten Szenarien eine Wahl getroffen werden muss.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Politische Vorgaben, an denen die Hersteller bei der Entwicklung automatisierter Funktionen deren Steuerungsentscheidungen ausrichten sollen, werden mehrheitlich als sinnvoll erachtet. Es gibt unterschiedliche Ansichten dazu, ob und wie detailliert solche Vorgaben rechtlich ausgestaltet und überprüft werden sollen. In Europa zugelassene Fahrzeuge werden nur dann einheitlichen Grundprinzipien folgen, wenn diese verpflichtend sind
- **Relevanz für CH:** Betrifft nicht nur Dilemmasituationen sondern auch dem Umgang mit Daten
- **Empfehlung:** Einbringung der schweizerischen Vorstellungen in europäische Vorschriften

### 2.8.3 Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge in der Gesellschaft

Die Mehrheit der Schweizer Bürger hat schon mal vom automatisierten Fahren gehört. Welche Haltung sie dazu einnehmen ist weitgehend unerforscht. Die mit dem automatisierten Fahren verbundenen Ängste und Hoffnungen bestimmen, zusammen mit den gemachten Erfahrungen, die Akzeptanz von Massnahmen zur Einführung automatisierter Fahrzeuge und das zukünftige

Nutzerverhalten. Ein vergleichsweise realistisches Bild der zukünftigen Möglichkeiten und potentiellen Auswirkungen hat nur eine kleine Minderheit. Eine fundierte Chancen- und Risikobetrachtung für die Gesellschaft und spezielle Gruppen, die auch als politischer Leitfaden dienen könnte, gibt es nicht.

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Ein fundiertes Bild über die Einstellungen der Schweizer Bürger zum automatisierten Fahren und die dahinter liegenden Beweggründe gibt es nicht
- **Relevanz für CH:** Relevant für vielfältige politische Entscheidungen auf Ebene Bund, Kanton und Stadt
- **Empfehlung:** Tiefergehende Untersuchungen

### **2.8.4 Auswirkungen auf den Schweizer Wirtschaftsstandort**

Es ist spürbar dass, aber nicht quantifizierbar wie die Einführung automatisierter Fahrzeuge den gesamten Wirtschaftsstandort Schweiz betreffen wird. Die Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie- und Dienstleistungsunternehmen ist auch davon abhängig, ob und wann der erwartete Effizienzgewinn durch die Nutzung automatisierter Fahrzeuge in der Schweiz erschlossen werden kann.

Die international vernetzten Forschungseinrichtungen der Schweiz sind in ihren jeweiligen Fachgebieten oft in die internationale Forschung zum automatisierten Fahren eingebunden, oder arbeiten für Kunden im Ausland. Viele Industrieunternehmen haben die Auswirkungen für ihr Geschäft bereits versucht abzuschätzen und darauf aufbauend Strategieansätze entwickelt, wie damit umzugehen ist. Diese sind aber öffentlich nicht zugänglich. Das gilt auch für die grossen Mobilitäts- und Logistikanbieter, die sich ebenfalls eingehend mit den neuen Möglichkeiten auseinandersetzen. Die ÖV-Anbieter in der Schweiz testen zunehmend mögliche Anwendungen und Betriebskonzepte in der Praxis. Aufgrund des gesellschaftlichen und politischen Stellenwertes des ÖV sowie dessen Leistungsfähigkeit in der Schweiz, ist die Interaktion mit einem „privatisieren ÖV“ auf Basis hochautomatisierter Shuttle besonders interessant.

#### **Einschätzung**

- **Konsens / Dissens:** Darüber, dass langfristig nahezu jeder Bereich von der Automatisierung im Verkehr betroffen sein wird, gibt es einen breiten Konsens. Unterschiedliche Auffassungen gibt es zum Zeithorizont und der Relevanz für die eigenen Aktivitäten
- **Relevanz für CH:** Die Wirtschaft wird das Effizienzpotential und neue Zielgruppen und Anwendungen erschliessen müssen um die Wettbewerbsfähigkeit nicht zu gefährden
- **Empfehlung:** Strategie zur raschen Einführung automatisierter Fahrzeuge in den Anwendungsfeldern, die hohe Effizienzgewinne ermöglichen. Zentrale Koordinierung soweit möglich zusammen mit den Verbänden

### **2.8.5 Auswirkungen auf die Beschäftigung von Fahrpersonal**

Bereits die Teilautomatisierung verändert das Anforderungsprofil für Fahrer. In vollautomatisierten Fahrzeugen ist der Fahrer überflüssig. Seine Tätigkeiten werden mit zunehmendem Automatisierungsgrad durch die Fahrzeugelektronik und die Betriebszentrale übernommen. Betroffen davon werden vor allem Berufskraftfahrer und Taxifahrer. Da derzeit keine automatisierten Fahrzeuge ohne Sicherheitsfahrer betrieben werden dürfen und auch in den nächsten Jahren damit zu rechnen ist, dass eine voll-automatisierter Betrieb in allen

Umweltbedingungen möglich ist, ist kurz- und mittelfristig nicht mit gravierenden Auswirkungen für das Fahrpersonal zu rechnen.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die meisten Experten gehen davon aus, dass langfristig nur noch wenige qualifizierte Fahrer benötigt werden. Kurzfristige Verschiebungen sind eher unwahrscheinlich
- **Relevanz für CH:** derzeit nicht akut
- **Empfehlung:** Situation beobachten

## 2.8.6 Raum- und städteplanerische Fragestellungen

Die Automatisierung der Fahrzeuge ermöglicht voraussichtlich Änderungen in der bestehenden Nutzung von Parkplätzen, Verkehrs- und Bauflächen. Allerdings sind die Grössenordnungen der Schätzungen noch recht unterschiedlich (z.B. wie viele Parkplätze durch Car- und Ride-Sharing wegfallen können). Allgemein wird durch automatisierte Fahrzeuge auch eine Verbesserung der Erreichbarkeit sowie eine Vergünstigung der Mobilität erwartet. Zusammen mit der Möglichkeit die Fahrzeit für andere Zwecke zu nutzen, entsteht so ein erhöhter Zersiedelungsdruck. Es gibt erst wenige Überlegungen, ob die vorhandenen Planungsinstrumente und die jetzige Kompetenzaufteilung zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden genügend ist. Aufgrund der besonderen Verhältnisse in der Schweiz sind diese Aspekte in einem spezifischen Forschungsvorhaben zu klären.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Die meisten Experten gehen davon aus, dass automatisierte Fahrzeuge deutlich andere Nutzungsformen initiieren werden, deren Möglichkeiten und Auswirkungen auch raum- und städteplanerische Fragestellungen betreffen.
- **Relevanz für CH:** Aufgrund der langen Planungshorizonte entsteht zunehmende Unsicherheit bei Entscheidungen mit langfristiger Perspektive
- **Empfehlung:** Mögliche Szenarien konkretisieren und eingrenzen

## 2.8.7 Mögliche Auswirkungen auf Energie und Umwelt

Die Auswirkungen sind stark abhängig vom Einführungs- und Nutzungsszenario. Allgemein wird damit gerechnet, dass durch die Elektrifizierung, gleichmässige und niedrigere Geschwindigkeiten, Leichtbau und Platooning sowie die vermehrte gemeinsame Nutzung von Fahrzeugen positive Effekte für den Energieverbrauch und CO<sub>2</sub> Ausstoss erreicht werden können. Dem gegenüber steht ein möglicherweise stark zunehmendes Verkehrsaufkommen, dass positive Effekte kompensiert. Insbesondere das Platooning wird z.Zt. in Europa erprobt. Inwieweit mit Platooning auch in der Schweiz signifikante Effekte hinsichtlich CO<sub>2</sub> Reduktion erreicht werden können, erscheint insofern fraglich, als das der Abstand zwischen Ein- und Ausfahrten relativ gering ist, so dass der Platoon häufig aufgelöst werden muss, um anderen Verkehrsteilnehmern eine sichere Ein-/Ausfahrt zu ermöglichen.

#### Einschätzung

- **Konsens / Dissens:** Es besteht Konsens dazu, dass die Auswirkungen auf Energie und Umwelt entscheidend vom Nutzungsszenario abhängen und heute nur bezogen auf mögliche Szenarien beschrieben werden kann
- **Relevanz für CH:** Derzeit nicht relevant
- **Empfehlung:** Mögliche Szenarien konkretisieren und eingrenzen

## 2.9 Aktivitäten im Ausland

Der primäre Fokus nahezu aller Regierungen ist als Teil der Industriepolitik auf den Erhalt bzw. die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der regionalen bzw. nationalen Fahrzeugindustrie und Dienstleistungsunternehmen sowie der Forschungseinrichtungen gerichtet, wobei sich die Schwerpunkte in Abhängigkeit von der nationalen Bedeutung und Ausrichtung der betroffenen Unternehmen unterscheiden.

Sekundär sind zum jetzigen Zeitpunkt für die europäischen Regierungen oft verkehrspolitische Massnahmen, die helfen könnten um Rahmenbedingungen zu schaffen, die notwendig sind um das Potential automatisierter Fahrzeuge einer breiten Käufer / Nutzerschicht zugänglich zu machen. Häufig fehlen den Entscheidungsträgern die für weitreichende strategische Änderungen in der Verkehrspolitik notwendigen fundierten Grundlagen, oder es wird von einer mangelnden Unterstützung in der Bevölkerung ausgegangen. Es entsteht der Eindruck, das zum Teil auch bewusst potentiell disruptive Lösungsansätze hinten angestellt werden.

In den USA werden, trotz der bedeutenden Rolle der traditionellen Fahrzeughersteller, auch die Erprobung disruptiver Lösungsansätze aktiv gefördert.

Unabhängig von Land und Region erwarten die Hersteller häufig:

- Einfache, klare Regelungen für gross angelegten und flexiblen Testbetrieb automatisierter Fahrzeuge im realen Verkehrsgeschehen
- Industriefreundliche Regelungen zum Datenschutz
- Ertüchtigung der Strasseninfrastruktur
- Ausbau der ICT-Infrastruktur
- Rechtssicherheit
- Gut ausgestattete Förderprogramme
- Koordinationsfunktionen durch Behörden
- Öffentlichkeitsarbeit durch die Behörden
- Fördergelder
- Signifikantes Marktvolumen

### 2.9.1 Aktivitäten in Deutschland

#### **Strategie bez. automatisiertem Fahren**

Bis vor kurzem hat die Bundesregierung ihre Aktivitäten auf Systeme konzentriert die sich als teil- oder hochautomatisiert einstufen oder klassifizieren lassen. Fahrerlose Fahrzeuge sowie das vollautomatisierte Fahren waren offiziell nicht Gegenstand der Überlegungen der Bundesregierung [Deutscher Bundestag 18/2072]. Diese Ausrichtung wurde im Wesentlichen durch die Interessen der deutschen Automobil und Zulieferindustrie bestimmt, die bislang mehrheitlich einen evolutionären Ansatz (schrittweise Einführung verbesserter Assistenzsysteme) verfolgen und dazu entsprechende Rahmenbedingungen von der deutschen Politik erwarten.

Bisher legte Deutschland den Schwerpunkt auf hochautomatisierte Fahrfunktionen im strukturierten, weniger komplexen Verkehrsumfeld von Autobahnen. Seit Juni 2016 sollten auch Versuche in Stadtbetrieb erfolgen. Dies deutet darauf hin, dass nun auch die deutschen Fahrzeughersteller Anwendungsfelder im städtischen Umfeld sehen und die Fortschritte der Technologiekonzerne in diesem Bereich erkannt haben.

Die Bundesregierung will beim automatisierten und vernetzten Fahren Deutschland eine Vorreiterrolle sichern und dazu optimale Rahmenbedingungen und Voraussetzungen (vom Probetrieb zur Serienreife und Regelzulassung) schaffen, damit Schlüsseltechnologien der

Mobilität 4.0 in Deutschland erforscht, entwickelt, erprobt und produziert werden können. Automatisierte und vernetzte Fahrzeuge sollen nicht nur in Deutschland gebaut, sondern auch gefahren werden, so dass Deutschland Spitzenreiter bei der Marktdurchdringung wird.

Die Bundesregierung hat 5 Handlungsfelder definiert [BMVI Strategie 2015]:

1. Infrastruktur (Breitbandausbau, Standards für die intelligente Strasse)
2. Rechtssicherheit (nationaler und internationaler Rechtsrahmen, Fahrausbildung und Typengenehmigung)
3. Innovation (Testfeld(er) und Forschungsförderung)
4. Vernetzung (Verfügbarkeit von Mobilitäts- und Geodaten, Vernetzung von Verkehrszeichen, hochpräzise Kartensysteme)
5. IT-Sicherheit und Datenschutz (Cyber-Sicherheit, internationale Guidelines und Vorschriften).

Die Bundesregierung sieht folgende Potentiale, die durch automatisiertes Fahren erreicht werden können:

1. Steigerung der Verkehrseffizienz
2. Erhöhung der Verkehrssicherheit
3. Reduzierung mobilitätsbedingter Emissionen
4. Stärkung des Innovations- und Wirtschaftsstandorts Deutschland

### **Organisation / Verantwortlichkeiten**

Die Umsetzung der „Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren“ wird unter der Leitung des BMVI auf Staatssekretärebene kontinuierlich überwacht und strategisch gesteuert. Es erfolgt eine enge Abstimmung des BMVI mit den anderen Ressorts; die Federführung anderer Ressorts für einzelne betroffene Bereiche bleibt bei der Umsetzung der Strategie unberührt.

Die operative Programmsteuerung erfolgt für alle Handlungsfelder und Maßnahmen durch eine Programmgruppe, deren Besetzung zwischen den beteiligten Ressorts abzustimmen ist und innerhalb derer Projektteams mit relevanten Experten und gesellschaftlichen Akteuren gebildet werden<sup>10</sup>. Die Konkretisierung erfolgt in den drei Arbeitsgruppen:

AG Fahrer / Halter (Leitung BMVI): Genehmigungsfähigkeit der Systeme/Fahrzeuge, Anforderungen an die funktionale Sicherheit, Anzeige- und Bedienkonzepte, Wechselwirkungen mit dem demographischen Wandel und der gesellschaftlichen Akzeptanz des automatisierten Fahrens.

AG Recht (Leitung BMVI): Fragen der Produkthaftung, StGB, OWiG / StVG/ StVO, dem Wiener Übereinkommen, dem Fahrerlaubnisrecht und dem Datenschutzrecht.

AG Forschung (Leitung BAST): Sammlung und Sichtung des Stands der Forschung, der Identifizierung von Forschungsbedarf sowie dem Abgleich des Forschungsbedarfs mit aktuellen und geplanten nationalen und internationalen Forschungsvorhaben [BAST-Forschungsbedarf 2015].

### **Forschungsvorhaben**

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat von 1985 bis 2014 für zwölf Verbundvorhaben zur Thematik autonomes Fahren im öffentlichen oder privaten Raum insgesamt 22.4 Mio. Euro zur Verfügung gestellt. Künftige Forschungsaufträge in Bezug auf automatisiertes Fahren, die insbesondere auch den Aspekt der Verbesserung der Sicherheit und der Effizienz im Straßenverkehr einbeziehen, sollen auf Basis der strategischen Überlegungen vergeben werden.

### **Testzentren und Pilotversuche im öffentlichen Raum**

<sup>10</sup> siehe [BMVI Strategie 2015] und [BMVI GKVS 2014]. Bezüglich Teilnehmern siehe Frage 21 bis 24 unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/022/1802215.pdf>

Die Bundesregierung fördert ein Digitales Testfeld Autobahn auf der A9. Das Ziel ist, gemeinsam mit den Autoherstellern und Digitalunternehmen neueste Technologien auf der Straße zu erproben. Automatisiertes Fahren soll künftig auch in Städten erprobt werden. Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt (CSU) hat angekündigt, in Ingolstadt eine Teststrecke für automatisiertes Fahren einzurichten. Auch in anderen Städten seien Pilotprojekte geplant [FAZ-Dobrindt 2016].

## 2.9.2 Aktivitäten in den USA

Das automatisierte Fahren hat sowohl auf Bundesebene als auch auf Ebene der Gliedstaaten einen hohen Stellenwert für Politik und Behörden. Für das DOT (Department of Transportation) und die NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) bietet das automatisierte Fahren vor allem die Chance die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Der Schwerpunkt der Aktivitäten liegt deshalb auf der Analyse der möglichen Auswirkungen und der Beseitigung von möglichen Hürden, die eine schnelle Einführung behindern könnten<sup>11</sup>. Dazu gehört auch die Erprobung und Verbreitung von V2X Kommunikation und die kontinuierliche Verbesserung durch Nutzung künstlicher Intelligenz. Das Potential automatisierter Fahrzeuge zur Erweiterung des Personenkreises mit Zugang zur Mobilität, Verringerung des Platzverbrauches und CO2 Ausstosses sowie der Erhöhung der Kapazität bestehender Strassen soll ebenfalls gehoben werden. Es entsteht aber der Gesamteindruck, dass für die Behörden in den USA die Verkehrssicherheit derzeit im Fokus steht, einschliesslich Massnahmen für eine sichere Erprobung und Markteinführung.<sup>12</sup>

Wie bei den traditionellen Fahrzeugen, definiert der Gesetzgeber auch bei automatisierten Fahrzeugen weniger konkrete Lösungen und technische Spezifikationen als in Europa, sondern regelt über Performance-Anforderungen das gewünschte Ergebnis, ohne die technische Umsetzung festzulegen. Um Interoperabilität zwischen den Gliedstaaten zu erreichen, wird eine gemeinsame Policy für automatisierte Fahrzeuge über die AAMVA (American Association of Motor Vehicle Administrators) koordiniert. Bestehende Gesetze werden sukzessive an die Anforderungen für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge angepasst. Wo notwendig werden auch die Strukturen und Verantwortlichkeiten der Behörden neu definiert. Die Einbindung der Öffentlichkeit in den Gesetzgebungsprozess ist deutlich ausgeprägter als in Europa. Unternehmen, Interessenvertreter und in- und ausländische Bürger können Kommentare zu den Gesetzesvorhaben abgeben, die i.d.R. öffentlich einsehbar sind, einschliesslich der Antworten der Behörden.

### Testzentren und Pilotversuche im öffentlichen Raum

Die Grundvoraussetzungen für Feldtests in den USA sind auf Bundesebene detailliert beschrieben einschliesslich der Rollenverteilung zwischen Bund und Gliedstaaten<sup>13</sup>. 33 Gliedstaaten (Stand Dez.2016) haben ergänzende gesetzliche Regelungen für den (Test-) Betrieb automatisierter FZ auf öffentlichen Strassen veröffentlicht<sup>14</sup>. Im Wesentlichen muss sich der Antragsteller einem Safety-Assessment unterziehen, bei dem folgende Punkte näher betrachtet werden:

- Data Recording and Sharing
- Privacy
- System Safety
- Vehicle Cybersecurity
- Human Machine Interface
- Crashworthiness
- Consumer Education and Training
- Registration and Certification
- Post-Crash Behavior

<sup>11</sup> <http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Autonomous-Vehicles-Policy-Update-2016.pdf>.

<sup>12</sup> <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/AV%20policy%20guidance%20PDF.pdf>

<sup>13</sup> <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/AV%20policy%20guidance%20PDF.pdf> Kapitel B

<sup>14</sup> <http://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx#enacted>

- Federal, State and Local Laws
- Ethical Considerations
- Operational Design Domain
- Object and Event Detection and Response
- Fall Back (Minimal Risk Condition)
- Validation Methods

Bei wesentlichen Änderungen, z.B. Softwareupdates, sind die Auswirkungen auf die oben genannten Punkte zu analysieren und ggf. die Sicherheit neu nachzuweisen.



## 3 Szenarien

### 3.1 Einleitung

Für das automatisierte Fahren in der Schweiz gibt es eine unüberschaubare Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren, die miteinander interagieren und zu einem breiten und nicht umfassend beschreibbaren Spektrum an unterschiedlichen Entwicklungsszenarien führen.

Damit automatisierte Fahrzeuge überhaupt eine Rolle im zukünftigen Verkehrssystem der Schweiz spielen können, sind kumulativ einige Grundvoraussetzungen notwendig. Ob diese als gegeben angenommen werden können, oder ob es berechtigte Zweifel daran gibt, muss durch vertiefende Forschung geklärt werden:

- Technische Machbarkeit in einem gegebenen Zeitrahmen
- Rechtliche Zulässigkeit, spätestens zur Markteinführung
- Potentieller Markt ausreichender Grösse der über die Zeit ein wirtschaftliches Marktvolumen entwickelt
- Konkretes Angebot: Fähigkeit und Willen zur Realisierung sowie Massnahmen zur konkreten Umsetzung

Als gesichert angenommen werden darf, dass sich das automatisierte Fahren nicht unabhängig entwickeln wird, sondern massiv von der Digitalisierung und dem „Internet of Things“ (IOT), der Elektrifizierung, den Telekommunikations- und Internetdiensten und den von ihnen ausgelösten Änderungen in der Gesellschaft und Wirtschaft beeinflusst wird und mit ihnen interagiert.

### 3.2 Erläuterung Methodischer Ansatz

Die Auswirkungen einer künftigen Technologie auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft lassen sich auf verschiedene Arten ermitteln. So könnten die Einflussfaktoren einzeln variiert und in Interaktion mit anderen Einflussfaktoren zu einem Variantenbaum zusammengetragen werden. Dieser Versuch wurde unternommen, musste jedoch aufgrund der unüberschaubaren Fülle an möglichen Konstellationen und Einflussfaktoren-Ausprägungen wieder fallengelassen werden.

Um den grossen Erkenntnisgewinn aus der Bildung der vielen Konstellationen trotzdem einfließen lassen zu können, wurden zwei extreme Einflussfaktoren-Konstellationen extrahiert und zu Szenarien weiterentwickelt. Diese sollen im Sinn von Extrem-Szenarien ein optimistisches und ein pessimistisches Bild des Zustands im Jahr 2040 darstellen. Damit soll für Entscheidungsträger ein möglicher Gestaltungsspielraum aufgezeigt werden.

Die Verwendung von Szenarien für Fragestellungen zu zukünftigen Entwicklungen ist eine weithin eingesetzte Methodik. Szenarien vermögen einen möglichen Zustand auf begreifbare und bildhafte Weise zu vermitteln. Innerhalb eines Szenarios müssen fixe Annahmen herbeigezogen werden, eine Variation der Annahmen würde kein klares Szenario mehr erlauben. Diese Annahmen sollen sachlich passend zum thematischen Rahmen des Szenarios erfolgen und dessen Bild schärfen. Eine wissenschaftlich korrekte Entwicklung aussagekräftiger Szenarien inkl. Validierung der Annahmen durch Experteninterviews ist im Rahmen dieses Initialprojektes nicht leistbar und müsste Teil eines eigenen Forschungsprojektes sein.

Um aus den beiden Szenarien mögliche Forschungs- und Handlungsfeldern abzuleiten, werden diese einander gegenübergestellt und im Rahmen einer Differenzen-Analyse die Einflussfaktoren dieser unterschiedlichen Ausprägungen detektiert, gesammelt und das Wissen und die Instrumente zu deren Steuerung als Forschungs- oder Handlungsbedarf klassiert.

### 3.3 Szenarien

Zur Veranschaulichung möglicher positiver und negativer Einflussfaktoren werden zwei Extrem-Szenarien skizziert. Dabei wird einerseits ein *optimistisches* Bild einer möglichen Zustands 2040 mit automatisierten Fahrzeugen ausformuliert (Szenario Bereicherung) und andererseits ein *pessimistisches* Bild (Fehlentwicklung). Die beiden Szenarien überzeichnen bewusst in positiver wie auch in negativer Richtung ein mögliches *realistisches* Bild.

#### 3.3.1 Szenario Bereicherung: Automatisierte Fahrzeuge und neue Nutzungskonzepte bereichern das Mobilitätsangebot in der Schweiz

##### Ein optimistischer Blick in das Jahr 2040

*Wie jedem Morgen checke ich die Vorschläge meines MaaS Anbieters, wie ich unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrsprognosen am besten zu meiner Arbeitsstelle gelangen kann. Die gewünschten Abfahrts- und Ankunftszeit sowie den gewünschten Komfort wähle ich in meiner App. Da heute auch zwei schwere Koffer mit müssen, wähle ich die Option für erhöhtes Gewicht und Ladungsvolumen. Egal wie ich mich entscheide und wo ich gerade bin, 5 Minuten später kann die Fahrt beginnen, das garantiert der MaaS Provider. Da ist in der Tat kein eigenes Auto mehr erforderlich, auch wenn ich manchmal sehnsüchtig an den alten Mustang V5.0 denke, der noch in der Garage steht, aber nur noch am Wochenende benutzt wird.*

*Den Leistungsumfang des MaaS Anbieters kann ich frei bestimmen, auch die Fahrzeiten, allerdings variieren die Kosten stark. Deshalb vermeide ich Spitzenzeiten und nutze gemeinsam mit anderen umweltfreundliche Transportmittel. Das kann viel Geld sparen, denn das staatliche Mobility-Pricing ist so ausgestaltet, dass Strassenbenutzungsgebühren fallbezogen erhoben werden und neben der Reisezeit auch ökologische Parameter und die Belegungszahl berücksichtigt. Das Generalabo für Mobilitätsleistungen früherer Tage wurde ja schon 2030, kurz nach der breiten Verfügbarkeit automatisierter Shuttles abgeschafft, weil das Verkehrsaufkommen unverhältnismässig zugenommen hatte. Darauf haben wir reagiert und wohnen wieder näher am Arbeitsplatz, reisen möglichst nicht zu den Spitzenlastzeiten, machen Sammelbestellungen und nutzen Gemeinschaftsshuttles. Kein Problem, schliesslich haben die Geschäfte, Dienstleister und Arbeitgeber darauf mit erhöhter Flexibilität reagiert und auch die Behörden sind jetzt von 5:00 bis 23:00 erreichbar.*

*Teilautomatisierte Fahrzeuge, die nur in bestimmten Situationen automatisiert fahren können und ansonsten auf einen qualifizierten Fahrer angewiesen sind, wurden zwischen 2016 und 2030 noch massenhaft gekauft und zugelassen. Schliesslich war das Leistungsangebot der MaaS Anbieter lange nicht wirklich überzeugend, bestenfalls eine Ergänzung aber kein Ersatz. Entsprechend sind viele Fahrzeuge auch jetzt noch auf den Strassen anzutreffen. Ein zunehmender Teil dieser Fahrzeuge wird aber nun umgerüstet, so dass auch ein vollautomatisierter Betrieb möglich ist. Geholfen hat dabei eine Gesetzesänderung, die die Haftung für Folgen beim Versagen teilautomatischer Funktionen immer dem Fahrzeughersteller zuweist. Ausserdem werden immer mehr Strassen für Fahrzeuge gesperrt, die nicht vollautomatisiert unterwegs sind.*

*Die alten Parkplätze in meinem Quartier sind weitgehend verschwunden. Die Fläche steht allen zur Verfügung, und die Anwohner konnten entschieden, wie sie gestaltet wird. Das automatische Shuttle, das mich zur Arbeitsstelle bringen wird, hält an einer Haltestelle ganz in der Nähe meines Wohnortes. Die Haltestelle ist sauber, trocken und im Winter beheizt. Auf einem Monitor wird angezeigt, wer welchem Shuttle zugeteilt wurde. Wenn noch Plätze frei sind, kann jeder spontan zusteigen. Wer sich spontan entscheidet wenn kein Platz mehr frei ist, nutzt den Fahrtwunsch-Knopf an der Haltestelle, dann schickt der lokale ÖV-Anbieter ein*

*Fahrzeug vorbei, das einem zum nächsten Mobility-Hub bringt, von dem aus private und öffentliche Anbieter die ganze Schweiz abdecken und auch Verbindungen ins Ausland anbieten.*

*Die grossen Strecken werden auch 2040 durch eine moderne Bahn bedient, die es in den letzten Jahren geschafft hat, zugige Bahnsteige in gemütliche Plätze zu verwandeln. Überhaupt haben die ÖV-Unternehmen die Chancen genutzt und ihr Angebot sowohl für den Kunden als auch unter Kostengesichtspunkten weiter verbessert. Moderne automatisierte Fernbusse pendeln zu regionalen Mobility-Hubs ohne Bahnanschluss und die erste und letzte Meile wird mit flexiblen Mehrpersonen -Shuttles bedient, deren Nutzung im Fahrpreis inbegriffen ist. Dabei fährt fast immer noch eine Begleitperson mit, denn auch mit der Betreuung der Gäste lässt sich Geld verdienen und die Kundenbindung wird gestärkt. Ausschlaggebend aber ist, dass sich die Passagiere sicherer fühlen, wenn noch eine Aufsichtsperson an Bord ist.*

*Der Betrieb dieser Shuttles folgt zum Teil festen Linien und Fahrplänen, während andere flexibel auf dem gesamten Strassennetz anhand der Nachfragesituation eingesetzt werden. Auch die grossen Busse im ländlichen Raum wurden so weitgehend durch flexiblere kleine und kostengünstigere Einheiten ersetzt.*

*Bei den Ausschreibungen der Städte und Kantone lassen sich die geforderten Service-Level-Agreements auf vielen Strecken wirtschaftlich nur noch erreichen, wenn vollautomatisierte Fahrzeuge ohne Fahrer eingesetzt werden. Die Wettbewerbssituation hat sich damit deutlich verschoben: 2010 standen die ÖV-Unternehmen untereinander und vor allem mit dem MIV im Wettbewerb, heute, 2040, sind die Wettbewerber vor allem MaaS Anbieter und private Flottenbetreiber automatisierter Fahrzeuge. Meistens ist es den ÖV-Unternehmen gelungen sich zu behaupten, auch deshalb, weil sie automatisierte Fahrzeuge erst ausführlich testen, bevor sie eingesetzt werden und man ihnen einen sicheren Betrieb eher zutraut als unbekannten privaten Anbietern ohne Referenzen.*

*In der Innenstadt sind private Fahrzeuge verboten, und auch für die automatisierten Mehrpersonenshuttle der ÖV-Unternehmen sind nur solche Strecken freigegeben gegeben worden, bei denen entweder mit Schrittgeschwindigkeit gefahren wird oder bei denen es kaum Überschneidungen mit Fussgängern und Velofahrern gibt.*

*Auf der Fahrt fällt auf, wie gleichmässig der Verkehr fliesst. Schon vor 15 Jahren wurde mit einem riesigen Investitionsprogramm damit begonnen, separate Fahrspuren für automatisierte Fahrzeuge einzurichten. Alle Fahrzeuge fahren dicht hintereinander, wie von Geisterhand gesteuert und dennoch dringen keine Abgase ins Innere, weil alle elektrisch betrieben werden. Gut zu wissen, dass der Strom dazu aus erneuerbaren Quellen kommt. Letztlich ging das nur, weil die dicken S und X Modelle aus der Anfangszeit der Elektrifizierung durch leichte und aerodynamische Typen ersetzt wurden, die nicht mal 1/10 der Energie der ersten Generation benötigen. Der Bewegungsspielraum klassischer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, ohne Automatisierung und C2X Kommunikation wurde ja schon vor 20 Jahren beschnitten, zunächst durch selektive Fahrverbote in den Innenstädten, dann auch zu den Stosszeiten auf allen hoch belasteten Strassen.*

*Lastkraftwagen sieht man tagsüber kaum noch. Durch die Automatisierung konnte ein Grossteil des Güterverkehrs in die Nachtstunden verlagert werden.*

*Trotz der geringen Abstände der Fahrzeuge fühle ich mich sicher. Selbst wenn ein Unfall passieren sollte, ist die passive Sicherheitsausstattung der Fahrgastzelle so gestaltet, dass den Insassen bei einem Crash nichts passiert. Cyberattacken, wie sie in anderen Ländern häufig vorkommen, sind in der Schweiz weitgehend unbekannt, weil in den hier genutzten Fahrzeugen nicht alles eingebaut werden darf, was technisch machbar wäre. In erster Linie betrifft dies Datenschnittstellen, über die die Trajektorie des Fahrzeuges von aussen beeinflusst werden*

*kann. Hier hat man schnell aus den Feldversuchen der Anfangszeit gelernt, die richtigen Schlüsse gezogen und die Zulassungsvoraussetzungen entsprechend angepasst.*

*Das war ein harter Kampf mit der Industrie, die viel Geld und Lobbyisten aufgeboten hat um das alte Geschäftsmodell nicht ändern zu müssen. Es war eine Meisterleistung der Schweizer Politik, wie sie eine Vision für ein leistungsfähiges und umweltfreundliches Mobilitätskonzept der Zukunft für die ganze Schweiz entwickelt und dazu die Zustimmung der Schweizer Bürger 2025 erhalten hat. Bemerkenswert ist auch der Wille, die Entwicklung nicht den Marktkräften zu überlassen, sondern klare Vorgaben zu machen, die das Gemeinwohl in den Vordergrund stellen und dieses auch durchzusetzen. Geholfen hat dabei sicher, dass sich die Versprechungen der Industrie von 2016 schon bald als übertrieben herausgestellt und die Behörden ihre Unabhängigkeit bewahrt haben. So konnten sie das Ruder rechtzeitig herumreissen.*

*Ich freue mich jedenfalls über die erweiterten Möglichkeiten, die mit den automatisierten Fahrzeugen Einzug gehalten haben.*

### **3.3.2 Szenario Fehlentwicklung: Die Automatisierung der Fahrzeuge erweist sich in weiten Bereichen als problematisch**

#### *Ein pessimistischer Blick in das Jahr 2040*

*Im Jahr 2040 gehöre ich zu der Minderheit, die kein eigenes Fahrzeug mehr besitzt, wenn auch nicht zur der Gruppe, die grundsätzlich nur Massentransportmittel benutzt. Mein MaaS Provider hat die aktuelle Verkehrssituation und das Angebot der Mobilitätsanbieter geprüft und erwartet, dass der Weg zur Arbeitsstelle heute fast drei Stunden dauern wird. Es hat wohl geschneit. Er weist mich daraufhin, dass alle Verkehrsträger überlastet sind. Zusätzlich hat es auch mehrere Unfälle gegeben, mutmasslich infolge des Mischbetriebs mit traditionellen Fahrzeugen, Fussgängern und Velofahrern.*

*Ich entscheide mich dennoch für die Nutzung eines automatisierten Komfort-Shuttles, der zurzeit in einer Servicestelle 10km von meinem Wohnort entfernt steht und dort über Nacht gereinigt und geladen wurde. Solche Servicestellen mit riesigen Parkflächen sind in vielen ehemaligen Industriezentren oder auf Brach-Flächen entstanden. Von dort aus pendeln sie automatisiert mehrfach am Tag hin und her zu den Orten, wo die Nutzer zu- bzw. wieder aussteigen. Damit das zusätzliche Verkehrsaufkommen durch diese Servicefahrten bewältigt werden kann, musste die Verkehrsinfrastruktur punktuell massiv ausgebaut werden.*

*Die Prognosen der Fahrzeughersteller haben sich bewahrheitet: Der Wunsch nach einem eigenen Fahrzeug ist ungebrochen, auch wenn manche aus persönlichen Überzeugen darauf verzichten. Seit dem Markteintritt von autonomen Fahrzeugen hat der Bestand an privaten Fahrzeugen allgemein deutlich zugenommen. Grund dafür ist die Tatsache, dass es zu deren Nutzung keines Fahrausweises und keines Gesundheitschecks mehr bedarf. So wurden Käufer und Nutzergruppen angesprochen, die zwar ein traditionelles Fahrzeug nicht fahren durften, sich aber den Erwerb eines automatisierten Autos leisten konnten. Viele Haushalte besitzen heute mehrere Shuttles, einen Standard-Shuttle für die Kinder, einen Business-Shuttle oder Luxus-Shuttle für die Eltern und einen Wohn-Shuttle mit bis zu 40 Tonnen für die Grosseltern und die Urlaubsreise.*

*Rechtlich stellt dies kein Problem dar, da der Gesetzgeber keine Vorgaben gemacht hat, wie automatisierte Fahrzeuge aussehen sollen oder wie sie genutzt werden. Das blieb den freien Marktkräften überlassen. So konnte sich eine grosse Bandbreite unterschiedlicher Konzepte entwickeln, die sich vor allem in ihrem Platzangebot und Komfort unterscheiden. Ebenso blieb auch das manuelle Fahren erlaubt, wenn das vom Fahrer gewünscht ist. Diese Option wird gerne bestellt, weil so auch der Betrieb im Gelände oder im entfernten Ausland möglich ist, wo*

*noch keine digitalisierten Karten vorhanden sind. Dass die Option auch missbräuchlich benutzt wird, ist bekannt. So erlaubt dies auch mal schneller zu fahren, als es die automatisierten Funktionen für vertretbar halten. Beliebt ist auch die Option, mit der die Steuerungsfunktionen der intelligenten Verkehrsinfrastruktur oder der Verkehrszentrale ausgeschaltet werden können. Wer will schon eine andere Route fahren, nur weil das für den Gesamtverkehr sinnvoll wäre.*

*Insgesamt ist ein Trend zum „rollenden Wohnzimmer“ zu erkennen, was die Fahrzeuge immer grösser und schwerer macht. Davon profitieren insbesondere die Hersteller von Fahrzeugen der höheren Preissegmente, deren Marketing- und Lobbykampagnen überzeugend gegriffen haben. Sicher, ökologisch optimierte Fahrzeuge gibt es auch, sie werden von gewissen Klientelgruppen bevorzugt gekauft. Daneben werden sie typischerweise in Car-Sharing Flotten genutzt und erreichen hohe Kilometerleistungen. Die nach wie vor geringen Produktionszahlen machen sie jedoch unverhältnismässig teuer, so dass sie steuerlich begünstigt werden mussten, um eine gewisse Verbreitung zu erlangen.*

*Pünktlich, zur vereinbarten Zeit steht der Shuttle vor der Tür, blockiert jedoch den Fahrstreifen, weil die ehemaligen Parkflächen für den Langsamverkehr ungenutzt wurden. Da ich noch nicht bereit bin, sucht sich der leere Shuttle einen freien Parkplatz sonst wo im Wohnquartier. Dank der Mobility-Flatrate entstehen dabei für mich keine Kosten.*

*Nun bin ich bereit zur Abfahrt und lasse meinen Shuttle erneut kommen. Zum Einsteigen muss mich der Shuttle erst identifizieren. Eigentlich ganz einfach mit der App auf meinem Smartphone, so lange der Akku geladen ist. Ansonsten gibt es die Alternativen Fingerprint und Augenscan. Diese personalisierten Informationen müssen jeweils vor Fahrtantritt mit meinem Benutzerkonto abgeglichen werden. Diese Prozedur kann durchaus länger gehen, wenn die Datennetze gestört sind, die Rechner aber in Übersee stehen. Denn Datenschutzgesetzgebung und Steuergründe haben einige Provider dazu veranlasst, ihre kundenorientierte Services nur noch aus dem Ausland anzubieten.*

*Endlich öffnet sich die Tür. Der Shuttle begrüsst mich freundlich, meine Lieblingsmusik ertönt, wird aber etwa alle 5 Minuten unterbrochen von Werbung für Versicherungen, Städtrips und Unterwäsche. Hatte ich danach gestern im Internet gesucht? Unbesehen davon kann ich die langen täglichen Fahrzeiten nutzen um zu frühstücken oder Kundengespräche zu führen. Da hat man nicht gerne jemand Fremden im Auto sitzen. Aus diesen Gründen meide ich auch die Gemeinschaftsshuttle, die zwar auch angeboten werden, jedoch mehrheitlich von Studenten und Rentnern genutzt werden.*

*Die Fahrt geht vorbei an neuen Wohngebieten, die weit vor der Grossstadt neu entstanden sind. Wie viele andere hatten auch wir unseren Wohnsitz aufs Land verlegt, weil die Landpreise dort erschwinglich und die Fahrt mit automatisierten Fahrzeugen so billig und bequem geworden war. Damit ist es aber seit geraumer Zeit vorbei. Mit allen Mitteln versuchen Bund und Kantone seit ein paar Jahren diesen Trend wieder umzukehren. Die Folge ist ein exzessives Mobilitäts-Pricing, mit welchem die Fahrten auf verkehrsarme Randzeiten verlagern werden sollten. Nur leider gibt es solche Zeiten kaum noch, insbesondere seit automatisierte Lieferroboter Tag und Nacht im Internet bestellte Waren ausliefern.*

*Genau diesen Lieferrobotern ist es auch zu verdanken, dass der Güterverkehr markant zugenommen hat. Der Grund liegt auf der Hand, die Transportkosten sind deutlich gesunken und es lohnt sich das Obst bei M und das Waschmittel bei C zu bestellen und nach Hause liefern zu lassen. Proteste der Fahrgewerkschaft hatten nichts genutzt, als auf die Entlastung der Berufskraftfahrer durch Assistenzsysteme die Entlassung der Fahrer bei Einführung automatisierter LKW folgte. Die gesamtwirtschaftlichen Vorteile automatisierter LKW sind einfach zu gross. Kurzzeitig konnten sich die Fahrer noch zum Delivery-Assistent weiterbilden,*

*der die Ware dem Kunden übergibt. Doch diese Aufgabe übernehmen mittlerweile zunehmend fliegende Drohnen.*

*In der Grossstadt angekommen, geht es nur zähflüssig vorwärts. Die erhoffte Verflüssigung des Autoverkehrs durch die Automatisierung ist leider nicht eingetroffen. Der Grund sind die vielen Umwidmungen von Hauptverkehrsstrassen in Mischverkehrsflächen. Hier machen sich Velos und Fussgänger gerne einen Sport daraus, die Sensoren der automatisierten Fahrzeuge auf die Probe zu stellen und betreten die Strasse ohne Rücksicht auf die Fahrzeuge. Während sie gegenüber konventionellen Fahrzeugen noch einen gewissen Respekt zeigten und sich der Gefahr des Angefahren-Werdens bewusst waren, hat sich ihr Verhalten mit Einführung der autonomen Fahrzeuge drastisch geändert. Die Folge ist, dass das Fahrzeug häufig gezwungen ist hart abzubremsen, was die Fahrt sehr unangenehm macht. Ein Arbeiten ist so kaum mehr möglich, und auch Lesen geht nur bedingt, ohne dass einem dabei übel wird. Deshalb sind auch starke Bestrebungen im Gang, die Umwidmungen wieder rückgängig zu machen und eine klare Trennung zwischen Langsamverkehr und automatisierten Fahrzeugen einzuführen.*

*Immerhin, seit die Fahrzeug wirklich vollautonom verkehren, ist die Situation hinsichtlich Haftung klarer geworden. Neu wurde den Fahrzeugen selber eine Rechtspersönlichkeit zugeteilt. In der Übergangsphase, als das Fahrzeug zwar bereits autonom unterwegs war, der Fahrer aber immer noch die Verantwortung für den sicheren Betrieb des Fahrzeuges hatte, waren unsichere Situationen an der Tagesordnung. Die Gerichte mussten denn auch immer wieder über Fälle entscheiden, bei denen der Fahrer die Kontrolle über sein Fahrzeug verloren hat, nachdem sich der automatische Fahrassistent plötzlich ohne Vorwarnung verabschiedete und vom Fahrer verlangte umgehend das Steuer zu übernehmen. Solche Situationen hätte es eigentlich nicht geben dürfen und die Systeme hätten immer genügend Vorwarnzeit geben müssen, aber das funktionierte eben nicht immer. Wer in eine solche Situation geriet hatte häufig keine Fahrpraxis mehr und oder war just in diesem Moment abgelenkt.*

*Eine grosse Unsicherheit stellen seit geraumer Zeit Hackerangriffe auf Fahrzeuge, Infrastruktureinrichtungen und Betreibersysteme dar. Diese Angriffe erfolgen häufig remote aus Übersee. Somit besteht eine latente Gefahr, dass ein automatisierter LKW gekapert und remote in eine Menschenmenge gesteuert wird. Solche Unfälle hat es auch schon gegeben, aber der Nachweis eines externen Cyberangriffes ist nur schwer zu führen, weil die Fahrzeughersteller aus Vertraulichkeitsgründen mit der Weitergabe von Informationen sehr restriktiv vorgehen. Sicher, die Hersteller versuchen mit immer neuen Updates dagegen zu halten. Dazu muss zunehmend auch die Hardware getauscht werden, weil die neuen Sicherheitsmechanismen immer mehr Rechenleistung erfordern. Ständige Updates strassenseitiger Infrastruktur und der Verkehrsmanagementzentralen verursachen immer höhere Kosten. Deshalb wollen die Behörden die Verantwortung jetzt an die privaten Betreiber delegieren. Diese wehren sich aber zu Recht dagegen mit dem Verweis, dass die Behörden einst entschieden haben, die Sache selbst in die Hand zu nehmen.*

*Vielleicht kaufe ich mir als nächstes wieder ein klassisches Fahrzeug mit Lenkrad und Pedale und hoffe, dass automatisierte Fahrzeuge bald verboten werden. Oder vielleicht benutze ich ja sogar auch wieder mal Bus und Bahn, bzw. das was noch davon übrig geblieben ist, nachdem die internationalen Betreiber automatisierter Fahrzeugflotten die ÖV-Anbieter weitgehend verdrängt haben. Es gibt keinen Weg zurück, sagt die Politik und eigentlich sei die Lage auch gar nicht so schlimm. Nun, da bin ich entschieden anderer Meinung und finde, der Weg zurück wäre ein grosser Schritt der Vernunft.*

### 3.4 Differenzen-Analyse

Eine Gegenüberstellung der Szenarien erlaubt eine differenzierte Erfassung der Einflussfaktoren und deren unterschiedliche Ausprägung. Die Einflussfaktoren werden möglichen übergeordneten Themen zugeordnet sowie in einem weiteren Schritt nach den zwei Dimensionen Bekanntheit und Stabilität bewertet und in einer Matrix klassiert. Ist das Wissen zur Steuerung eines Einflussfaktors unbekannt, so stellt dieser Punkt einen Forschungsbedarf dar, sind die Instrumente zu dessen Steuerung bekannt, so stellt der Punkt einen Handlungsbedarf dar. Das Mass der Stabilität gibt die Gewissheit hinsichtlich des Eintretens wider.

#### 3.4.1 Sammlung Einflussfaktoren aus Szenarien

In Leserichtung der beiden Szenarien werden unterschiedliche Ausprägungen von Einflussfaktoren erfasst und in einem zweiten Schritt einem Themenfeld zugewiesen.

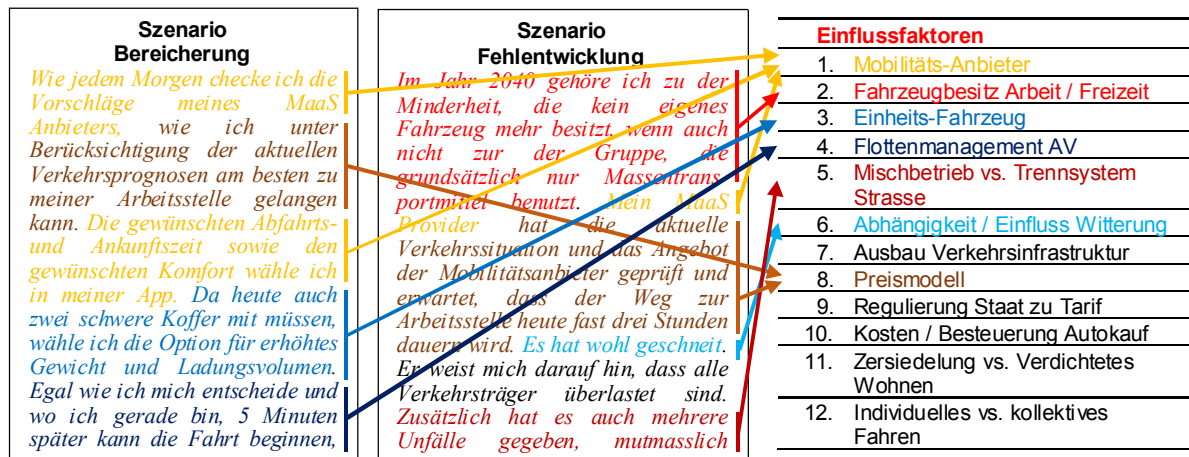


Abb. 2 Vorgehen Ableiten von Einflussfaktoren aus Szenarien

Tab. 1 Zuweisung Einflussfaktoren auf Themenfelder

| Einflussfaktor                                                    | Themenfeld                              |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 Mobilitäts-Anbieter                                             | Markt / Wirtschaft                      |
| 2 Fahrzeugbesitz Arbeit / Freizeit                                | Gesellschaft / Markt                    |
| 3 Einheits-Fahrzeug vs. customized vehicle                        | Markt / Technologie / Gesellschaft      |
| 4 Flottenmanagement AV                                            | Wirtschaft / Betrieb                    |
| 5 Mischbetrieb vs. Trennsystem Strasse                            | Infrastruktur                           |
| 6 Abhängigkeit / Einfluss Witterung                               | Umwelt / Infrastruktur                  |
| 7 Ausbau Verkehrsinfrastruktur                                    | Infrastruktur                           |
| 8 Preismodell (Abo, Flat-Rate, verbrauchsorientiert)              | Markt / Wirtschaft                      |
| 9 Regulierung Staat zu Tarif (Nutzer) und Trassenpreis (Anbieter) | Politik / Recht                         |
| 10 Kosten / Besteuerung Autokauf                                  | Politik / Recht                         |
| 11 Zersiedelung vs. Verdichtetes Wohnen                           | Umwelt / Raumplanung                    |
| 12 Individuelles vs. kollektives Fahren                           | Gesellschaft / Markt / Betrieb          |
| 13 Flexibilität Wirtschaft                                        | Wirtschaft                              |
| 14 Übergangszeit Teilautomatisierung                              | Technologie / Recht                     |
| 15 Haftung bei Unfällen                                           | Recht                                   |
| 16 Betriebliche Abwicklung und Infrastruktur Einsteigen / Abholen | Betrieb / Infrastruktur                 |
| 17 Parkplatz-Strategie                                            | Infrastruktur / Raumplanung             |
| 18 Interaktion / Identifikation Fahrzeug – Insasse                | Technologie                             |
| 19 Datennetz / Datensicherheit                                    | Technologie                             |
| 20 Anmeldung Fahrtwunsch (geplant, spontan)                       | Technologie / Gesellschaft              |
| 21 Organisation Transportkette                                    | Betrieb                                 |
| 22 Behaglichkeit / Sicherheit während Fahren                      | Gesellschaft / Technologie              |
| 23 Aktive / passive Nutzung Fahrzeit                              | Gesellschaft / Wirtschaft / Technologie |
| 24 Kommerzielle Möglichkeiten während Fahren                      | Wirtschaft                              |

|    |                                                   |                            |
|----|---------------------------------------------------|----------------------------|
| 25 | Betrieb Güterverkehr (Tageszeit)                  | Wirtschaft / Betrieb       |
| 26 | Wirtschaftlichkeit / Automatisierung Güterverkehr | Wirtschaft / Technologie   |
| 27 | Wettbewerber / Mitbewerber AV                     | Markt / Wirtschaft         |
| 28 | Tests und Praxisversuche                          | Praxis                     |
| 29 | Leistungsfähigkeit Strasse in Städten             | Infrastruktur / Betrieb    |
| 30 | Interaktion Fussgänger / Velo mit AV              | Gesellschaft / Technologie |
| 31 | Antriebsform Fahrzeuge                            | Technologie / Umwelt       |
| 32 | Regelung Zulassung                                | Politik / Recht            |
| 33 | Kosten Betrieb und Unterhalt Infrastruktur        | Finanzen / Infrastruktur   |
| 34 | Verkehrspolitik                                   | Politik                    |
| 35 | Marktkräfte                                       | Markt                      |

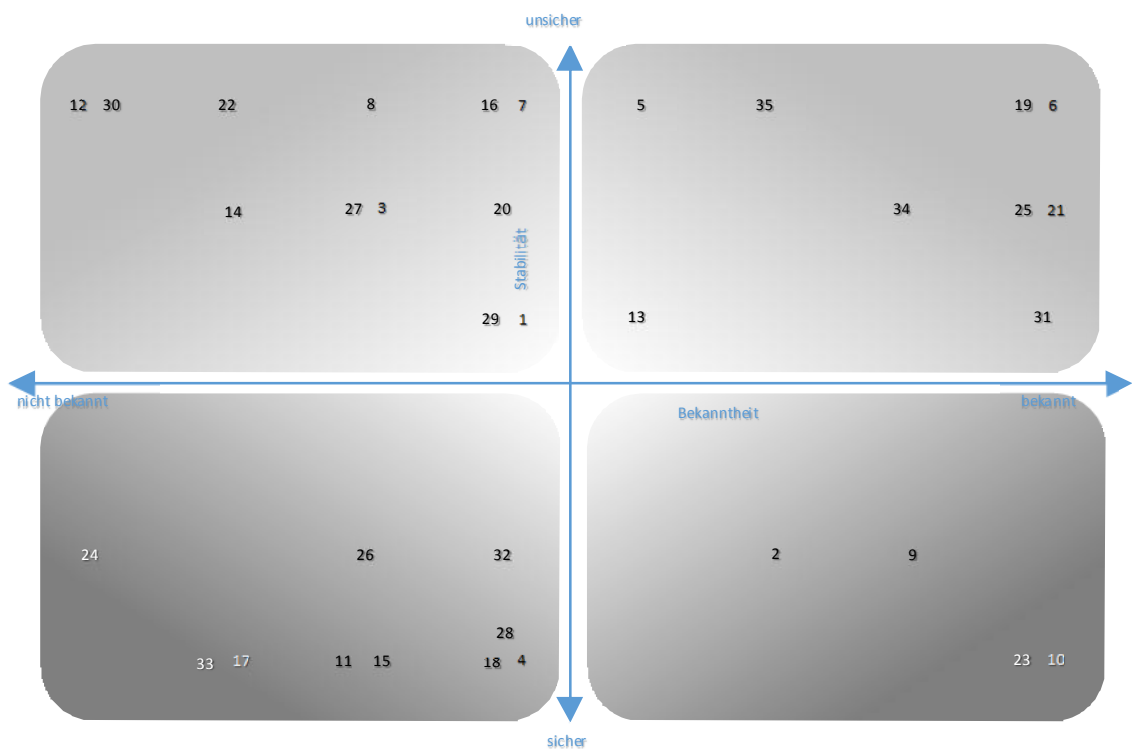
### 3.4.2 Klassifizierung Einflussfaktoren

Die Einflussfaktoren werden in einer Matrix nach Bekanntheit und Stabilität klassiert. Die Einteilung erfolgt aus der Diskussion anhand qualitativer Gesichtspunkte.

Die Nennungen auf der linken Matrix-Hälfte beschreiben Einflussfaktoren, deren Beeinflussung nicht bekannt ist und im Rahmen von Forschungsthemen erörtert werden sollte. Diejenigen auf der rechten Seite entspringen weitgehend bekannten Zusammenhängen, zu deren Umsetzung es einer entsprechenden Handlung von autorisierter Stelle bedarf.

Die Nennungen auf der unteren Matrix-Hälfte umfassen Punkte, deren Eintreten als gesichert eingeschätzt wird. Die dort als Forschungs-bzw. Handlungsbedarf ausgewiesenen Arbeiten sind zeitnah auszulösen. Das Eintreten der Nennungen auf der oberen Hälfte ist unsicher. Hier kann es angebracht sein zunächst die anstehenden Entwicklungen abzuwarten, bevor die Arbeiten ausgelöst werden.

Aus der gesamten Palette von Unterschieden wurden - unabhängig derer Klassierung in der Matrix – durch die Begleitkommission die aus der Sicht des Bundes relevanten Forschungsfragen abgeleitet und als Forschungsthemen ins Kapitel 0 übertragen.



**Abb. 3** Klassifizierung Einflussfaktoren (Datenbasis siehe Tab 1)

*Lesebeispiel: Einflussfaktor Nr. 33 = Kosten Betrieb und Unterhalt Infrastruktur: Dass die für automatisierte Fahrzeuge erforderliche Infrastruktur betrieben und unterhalten werden muss, ist unbestritten → Klassierung Stabilität = sicher;*

*In welcher Form die Infrastruktur betrieben werden muss (Wischen, Räumung, Winterdienst), in welcher Kadenz die Infrastruktur erneuert werden muss (z.B. zu gleichförmige Abnutzung infolge hoher Spurtreue) ist nicht bekannt, da die konkrete Infrastruktur selber auch nicht bekannt ist → Klassierung Bekanntheit = nicht bekannt.*



## 4 Auswirkungsanalyse für die Schweiz

Aus der Recherche zu Stand des Wissens und der Entwicklung in Kapitel 2 wurde der gesamte Umfang eines möglichen Gestaltungsspielraums skizziert. In Kapitel 0 wurde dieser Spielraum durch Extrem-Szenarien bewusst eingegrenzt.

In diesem Kapitel werden aus dem verbleibenden Gestaltungsspielraum einzelne Aspekte beleuchtet und eine grobe Analyse möglicher Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Schweiz abgeleitet. Dabei werden die Auswirkungen auf folgende Elemente betrachtet:

- Nationalstrassensystem und nachgelagertes Strassensystem
- Ruhender Verkehr
- Öffentliches Verkehrssystem
- Anforderungen an die technische Infrastruktur
- Städtebau, Raumplanung, Energieverbrauch und Umwelt
- Finanzierungsgrundlagen

Der öffentliche Verkehr wird in diesem Kontext als derjenige Verkehr verstanden, der den Rechten und Pflichten gemäss Personenbeförderungsgesetz (PBG, SR 745.1) unterliegt. Dem gegenüber werden automatisierte Fahrzeuge im Sinne von individuellen (nicht öffentlich organisierten), einzeln oder als Sharing-Dienst genutzten fahrenden Einheiten verstanden.

Die Auswirkungen werden in Anlehnung an die Klassierung aus Kapitel 1.4 nach den Themenfeldern A - H gegliedert.

### 4.1 Technik und Interaktion Mensch-Maschine

Bezüglich den Themenfeldern Technik und Interaktion Mensch-Maschine (MMI) stehen vor allem Fragen zur Verkehrssicherheit im Zentrum. Zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Fahrens sind einerseits die technologischen Komponenten so zu entwickeln, dass ohne Einwirkung des Menschen die Anforderungen an Verkehrssicherheit und Zuverlässigkeit erreicht werden. Andererseits sind die Interaktionen zwischen Mensch und Maschine derart auszugestalten, dass das technologisch angebotene Niveau nicht torpediert werden kann. So haben Fahrttests mit autonomen Fahrzeugen gezeigt, dass nach einer kurzen Angewöhnungsphase die Insassen infolge Langweile und Neugier beginnen das Fahrzeug herauszufordern oder zu überlisten [nuTonomy 2017]. Die Technologie muss also seinerseits mit oder ohne menschliche Interaktion fähig sein die Verkehrssicherheit gewährleisten zu können.

Übertragen auf die Schweiz sind durch Politik und Aufsichtsbehörden Rahmenbedingungen zu schaffen, welche bei der Entwicklung neuer Technologien die ständige Berücksichtigung von Verkehrssicherheits-Aspekten mit oder ohne Interaktion des Menschen voraussetzen.

Auch wenn die Schweiz auf dem Feld der Robotik und Sensorik eine hohe Forschungs- und Innovationstätigkeit aufweist, ist nicht zu erwarten, dass die massgeblichen technischen Komponenten von automatisierten Fahrzeugen in der Schweiz entwickelt werden. Umso mehr muss bei der Zulassung und Prüfung neuer Technologien bereits bei deren Pilotprojekten ein Augenmerk auf die absolute Verkehrssicherheit durch die Technologie allein, und die effektive Verkehrssicherheit aus dem Zusammenspiel von Mensch und Maschine gerichtet sein.

Damit soll jedoch nicht ausgedrückt sein, dass von Seite der Behörden bewusst hohe Hürden für die Zulassung gesetzt werden sollen. Im Gegenteil, da das effektiv erreichbare Niveau der Verkehrssicherheit aus dem Zusammenspiel von Mensch und Maschine noch nicht bekannt ist

und zuerst explorativ durch Feldversuche in Erfahrung gebracht werden muss, sollen entsprechende Pilotprojekte durch bewusst niedrige Zulassungshürden gefördert werden.

#### Empfehlung

- Feldversuche zu MMI sollen durch niedrige Zulassungshürden gefördert werden.

## 4.2 Markt und Angebot

Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf Markt und Angebot lassen sich erst verlässlich schätzen, wenn konkrete Produkte und dazugehörige Preismodelle vorliegen. Im Folgenden werden Abschätzungen aufgrund hypothetischer Ausprägungen solcher Produkte formuliert.

Im Gegensatz zu den europäischen Nachbarländern würde die Markteinführung eines automatisierten Fahrzeugs in erster Linie nicht den Individual- oder den Langsam-Verkehr massgeblich beeinflussen, sondern den in der Schweiz in einer hervorragenden Qualität ausgeprägten öffentlichen Verkehr. Dieser ist in einem hohen Mass reguliert und stützt sich auf Artikel der Bundesverfassung, von Bundesgesetzen und Verordnungen ab. Hintergrund der bewussten Förderung und des Marktschutzes des öffentlichen Verkehrs sind volkswirtschaftliche Überlegungen hinsichtlich Umwelt, Energie, Raumplanung und Flächenbedarf.

Wie eine Studie der ETH gezeigt hat, wären die Betriebskosten des automatisierten Fahrens tiefer als diejenigen des öffentlichen Verkehrs, namentlich des Busverkehrs [Bösch et al. 2017]. Damit würde bezogen auf die Betreiberkosten (operating costs) durch automatisierte Fahrzeuge eine direkte Konkurrenzierung des öffentlichen Verkehrs erfolgen.

Bezogen auf die Nutzerkosten (price) ist das Konkurrenzierungspotenzial noch nicht qualifizierbar. Hier spielen einerseits die Subventionen<sup>15</sup> im öffentlichen Verkehr einen gewollten marktverzerrenden Einfluss, andererseits sind die möglichen Preismodelle von Anbietern automatisierter Fahrzeuge nicht abschätzbar. So ist denkbar, dass beim automatisierten Fahren aufgrund der Möglichkeit während des Fahrens kommerzielle Zusatznutzen anbieten zu können, die Fahrt selber gratis wird [2b AHEAD 2016]. Entsprechend stellt sich für die Politik die Herausforderung die Aufrechterhaltung der Förderung des öffentlichen Verkehrs der Liberalisierung des Mobilitätsmarkts gegenüberzustellen.

Inwiefern ein Zusammenspiel von öffentlichem Verkehr und automatisiertem Fahren einen zusätzlichen volkswirtschaftlichen Nutzen bewirken könnte, welcher durch Politik und Gesetze die heutige Förderung und den Marktschutz des öffentlichen Verkehrs ersetzen könnte, ist aufgrund noch nicht vorhandener Grundlagen zu möglichen betrieblichen Ausgestaltungen von kombinierten Angeboten nicht abschätzbar.

Auf alle Fälle besteht durch den politisch und gesetzlich stark verankerten öffentlichen Verkehr eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass dadurch in der Schweiz der Markteintritt des automatisierten Fahrens in der Form eines „privatisierten ÖV“ verzögert wird. Pilotversuche der Post und (geplant) der SBB mit automatisierten Fahrzeugen zielen auf eine Einbindung und Ergänzung des bestehenden Angebotes der grossen Mobilitätsanbieter ab.

#### Empfehlung

- Die zukünftige Positionierung des (herkömmlichen) öffentlichen Verkehrs ist im Hinblick auf einen möglichen Markteintritt automatisierter Fahrzeuge (in Form gemeinsam genutzter Betriebskonzepte) durch die Politik zu definieren.

<sup>15</sup> in Form von Beiträgen der öffentlichen Hand an die ungedeckten Kosten des öffentlichen Verkehrs

## 4.3 Betrieb und Infrastruktur

Hinsichtlich Betrieb und Infrastruktur sind die Auswirkungen des automatisierten Fahrens noch weitgehend unbekannt. Insbesondere stellt sich beim automatisierten Fahren die Frage, ob die einzelnen Fahrzeuge von einer Steuerungszentrale betrieblich geführt werden wie beim heutigen öffentlichen Verkehr oder ob sich die Fahrzeuge nach einem individuellen Optimum strebend unabhängig voneinander im Verkehr bewegen wie beim Individualverkehr.

Ausschlaggebend für diese Unterscheidung ist das Mass der Vernetzung der Fahrzeuge. Solange die Fahrzeuge als unidirektional agierende Einheiten fungieren, die Informationen empfangen, verstehen und interpretieren können, jedoch keine eigenen Informationen ans Umfeld zurückgeben und sich nicht von aussen steuern lassen, werden sich der Betrieb und die Infrastruktur von den heutigen Mechanismen nicht wesentlich unterscheiden.

Sobald jedoch Vernetzungen unter den fahrenden Einheiten (C2C) und/oder zum Umfeld (C2X) in bidirektionalen Richtungen stattfinden, besteht die Möglichkeit den Betrieb der Einheiten von einer übergeordneten Stelle oder im Sinn der Schwarmintelligenz zu steuern, zu beeinflussen oder zu optimieren. Erst für diesen zweiten Fall sind von gegenüber heute abweichenden Auswirkungen für die Schweiz oder die Behörden auszugehen.

### 4.3.1 Unidirektional agierende Fahrzeuge

Für den Fall dass die automatisierten Fahrzeuge als unidirektional agierende Einheiten verkehren, wird vermutet, dass durch homogenere und vereinheitlichte Fahrweisen in gewissem Mass positive Veränderungen bei den Verkehrsmengen und bei der Infrastruktur erreicht werden können. So könnte durch die gleichförmige Bewegung der Fahrzeuge generell eine höhere Bündelung und damit eine höhere Ausnützung pro Verkehrsfläche erreicht werden.

Zu berücksichtigen ist aber, dass heute in der Praxis, vor allem zu Pendlerzeiten, bereits eine Massierung mit kurzen Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen stattfindet, die z.T. unter den gesetzlichen Minima liegt. Eigene Praxiserfahrungen zeigen, dass automatisierte Fahrzeuge die so programmiert sind, dass die gesetzlichen Mindestabstände eingehalten werden, im Mischbetrieb mit traditionellen Fahrzeugen auf der Autobahn durch einscherende Fahrzeuge regelmässig ausgebremst werden. Es erscheint deshalb fraglich, ob die erwartete Verbesserung des Verkehrsflusses, auch im Mischbetrieb erreicht werden kann. Positive Effekte durch die Homogenisierung der Fahrweise und die dadurch erreichbare Verkehrsverflüssigung werden sich wahrscheinlich erst bei einem grossen Anteil automatisierter Fahrzeuge in Verkehrsgeschehen einstellen.

Hinsichtlich der Betriebsführung lassen unidirektional agierende Fahrzeuge, die über die Möglichkeit verfügen Signale externer Quellen zu empfangen und auszuwerten, verbesserte Beeinflussungsmöglichkeiten zu als im heutigen Betrieb. So ist insbesondere auf Stufe Nationalstrassen davon auszugehen, dass Massnahmen zu Verkehrslenkung oder Verkehrsführung (inkl. Tempo-Regelungen) alleine dadurch einen höheren positiven Effekt auf den Verkehrsfluss haben werden, weil die Fahrzeuge die Vorgaben strikt befolgen. Voraussetzungen wären, dass Fahrer dies nicht einfach übersteuern können und dass die externen Anweisungen die ganzheitlich Optimierung des Verkehrsflusses und nicht die individuelle Optimierung einzelner Fahrzeuge zum Ziel hat.

Analog erlauben unidirektional agierende Fahrzeuge aus dem gleichen Grund auf Stufe der Kantons- und Gemeindestrassen einen effizienteren Betrieb geregelter Verkehrspunkte, wie Lichtsignalanlagen an Kreuzungen oder auf geregelten Verkehrsnetzen (Einbahn-Systemen). Hingegen ist zu erwarten, dass bei temporären oder spontanen Abweichungen der Betriebsführung infolge Baustellen oder Unfällen ein umso grösserer Leistungsabfall eintreten kann und die Verkehrsnetze evtl. instabil werden.

### 4.3.2 Bidirektional vernetzte Fahrzeuge

Bidirektional vernetzte automatisierte Fahrzeuge bieten erweiterte Möglichkeiten zur Erfassung und Beeinflussung der Gesamtsituation von Seiten der Betriebsführung sowie deren Möglichkeiten aktiv auf einzelne Fahrzeuge einwirken zu können. Damit lassen sich weitere Potenziale für Verkehrsverbesserungen erschliessen. Voraussetzung dafür wäre, dass vernetzte Fahrzeuge ihre Fahrziele und weitere Parameter aus der sensorgestützten Umfeldbeobachtung in kurzen Abständen an eine Betriebsführung weitergeben, die die ganzheitlich Optimierung des Verkehrsflusses und nicht die individuelle Optimierung einzelner Fahrzeuge zum Ziel hat. In diesem Fall würde die Betriebszentrale das zur Bewältigung des Verkehrsaufkommens passende Verkehrsregime anordnen und die dazu erforderlichen Massnahmen direkt an die Fahrzeuge übertragen. Die Auswirkungen auf die Aufgaben und Verantwortungen der Strassenverkehrsämter oder allgemein der Betreiber der Strassenverkehrs-Infrastrukturen sind noch zu klären.

Neben den Informationsaustausch zwischen Fahrzeuge und Betriebszentrale bietet auch die direkte Vernetzung der Fahrzeuge untereinander (C2C) ein grosses Potential zur Verbesserung von Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss. Die C2C-Funktionalität trägt seinerseits zu einem individuell optimierten Vorankommen im Verbund mit allen anderen Fahrzeugen bei. So wäre eine verbesserte Ausnutzung der Verkehrsfläche mit dynamischen Spurbildungen und Lastrichtungswechseln möglich. Das Mass der Unabhängigkeit pro fahrende Einheit ist jedoch durch die Einbettung in eine übergeordnete Betriebsführung eingeschränkt.

Wie ein solches betriebsgeführtes System bei temporären Abweichungen infolge Baustellen zu handhaben wäre, ist indessen unklar. Der Charakter der Betriebsführung käme hier an diejenige des spurgeführten öffentlichen Verkehrs zu liegen, mit dessen Vor- und Nachteilen. So könnte es wie beim Bahnbetrieb erforderlich sein, Abweichungen jeweils vorgängig ins System einzupflegen. Spontane Abweichungen der Betriebsführung infolge Unfälle würden zu weitreichenden Auswirkungen führen. Generell würde die durch Vernetzung erzielbare Verbesserung der Verkehrsführung durch eine umso längere erforderliche Reaktionszeit für Abweichungen eingekauft werden.

Auf der Infrastrukturseite könnten hingegen durch vernetzte automatisierte Fahrzeuge neue Herausforderungen entstehen. So werden die Infrastrukturen durch die Homogenisierung der Fahrweisen viel punktueller beansprucht werden, die automatisierten Fahrzeuge bewegen sich auf der Verkehrsfläche quasi spurgeführt. Somit sind die Fahr- und Manövrierrflächen punktuell in einem viel grösseren Mass beansprucht, als bei einer heuristischen Beanspruchung der Fahrbahn durch individuelle Fahrweisen.

Als positiver Effekt dieser Spurführung könnte, bei entsprechender Leistungsfähigkeit der technischen Systeme automatisierte Fahrzeuge, in der Breite eine höhere Verkehrsflächen-Ausnützung möglich werden. So können die Lichtraumprofile seitlich um Sicherheitszuschläge reduziert werden, so dass sich z.B. auf einer bestehenden zweispurigen Strasse neu drei Fahrspuren anordnen lassen. Diese Spuren können nachfrageabhängig und lastrichtungsbezogen den Fahrtrichtungen zugeordnet werden. Oder alternativ sind für eine zweispurige Strasse geringere Strassenbreiten erforderlich, was zu Einsparungen in Bau und Betrieb der Anlagen führt.

Das Management solcher neuartiger dynamischer Betriebsführungen wird grosse Herausforderungen an Eigentümer und Betreiber von Strassen stellen. Vorgängig ist auf internationaler Stufe dafür zu sorgen, dass Standardisierungen erfolgen, sowohl auf der Fahrzeugseite, bei der Interaktion unter Fahrzeugen oder zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur, wie auch auf Seite der Betriebsführung. Dabei müssen Lösungen sowohl unter allen Fahrzeug-Herstellern wie auch unter allen Infrastrukturbetreibern gefunden werden. Dies widerspricht dem bei den Fahrzeug-Herstellern herrschenden gegenläufigen Trend zu proprietären Lösungen und den traditionell national geregelten Signalisations- und Betriebsverordnungen. Aus diesen Gründen besteht eine Wahrscheinlichkeit, dass die Stufe der vernetzten automatisierten Fahrzeuge nur zögernd erreicht werden kann.

### 4.3.3 Automatisiertes Fahren als teilweiser Ersatz der bisherigen ÖV-Angebote

Inwiefern der zukünftige öffentliche Verkehr selber Teil des automatisierten Fahrens oder im Umkehrschluss automatisierte Fahrzeuge in Teilen als öffentlicher Verkehr gelten werden, ist offen. Der Grundauftrag des klassischen öffentlichen Verkehrs im Sinn des Service Public und einer Mobilitätsvorsorge könnte in Teilbereichen durchaus neu in Form von automatisiert fahrenden Fahrzeugen erbracht werden, die das bestehende Angebot ergänzen und/oder teilweise ablösen. Diese Fahrzeuge müssen dabei nicht zwangsläufig von den klassischen ÖV-Anbietern betrieben werden. Es wäre denkbar, dass dabei nicht nur Fahrzeugtypen zum Einsatz kommen, die konzeptionell für eine grössere Anzahl an Fahrgästen ausgelegt sind, sondern auch kleinere Fahrzeuge im Privatbesitz, die in Zeiten, in denen der Eigentümer sie nicht selbst nutzen möchte, über geeignete Plattformen Dritten zur Verfügung gestellt werden.

Die anteiligen Personalkosten steigen mit kleineren oder nicht ausgelasteten Fahrzeugen im ÖV, wie sie vor allem zu Randzeiten in peripheren Gebieten auftreten. Hier wird ein erhebliches Potential zur Kostenoptimierung, durch Automatisierung und den Einsatz flexibler Mobilitätsdienste, bei gleichzeitig möglicher Verbesserung des Leistungsangebotes vermutet.

Dieser Herausforderung sind sich die Transport-Unternehmen des öffentlichen Verkehrs in der Schweiz sehr wohl bewusst, und entsprechend hat sich der Verband öffentlicher Verkehr (VÖV) bereits früh mit diesem Thema auseinandergesetzt [VÖV 2016]. So wagen zurzeit vor allem Transport-Unternehmen des öffentlichen Verkehrs mit Pilotprojekten den Schritt in die Automatisierung im Strassenverkehr.

Bezüglich automatisiertem Fahren bei der Bahn sind in der Schweiz ebenfalls viele Bestrebungen im Gang. So erlaubten die heutigen Bahnbetriebs-Infrastrukturen mit ETCS Level 2 in technischer Hinsicht schon weitgehend einen automatisierten Betrieb [SBB]. Auf hochbelasteten und Hochgeschwindigkeits-Strecken ist denn auch eine zeitnahe Umsetzung der Automatisierung zu erwarten. Da die Lokführer-Kosten jedoch nur etwa 2.5% der variablen Betriebskosten ausmachen [Bösch et al 2017] ist eine wirtschaftliche Notwendigkeit zur Automatisierung nicht in gleichem Mass gegeben, wie in anderen Sparten des öffentlichen Verkehrs.

### 4.3.4 Kombination automatisiertes Fahren und öffentlicher Verkehr

Viele Experten gehen davon aus, dass kleine, flexibel einsetzbare und automatisierte Strassenfahrzeuge die klassischen Busse und Bahnen auf Strecken mit hohem Kapazitätsbedarf oder in den Innenstädten auf absehbare Zeit nicht ersetzen werden. Hier können automatisierte Fahrzeuge vor allem als Zubringer dienen und den klassischen ÖV auf diesen Strecken stärken. Dabei müssen die automatisierten Zubringerfahrzeuge nicht unbedingt an den Übergabepunkten geparkt werden, sondern können automatisiert auf periphere Abstellflächen fahren oder im Shared-Modus weitere Mobilitätsbedürfnisse abdecken.

In der Schweiz könnte, aufgrund der traditionell grossen Bedeutung des öffentlichen Verkehrs, eine betriebliche Verknüpfung beider Systeme politisch vorgegeben werden. Wo eine solche Kombination sinnvoll wäre und wie sie sich ausgestalten liesse, ist weitgehend ungeklärt. So lassen sich z.B. die beiden unterschiedlichen Betriebs-Charakteristika nicht ohne weiteres zur Deckung bringen und auch bei den Übergabepunkten gibt es Herausforderungen.

Beispielhaft kann dies an einer möglichen Kombination von automatisierten Fahrzeugen und S-Bahn geschildert werden. Während bei der heutigen ÖV-Transportkette Busse mit hoher zeitlicher Verlässlichkeit innerhalb kurzer Zeit und wenige Minuten vor Abfahrt der S-Bahn Hunderte von Personen auf Bahnhöfe zubringen und ihnen dort eine meist mit kurzen Wegen verbundene Umsteigmöglichkeit auf S-Bahnen bieten, lässt sich eine solche betriebliche zeitgenaue Abwicklung des Zubringerdiensts mit automatisierten Fahrzeugen alleine aufgrund des dazu erforderlichen Platzbedarfs nicht realisieren. Auf der anderen Seite wäre es denkbar, dass der heutige Betriebscharakter der S-Bahn mit einer klaren Vertaktung und Bündelung zu grossen Gefässen durch eine neue Form mit kurzen Takten und kleinen Gefässen abgelöst

würde. Auf diese neue Form wäre die Zubringerfunktion mit automatisierten Fahrzeugen eher denkbar.

Welche Kombinationen von automatisierten Fahrzeugen und klassischem öffentlichem Verkehr sinnvoll sind, bedarf konkreter Untersuchungen. So ist davon auszugehen, dass aufgrund der Raumwirksamkeit S-Bahn-Systeme im Zulauf auf eine Kernstadt, sowie Tramsysteme in einer Kernstadt nicht durch automatisierte Fahrzeuge substituiert werden könnten, da der erforderliche Verkehrsraum in Kernstädten nicht zur Verfügung stünde. Demzufolge könnte eine Kombination zwischen automatisierten Fahrzeugen und S-Bahnen ein zielführender Weg sein.

Inwiefern auch Busverkehre in Kernstädten diese Raumwirksamkeit aufweisen, müsste geprüft werden. Eine geringe Raumwirksamkeit wird bei Zubringerfunktion automatisierter Fahrzeuge auf Busse oder Trams im reinen Agglomerationsverkehr oder im ländlichen Raum erwartet. Im ländlichen Raum wird mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge die Weiterexistenz von klassischen Buslinien per se herausgefordert [Bösch et al. 2017], sie können aber von den Transportunternehmen oder anderen durch neue (halb-)öffentliche Angebote sehr attraktiv ersetzt werden. Im Agglomerationsverkehr wird die Leistungsfähigkeit des Strassennetzes wesentlichen Einfluss darauf haben, ob Kombinationen Marktchancen haben oder nicht.

Gegen eine Kombination von automatisierten Fahrzeugen mit dem Schienen-Fernverkehr, der erwartungsgemäss seinen Betriebscharakter mit Vertaktung und Bündelung zu grossen Gefässen beibehalten wird, sprechen die gleichen Gründe wie bei der S-Bahn. Hier könnte jedoch die limitierte Kapazität der Nationalstrassen als Treiber für neue Lösungen wirken. So wären ausserhalb der starkbesiedelten Räume und in unmittelbarer Nähe zu leistungsstarken Strassenachsen neue Fernverkehrs-Haltestellen denkbar, die per Design eine betriebliche Abwicklung vieler automatisierter Fahrzeuge erlauben. Als Vorbilder können TGV- oder ICE-Haltestellen dienen (Belfort-Montbéliard, bzw. Montabaur). Damit einhergehend wäre eine Veränderung der Haltepolitik des Fernverkehrs erforderlich, indem neben den Hauptbahnhöfen in den Städten jeweils auch solche neuen Umsteige-Haltepunkte im regionalen Umfeld bedient würden.

Inwieweit grundsätzlich der Frage von Kombinations-Möglichkeiten zwischen automatisiertem Fahren und öffentlichem Verkehr nachgegangen werden soll, hängt primär von verkehrspolitischen Entscheidungen zum künftigen Umgang mit dem öffentlichen Verkehr ab.

#### **Empfehlung**

- Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf Betrieb und Infrastruktur sind noch weitgehend unbekannt und hängen vom Grad der Vernetzung der Fahrzeuge ab.
- Hinsichtlich den Kommunikations- und Vernetzungs-Technologien unter Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur sind auf internationaler Stufe Standardisierungen zu entwickeln.
- Die betriebliche Kombination von automatisiertem Fahren und öffentlichem Verkehr könnte für einige Transportketten vorteilhaft sein, hierzu sind jedoch noch vertiefte Untersuchungen erforderlich.

## **4.4 Umwelt, Raum und Städteplanung**

### **4.4.1 Umwelt**

Die Auswirkungen auf die Umwelt hängen zu grossen Teilen von der Antriebstechnologie der automatisierten Fahrzeuge ab. Meist wird im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren von einem elektrischen Antrieb ausgegangen. Ein Zusammenhang zwischen Antriebsform und Automatisierung ist technisch jedoch nicht gegeben, automatisierte Fahrzeuge sind auch mit fossilen Antriebssystemen möglich.

Ein Wechsel der Antriebssysteme auf elektrische Energie hätte bei tiefen Geschwindigkeiten eine deutliche Minderung der Lärmemissionen zu Folge. Ab einer Geschwindigkeit von 25km/h tragen Reifengeräusche jedoch bereits einen wesentlichen Teil zu den Lärmemissionen eines Fahrzeuges bei. Aus diesem Grund haben Elektrofahrzeuge bei höherem Tempo vergleichbare Lärmemissionen wie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor [Lärm.ch].

Bei der Antriebstechnologie sind die Auswirkungen auf die Umwelt aus der Life-Cycle-Betrachtung der Fahrzeuge heraus zu ziehen. Im Rahmen des Schweizerischen Forschungspakets SCCER Mobility wurden weitreichende Untersuchungen zu CO<sub>2</sub>- und Energie-Bilanz verschiedener Antriebstechnologien erstellt [SCCER Mobility].

Bezogen auf die Fahrleitung würden bei einem Wechsel aller Personenfahrzeuge auf Batterieelektrische Antriebe pro Jahr 13 TWh zusätzliche elektrische Energie benötigt werden, das entspricht rund einem Viertel des heutigen jährlichen Totalverbrauchs der Schweiz von 60 TWh. Bestünde die zusätzlich erforderliche Elektrizität aus dem bestehenden Energie-Mix der Schweiz, könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz von heute jährlich 11 Mt (Megatonnen) auf knapp 2 Mt gesenkt werden [SCCER 2016]. Würde die zusätzliche Energie jedoch als EU-Mix bezogen werden, so fiel die Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz bedeutend schlechter aus.

#### 4.4.2 Raumplanung

Bei der Raumplanung ist infolge automatisierter Fahrzeuge und deren hohe zeitliche und örtliche Verfügbarkeit bei hohem Komfort vor allem die Gefahr einer Verstärkung der Zersiedelung von entscheidender Bedeutung. Wie in einem Aufsatz der ETH aufgezeigt wird, könnte der Markteintritt automatisierter Fahrzeuge zu einer namhaften Zersiedelung vor allem im Mittelland führen [Meyer et al. 2016]. Um dieser möglichen Entwicklung entgegenzuhalten müssten die bestehenden Raumplanungs-Instrumente konsequenter ausgelegt und griffiger angewendet werden.

Als positiver Effekt dieser Tendenz könnte der Einsatz von automatisierten Fahrzeugen das Leben im ländlichen Raum oder in Bergregionen wieder attraktiver machen. Denn wenn der Arbeitsweg als produktive (Arbeits-)Zeit genutzt werden kann, sind lange Pendlerzeiten oder – wege kein Hindernis mehr für das Traumhaus in den Bergen.

Unabhängig von der Markteinführung automatisierter Fahrzeuge bietet die Digitalisierung die Chance, dass vermehrt von zuhause aus vollwertig gearbeitet und auf Pendlerwege verzichtet werden kann. Gleichzeitig besteht dadurch aber auch das Risiko, weiter entfernt vom Arbeitsplatz zu wohnen und so die Zersiedelung zu fördern. Dieser Effekt würde mit automatisierten Fahrzeugen noch verstärkt.

#### 4.4.3 Städteplanung

Das automatisierte Fahren wird einen spürbaren Einfluss auf den Stadtraum haben. Dabei ist offen, ob das automatisierte Fahren von sich aus Möglichkeiten für eine Veränderung im Stadtraum eröffnet, oder die Einführung automatisierter Fahrzeug planerisch zum Anlass genommen wird den Stadtraum neu zu organisieren.

Je nach Verträglichkeit automatisierter Fahrzeuge mit Fuss- und Veloverkehr könnten andere Verkehrsflächen-Strategien zur Anwendung gelangen. Bei weitgehender Unverträglichkeit ist eine stärkere Kanalisierung in Strassenverkehrsachsen, Mischverkehrsachsen oder reinen Fuss- und Veloverkehrsachsen naheliegend. Sollten sich automatisierte Fahrzeuge sehr gut und zum Vorteil beider Seiten in den Fuss- und Veloverkehr integrieren lassen, so wäre die weitgehende Aufweichung bestehender Strassenklassierungen eine mögliche Strategie.

Weiter sind in den Städten grosse Auswirkungen beim Parkieren zu erwarten. Dabei spielt eine entscheidende Rolle, ob automatisierte Fahrzeuge als Sharing-Service zur Verfügung stehen. Für diesen Fall würde in Städten wohl weitgehend auf den Privatbesitz von Fahrzeugen verzichtet und bestehende Parkierflächen würden zum Teil frei werden. Verbleiben

automatisierte Fahrzeuge hingegen mehrheitlich im Privatbesitz, würde sich die Parkiersituation nur unwesentlich verändern, auch wenn das Parkieren seines Fahrzeugs vor der eigenen Haustüre keine Notwendigkeit mehr wäre.

Welchem Zweck freierwerdende Flächen zugeschrieben würden (Umnutzung Strassenraum für andere Verkehre, für Grünflächen oder Erweiterung des Privatraums vor der Liegenschaft), wäre durch die Städteplanung zu definieren. Zudem wären bei Sharing-Fahrzeugen Einsteige- und Aussteigepunkte vorzuhalten. Ob dies direkt vor der Haustüre oder an Sammelpunkten erfolgen würde, wäre ebenfalls städteplanerisch zu untersuchen.

#### **Empfehlung**

- Der Energiemix der für den Betrieb von elektrifizierten Fahrzeugen zusätzlich erforderlichen Elektrizität ist ausschlaggebend für die Auswirkungen auf Energie und Umwelt.
- Zur Vermeidung einer möglichen Zersiedelung durch automatisierte Fahrzeuge müssten Raumplanungs-Instrumente konsequenter ausgelegt und griffiger angewendet werden.
- Inwiefern automatisierte Fahrzeuge neue Gestaltungsmöglichkeiten für die Städteplanung erlauben, hängt von deren Verträglichkeit mit dem Fuss- und Veloverkehr ab.

## **4.5 Gesellschaft, Wirtschaft und Politik**

### **4.5.1 Gesellschaft**

Automatisierte Fahrzeuge werden eine grosse Auswirkung auf die Gesellschaft haben und neue Muster im Verkehrsverhalten hervorbringen. So wird Bevölkerungsgruppen, die aufgrund ihres Alters oder ihrer körperlichen Verfassung kein Auto fahren können oder dürfen (Kinder, Senioren oder Mobilitätsbehinderte), ein Mobilitätszugang gewährt, wie ihn das eigene Auto bietet. Dies kann zu einer Bereicherung und Verbesserung der Lebenssituationen führen, aber auch zum Gegenteil. So können automatisierte Fahrzeuge die Seniorenmobilität stark erhöhen, im Gegenzug jedoch auch zu nachteiligen Ansprüchen an die Mobilität der Senioren führen (z.B. Enkelhütendienst über weite Distanzen). Bei Kindern wird der Sicherheitsaspekt entscheidend sein und automatisierte Fahrzeuge werden erst dann für den Transport von Kindern zur Anwendung kommen, wenn deren Sicherheit vor Unfällen aber auch vor Übergriffen gewährleistet ist.

Für den Teil der Gesellschaft, die bereits heute mit dem eigenen Auto die freie Mobilitätswahl besitzt, wird die Fahrt mit automatisierten Fahrzeugen eine Vergrösserung der frei verfügbaren Zeit bedeuten. Auch hier kann diese Zeit sowohl zu einer Bereicherung wie auch zu einer Last führen, abhängig vom Anspruch, den die Gesellschaft mit der Nutzung dieser neuen Möglichkeit verbindet. Grundsätzlich kann ein automatisiertes Fahrzeug in der Geschäftswelt auch dazu führen, dass es quasi ein fahrendes Büro darstellt, und die Notwendigkeit zur Arbeit zu gehen sich auf Meetings oder Kundenbesuche beschränkt, und die restliche Zeit im Fahrzeug arbeitend überbrückt werden kann.

Ebenso ist im Freizeitbereich denkbar, dass das automatisierte Fahrzeug den Wohnraum substituiert. Neben dem eigenen Haus besitzt man noch einen automatisierten Wohnwagen und lässt sich wochenendweise neue Landschaften und Gegenden vorführen. Auch dies kann in erster Linie als Bereicherung gesehen werden, führt aber in gesellschaftlicher Hinsicht zu einer noch grösseren Individualisierung und als Folge davon zu einer möglichen Minderung des sozialen Zusammenhalts. In der Folge müsste den Aspekten der sozialen Nachhaltigkeit ein grosser Stellenwert beigemessen werden, damit die Gesellschaft als Ganzes von der Einführung automatisierter Fahrzeuge keinen Schaden nimmt.

In diesem gesamten Zusammenhang ist die Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge in der Gesellschaft noch ungeklärt. Dies betrifft sowohl Aspekte der Sicherheit wie auch Aspekte der Verträglichkeit. Wie Testfahrten mit Personen in automatisierten Fahrzeugen gezeigt haben, sind zu Beginn der Fahrt deren Skepsis, ob die Technik auch wirklich funktioniert, und damit verbunden deren Angst deutlich anzusehen [nuTonomy 2017]. Auch wenn die objektive

Sicherheit in jedem Moment gewährleistet war, haben die Testpersonen eine deutlich davon abweichende subjektive Sicherheit wahrgenommen. Gleichzeitig konnte aber auch aufgezeigt werden, dass das Vertrauen in eine neue Technologie sehr schnell wachsen kann. So entspannten sich die Personen in den Testfahrten bereits nach wenigen Minuten spürbar.

Daraus kann geschlossen werden, dass die Akzeptanz von automatisiertem Fahren von der persönlichen ‚Er-Fahrung‘ abhängt. Bei bisherigen Testfahrzeugen zeigte sich diesbezüglich ein sehr schneller Vertrauenszuwachs. Dies hängt aber massgeblich von der Fahrgeschwindigkeit ab. Solange sich die Fahrzeuge in Geschwindigkeitsbereichen bewegen, wo noch ein manuelles Bremsen oder notfalls ein Abspringen möglich ist, ist eine Akzeptanz schneller gegeben. Bei Geschwindigkeiten, die im Versagensfall zu ernsthaften oder gar tödlichen Verletzungen führen könnten, ist die Bereitschaft zur Nutzung automatisierter Fahrzeuge wohl deutlich tiefer.

Eine weitere Unklarheit ist, ob eine Fahrt mit automatisierten Fahrzeugen für die Insassen behaglich wäre. Die Trassierungselemente der Strasse sind darauf ausgelegt, für den Menschen als Fahrer sicher, verständlich und begreifbar zu sein. Daraus leiten sich auf die Fahrgeschwindigkeit zugeschnittene geometrische Lösungen für die Strecke aber auch für die Knoten ab. Beim automatisierten Fahren sind diese – auf die Sensorik des Menschen ausgerichteten – Trassierungselemente eventuell nicht mehr zweckmässig eingesetzt. So besteht die Gefahr, dass aufgrund der Längs- und Querschleunigungen den Insassen übel wird, wenn sie sich visuell anderen Dingen widmen als der Fahrt selber.

#### 4.5.2 Wirtschaft

Neben den oben erwähnten gesellschaftlichen Aspekten hinsichtlich mobiler Arbeitszeit werden die Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen auf die Wirtschaft vor allem in Aspekten der Wettbewerbsfähigkeit liegen. So wird sich für die Schweizer Wirtschaft die Frage stellen, ob sie Wegbereiter oder Nutzniesser dieser neuen Mobilitätsform sein möchte und wie diese zur Stärkung des Wirtschafts- und Forschungsstandorts genutzt werden könnte.

Denn auch wenn die Automobilindustrie traditionell in der Schweiz nicht stark verankert ist, könnte die Schweiz mit ihrem hohen Bildungsniveau und ihrer Dichte an hochqualifizierten Personen für einen Hersteller von automatisierten Fahrzeugen durchaus interessant sein. So gelten im Verständnis der beiden Pioniere auf dem Feld des automatisierten Fahrens Google und Tesla automatisierte Fahrzeuge eher als IT-Produkte denn als Automobil-Produkte.

Entsprechend gilt es besonders bei Forschung und Entwicklung zu diesem Thema international vorne dabei zu sein und zu bleiben, und mittels Förderung von Start-Ups und Technoparks für einen Transfer des Wissens aus der Hochschule in die Wirtschaft zu sorgen.

Generell wäre durch die Wirtschaft und die Politik zu evaluieren, in welchen Segmenten sie eine bedeutende Rolle in diesem zukunftssträchtigen Markt einnehmen könnte. Als Hersteller automatisierter Fahrzeuge oder deren Zulieferer, als Anbieter entsprechender Fahrzeugen oder Fahrleistungen oder als Betreiber von automatisierten Personen- oder Gütertransporten.

#### 4.5.3 Politik

Die Politik wäre gefordert Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zu schaffen, dass die Schweizer Wirtschaft am Markt des automatisierten Fahrens partizipieren könnte. Dies kann durch fiskalische Anreizsysteme, durch Erleichterungen bei Produkte-Zulassungen oder durch technische Vorleistungen bei der Strassen-Infrastruktur erfolgen.

Bezogen auf das Angebot wäre initial zu beurteilen, ob das automatisierte Fahren als freier oder geschützter (und somit regulierter) Markt zu behandeln wäre. Entsprechend wäre der Regulierungsbedarf zu ermitteln. Die Schnittstellen zu den traditionellen Verkehrsmodi ‚Motorisierter Individualverkehr‘ und ‚Öffentlicher Verkehr‘ müssten definiert und die Gültigkeit der bestehenden Finanzierungs-Mechanismen auf die neuen automatisierten Angebote

hinterfragt werden. Das impliziert, dass auf Ebene der Bundesbehörden Zuständigkeiten für das automatisierte Fahren zu benennen und entsprechende Rechtsgrundlagen zu schaffen wären.

#### **Empfehlung**

- Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Gesellschaft werden vielfältig sein und zu Bereicherungen wie auch zu Verschlechterung von Lebenssituationen führen. Für eine Etablierung automatisierter Fahrzeuge werden Akzeptanz und Sicherheit eine entscheidende Rolle spielen.
- Für die Schweizer Wirtschaft wird sich die Frage stellen, ob sie Wegbereiter oder Nutzniesser dieser neuen Mobilitätsform sein möchte und wie diese zur Stärkung des Wirtschafts- und Forschungsstandorts genutzt werden könnte. Weiter wäre zu evaluieren, in welchen Segmenten sie eine bedeutende Rolle im Markt des automatisierten Fahrens einnehmen könnte.
- Die Politik wäre gefordert Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zu schaffen, dass die Schweizer Wirtschaft am Markt des automatisierten Fahrens partizipieren könnte. Auf Seite der Bundesbehörden wären Zuständigkeiten für das automatisierte Fahren zu benennen und der Regulierungsbedarf zu ermitteln und entsprechende Rechtsgrundlagen zu schaffen.

## **4.6 Recht**

Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf Fragen des Rechts stehen bei vielen Diskussionen im Mittelpunkt. Auch wenn der Markteintritt automatisierte Fahrzeuge nicht unmittelbar vor der Tür steht, werden Fragen zu Haftung und der Rechtsperson in Fachpublikationen bereits breit diskutiert und abgehandelt [Gasser 2015]. Dabei lassen sich die Diskussionen in drei Bereiche gliedern:

- Rechtliche Grundlagen zu Zulassung und Betrieb des automatisierten Fahrens
- Fragen des Datenschutzes
- Fragen der Haftung

Die Grundlagen für die Validierung und Zulassung automatisierter Fahrzeuge sind in der Schweiz noch zu erarbeiten. Aktuell stellt sich eher die Frage, welche Rechtsvorschriften für Pilotversuche erforderlich sind, bzw. mit welchen Konzessionen erleichterte Prüfungs- und Zulassungsbestimmungen möglich sind.

Für den regulären Betrieb automatisierter Fahrzeuge ist zu prüfen, ob es ungeregelte Bereiche gibt und in welchen Bereichen Anpassungen der (Verkehrs-)Regeln im nationalen und/oder internationalen Recht erforderlich sind. Dies betrifft sowohl den Zustand des ungestörten Betriebs z.B. hinsichtlich des Umgangs von automatisierten Fahrzeugen im Mischbetrieb mit nicht-automatisierten Fahrzeugen, wie auch den gestörten Betrieb z.B. hinsichtlich Rechtsgrundlagen für Kontrollen, Unfallanalyse und Vollzug durch die Behörden.

Eine sehr wichtige Rolle kommt dem Datenschutz zu. Einerseits sind technisch Massnahmen zum Schutz personenbezogener Daten sowie zum sicheren Umgang mit grossen Datenmengen zu gewährleisten. So muss sichergestellt sein, dass nicht Manipulationen zu unsicheren Verkehrszuständen führen können. Weiter sind Zugriff und Nutzung der Daten zu regeln, so der Besitz der Daten und das geltende Recht der Datennutzung.

Bezüglich Fragen der Haftung stellt sich grundsätzlich die Frage, bei wem im Versagensfall die Verantwortung liegt: Ist es der Hersteller des Fahrzeugs, der Hersteller der (fehlerhaften) Sensoren, ist es der Fahrer – auch wenn er selber gar nicht mehr fährt – oder ist es womöglich das Fahrzeug selber als neue Rechtsperson [2b AHEAD 2016].

#### **Empfehlung**

- Um erleichterte Prüfungs- und Zulassungsbestimmungen für Pilotversuche zu erreichen sind entsprechende Grundlagen zu erarbeiten.

- Den Fragen des Datenschutzes muss eine besondere Beachtung geschenkt werden.
- Bezüglich Haftung gilt es die Tauglichkeit bestehender Rechtspersonen zu prüfen.

## 4.7 Finanzen

Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Finanzen der öffentlichen Hand, insbesondere auf die Finanzierungsgrundlagen der Infrastruktur und des öffentlichen Verkehrs, sind infolge fehlender konkreter Marktmodelle, sowie nicht abschliessend definierter Anforderungen an die Infrastruktur, derzeit nur hypothetisch zu beantworten.

Einen signifikanten Einfluss auf die Finanzen sind indirekt auch durch die Wechselwirkungen des automatisierten Fahrens mit der Elektromobilität, der Digitalisierung und einem angepassten Nutzungsverhalten zu erwarten.

Offen ist auch, ob langfristig der Betrieb automatisierter Fahrzeuge als regulierter oder freier Markt oder als Mischformen davon betrachtet werden sollte.

Im Fall des regulierten Markts wären analog zu den Finanzierungsformen beim öffentlichen Verkehr Kosten für den Betrieb und Kosten für die Benutzung der Infrastruktur zu regeln. Auch wenn die Tarifhoheit bei den Anbietern bleiben wird, darf davon ausgegangen werden, dass Angebotsformen, die nicht-mobilen Personen einen Zugang zur Mobilität gewähren, im Sinne einer Mobilitätsvorsorge durch die öffentliche Hand abgegolten werden. Ob die Benutzung der Infrastruktur wie beim heutigen strassengebundenen öffentlichen Verkehr weitgehend erlassen, oder wie beim heutigen Schienenverkehr via Trassenpreise erhoben würde, wäre zu regeln.

Im Fall des freien Markts bestünden analog zum Individualverkehr Möglichkeiten die Benützung der Infrastruktur über Treibstoff-Abgaben (bei Elektrofahrzeugen auch Strom-Abgaben) oder andere fiskalische Instrumente des Mobilitypricings abgelden zu lassen. Solange konventionelle und automatisierte Fahrzeuge gemeinsam die Infrastruktur beanspruchen, wird ein grosses Augenmerk auf eine diskriminierungsfreie Finanzierungsform gelegt werden müssen.

Die Unterscheidung hinsichtlich der Finanzierungsform könnte auch aufgrund der Besitzverhältnisse erfolgen. Liegen die automatisierten Fahrzeuge im Privatbesitz gelten die Instrumente des freien Markts, sind die Fahrzeuge als Sharing-Angebot verfügbar und Teil einer Flotte, so könnten die Instrumente des regulierten Markts zur Anwendung kommen.

### Empfehlung

- Die in den letzten Jahren beschlossenen Instrumente zur Finanzierung der Bahninfrastrukturen (BIF) und der Strasseninfrastrukturen (NAF) sind hinsichtlich ihrer Kompatibilität für automatisierte Fahrzeuge zu prüfen.
- In der Zeit vom Markteintritt automatisierter Fahrzeuge bis zu einem signifikanten Anteil am Transportaufkommen, sollte aber noch genügend Zeit für die entsprechenden Anpassungen vorhanden sein.



## 5 Forschungsbedarf

Die Ermittlung des Handlungs- und Forschungsbedarfs erfolgte in mehreren Schritten und berücksichtigt neben der Herleitung aus den Szenarien die Erkenntnisse aus den Recherchen zum Stand des Wissens, Experteninterviews, eigene Einschätzungen und die Anregungen der Begleitkommission. Aus einer umfangreichen Liste möglicher Forschungsthemen wurde eine Vorauswahl vorgenommen und die daraus resultierende Untermenge hinsichtlich ihrer Eignung für das Forschungspaket beurteilt und priorisiert.

### 5.1 Forschungsthemen

Die Forschungsthemen werden in die acht Themenbereiche gegliedert, die in Kapitel 1.5 eingeführt wurden.

- A. Technik: Forschungsfragen sind technologieorientiert und beschäftigen sich mit technologischen Grundlagen oder anwendungsorientierten Fragestellungen zum Fahrzeug und seinen Sensoren, technischen Anlagen in der Verkehrsinfrastruktur, Kommunikationstechnologien oder Lösungen für Betreiber, Kontrollbehörden, Verkehrsbehörden u.a. Untersucht werden auch technikinduzierte Risiken und Möglichkeiten zu deren Eindämmung.
- B. Interaktion von Mensch und Maschine: Im Vordergrund stehen Fragestellungen der Interaktion von Fahrer / Insassen mit dem Fahrzeug, sowie zwischen automatisierten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern. Dazu gehören auch Fragen der menschlichen Leistungsfähigkeit und den damit verbundenen Herausforderungen und Sicherheitsrisiken.
- C. Markt und Angebot: Forschungsfragen beschäftigen sich mit dem Angebot von automatisierten Fahrzeugen und Mobilitätsdiensten sowie der Nachfrage von unterschiedlichen Mobilitäts- und Logistikleistungen für den privaten und öffentlichen Personenverkehr sowie dem Güterverkehr
- D. Betrieb und Infrastruktur: Forschungsfragen zielen auf ein Verständnis der Verkehrsentwicklung allgemein und durch automatisierte Fahrzeuge im Besonderen, mögliche Änderungen der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur für den ruhenden und fließenden Verkehr und daraus abzuleitende Anforderungen und Lösungsansätze. Intermodalität und MaaS unter Berücksichtigung automatisierter Fahrzeuge gehören auch zu diesem Forschungscluster.
- E. Umwelt, Raum- und Städteplanung: Untersucht werden die Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge auf die Umwelt sowie sinnvolle Handlungsoptionen für die Raum- und Städteplanung.
- F. Gesellschaft, Wirtschaft und Politik: Schwerpunktthemen sind die Bedürfnisse, Ansichten und Herausforderungen aller gesellschaftlichen Gruppen, Handlungsoptionen für politische Entscheidungen und Zielvorgaben sowie die Rolle / Verantwortung / Massnahmen der Behörden
- G. Recht: Untersucht werden die Möglichkeiten automatisierter Fahrzeuge auf Basis der bestehenden nationalen und internationalen Gesetze und Verordnungen sowie Optionen und konkrete Vorschläge für notwendige Anpassungen um einen adäquaten rechtlichen Rahmen für die Einführung automatisierter Fahrzeuge zu setzen.
- H. Finanzen: Untersuchungsgegenstand sind die mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge verbundenen Investitionen / Kosten für die öffentliche Hand und Möglichkeiten zur Finanzierung durch die Allgemeinheit, Nutzer oder Dritte.

## 5.2 Kriterien für die Priorisierung der Forschungsthemen

Die Forschungsthemen wurden durch die Begleitkommission anhand konkreter Kriterien bewertet und in drei Prioritätenstufen klassiert (vgl. Kapitel 8 Anhang: Liste möglicher Forschungsthemen). Themen mit Priorität 1 werden zu konkreten Forschungsanträgen ausformuliert, Themen mit Priorität 2 werden als Forschungsfelder zukünftiger Forschungspakete betrachtet und Themen mit Priorität 3 werden vorderhand nicht weiter verfolgt. Folgende Kriterien wurden für die Priorisierung berücksichtigt:

1. Forschungswürdig
  - Spezifische Schweiz-Fragen
  - Gezieltes Schliessen von internationalen Forschungslücken
  - Dringend benötigte Erkenntnisgewinne für die Schweiz
  - Forschungsthemen erst ab einer „gewissen Grösse“
2. Nicht forschungswürdig
  - Technologieentwicklung
  - Dinge, die anderweitig bereits erforscht werden wie Interaktion Mensch – Maschine, etc.
  - Dinge, die ausserhalb der Forschung zu regeln sind wie rechtliche Aspekte

Es verbleiben folgende relevante Forschungsthemen:

- Markt und Angebot
- Betrieb und Infrastruktur
- Umwelt, Raum- und Städteplanung
- Gesellschaft, Wirtschaft und Politik

## 5.3 Struktur des Forschungspaketes

Das Forschungspaket wird so strukturiert, dass durch das Zusammenspiel verschiedener miteinander in Beziehung stehender Forschungsarbeiten ein zusätzlicher Mehrwert generiert wird. In der Synthese der einzelnen Forschungsvorhaben ergibt sich, bezogen auf die Schweiz, eine differenzierte Betrachtung von Chancen und Risiken automatisierter Fahrzeuge für die Gesellschaft und spezielle Gruppen, sowie Handlungsoptionen für die Politik und Behörden.

Die Begleitkommission empfiehlt, unter dem übergreifenden Titel „Auswirkungen des automatisierten Fahrens“, sechs spezialisierte Teilprojekte anzugehen.

**Tab. 2** Aufbau Forschungspaket

| Basis                                                             | Sektorale Vertiefungen                                                                                                                                                                                                                                                | Analyse                                                                                          | Synthese                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Szenarien für mögliche Entwicklungen (Personen- und Güterverkehr) | <p>Verkehrliche Auswirkungen / Bedarf an Infrastrukturen</p> <p>Anfallende Daten / Umgang mit Daten / strategische Bedeutung / ev. digitale Infrastruktur / Verkehrslenkung und –steuerung (Rollen, Bedingungen, etc.)</p> <p>Neue Angebotsformen („Sammeltaxis“)</p> | <p>quantifizierte Auswirkungen aller sektoraler Vertiefungen</p> <p>Wertung der Auswirkungen</p> | <p>Szenarien für wahrscheinliche / anzustrebende Entwicklungen</p> <p>Auswirkungen daraus darlegen z.B. für Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen</p> <p>Erkenntnisse daraus in Bezug auf Infrastruktur, regulatorische</p> |

|  |                                                                                                                                      |  |                                                                                                            |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Mischverkehr<br>(Nebeneinander<br>unterschiedlicher<br>Automatisierungen und<br>andere Verkehrsmittel)<br><br>Räumliche Auswirkungen |  | Massnahmen, rechtliche<br>Anpassungen,<br>gesellschaftliche Aspekte,<br>Energie und Umwelt, ev.<br>weitere |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Zur Festlegung der Koordination der zeitlichen Abläufe wird dabei stark vereinfacht von folgenden Wirkzusammenhängen ausgegangen:

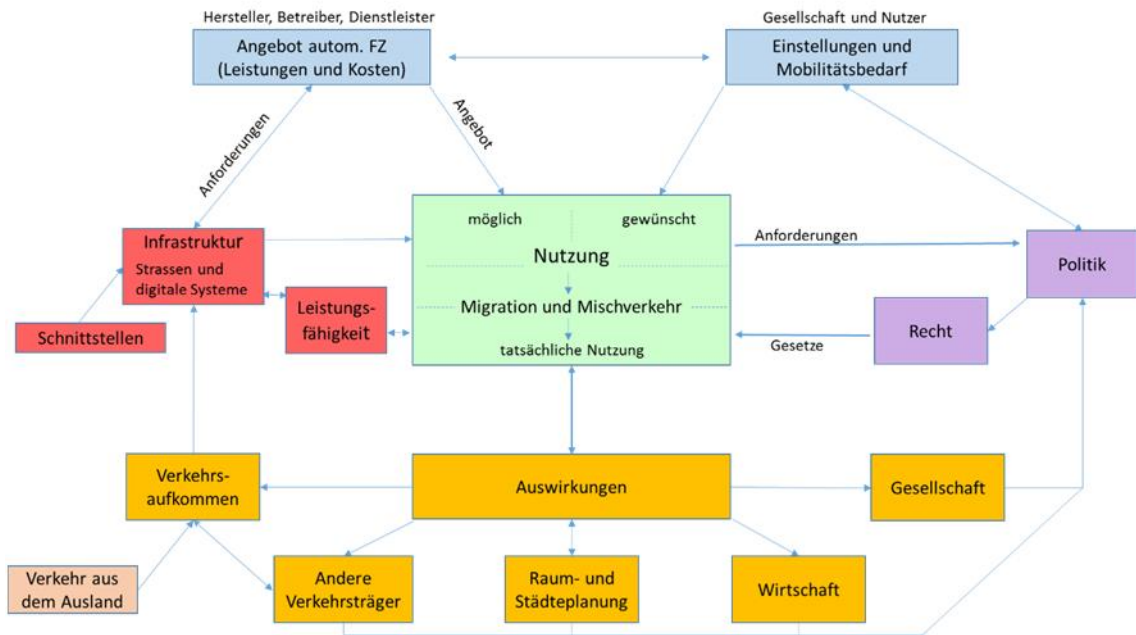


Abb. 4 Wirkzusammenhänge vereinfacht (eigene Darstellung)

Die Anforderungen an das Strassennetz und die strassenseitige Infrastruktur werden im Wesentlichen bestimmt durch:

- Prognosen für das räumlich differenzierte Verkehrsaufkommen, der unterschiedlichen Klassen von Strassenfahrzeugen und deren Automatisierungsgrad,
- die prognostizierte Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung der erwarteten Effekte automatisierter Fahrzeuge und deren Anteil am Verkehrsaufkommen,
- die infrastrukturbezogenen Anforderungen, die für einen sicheren und effizienten Betrieb, von in der Schweiz zulässigen traditionellen und automatisierten Fahrzeugen unterschiedlicher Ausprägung, erfüllt sein müssen.

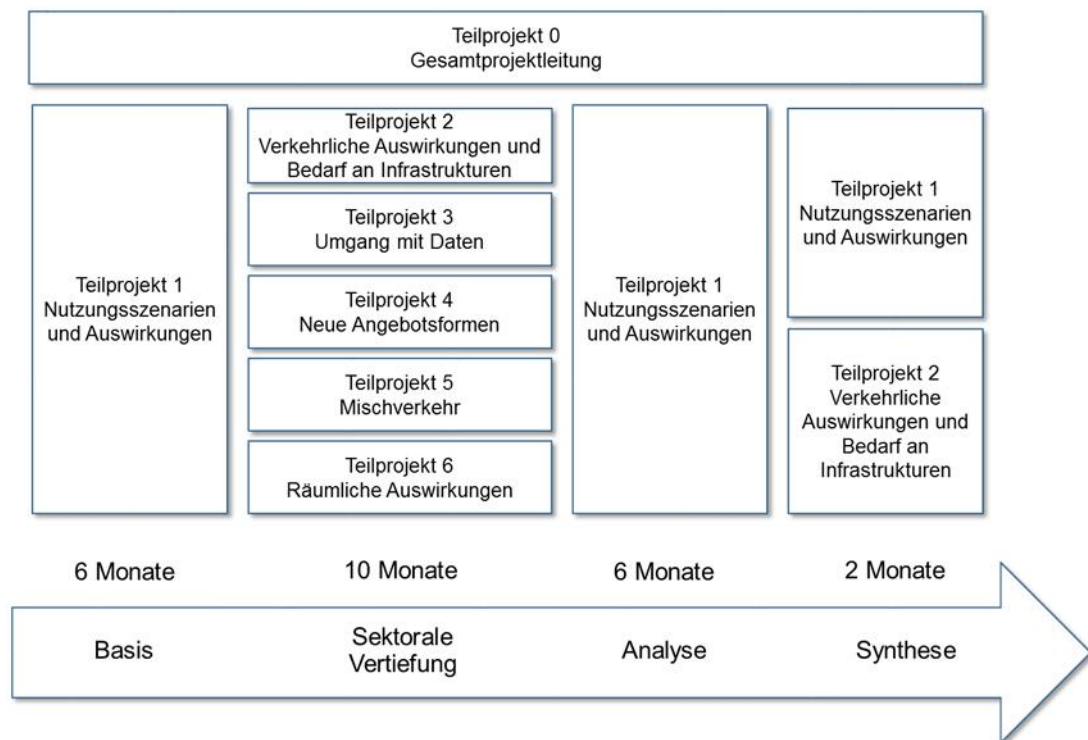
Diese Faktoren werden stark durch die Nachfrage und dem tatsächlichen Nutzungsverhalten beeinflusst, so dass diese vordergründig zu untersuchen sind. Das tatsächliche Nutzungsverhalten unterliegt wiederum vielfältigen Einflüssen und ist insbesondere abhängig:

- von dem persönlichen Mobilitätsbedürfnis bzw. dem Bedarf an Transportleistungen,
- von dem real verfügbaren Angebot an automatisierten Fahrzeugen oder darauf basierender Mobilitätsdienste für den Personen- oder Gütertransport, deren Leistungsfähigkeit und Kosten (Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit auch im Vergleich zu anderen Mobilitätsangeboten, z.B. der Schiene),

- c. den Einstellungen zur gemeinsamen Nutzung eines Fahrzeuges (Besetzungsgrad)
- d. den rechtlichen und fiskalischen Rahmenbedingungen zum Einsatz / zur Nutzung automatisierter Fahrzeuge

Es ist davon auszugehen, dass diese Faktoren im Betrachtungszeitraum 2020-2050 massiven Änderungen unterliegen werden.

Aufgrund der o.a. Überlegungen ergeben sich folgende Struktur und Ablauf für das Forschungspaket:



**Abb. 5** Projektstruktur

## 5.4 Abgrenzung zu SVI Forschungsprojekt „Verkehr der Zukunft (2060)“

Das SVI Forschungspaket (FP2) „Verkehr der Zukunft (2060)“ besteht aus folgenden Teilprojekten:

- A1: Demografische Alterung und ihre Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems
- B1: Stadtverträgliche Mobilität - mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft (W2017-S2019)
- B2: Langfristige Wechselwirkungen Verkehr - Raum
- C1: Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage
- D1: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem
- E1: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr
- E2: Neue Angebotsformen, Organisation und Diffusion (neu)

Das SVI Forschungspaket und das vorliegende Forschungspaket unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der Zielsetzung des jeweiligen Syntheseberichtes sowie der Schwerpunkte der zu vertiefenden Teilprojekte. Sie ergänzen sich aber bei der Klärung gesellschaftlich und politisch relevanter Fragestellungen zukünftiger Mobilität in der Schweiz. Überschneidungen wurden weitgehend dadurch vermieden, dass im Rahmen der Priorisierung möglicher Teilprojekte Fragestellungen mit erkennbarer Überlappung ausgeklammert wurden, wenn sie inhaltlich und zeitlich passend im jeweils anderen Forschungspaket behandelt werden. Bei den Ausschreibungsunterlagen wird darauf geachtet, dass es bei der Bearbeitung der Teilprojekte ermöglicht und gefordert wird, relevante Erkenntnisse gegenseitig auszutauschen und zu berücksichtigen.

Schwerpunkte des Forschungspaketes: „Verkehr der Zukunft (2060)“ sind eine möglichst umfassende Treiberanalyse und Fragen nach Ausgestaltung und Auswirkungen dieser Treiber auf die Entwicklung von Verkehrsnachfrage und –Angebot in der Schweiz mit dem langfristigen Zeithorizont 2060. Automatisierte Fahrzeuge, deren Ausgestaltung und mögliche neue Angebotsformen sind dabei nur eine Facette unter vielen, die darauf direkt oder indirekt Einfluss hat.

Schwerpunkte des vorliegenden Forschungspaketes sind Aspekte in Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen, von denen angenommen wird, dass sie kurz- und mittelfristig (Zeithorizont von 2020 bis 2050) einen wesentlichen Einfluss auf die Anforderungen an die Strassen und strassenseitige Infrastruktur haben werden. Die Interaktion mit der Verkehrsnachfrage und den Verkehrsangebot in der Schweiz wird dabei hinsichtlich ihrer quantitativen Auswirkungen berücksichtigt.

## 5.5 Beschreibung der Teilprojekte

### 5.5.1 Teilprojekt 0 Gesamtprojektleitung Forschung automatisiertes Fahren

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr / Titel           | <b>TP0: ASTRA 2017-xxx: Gesamtprojektleitung, Ausschreibungsunterlagen für die Teilprojekte zum automatisierten Fahren</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Projektziele:        | Das Ziel ist es, in der Zusammenführung der einzelnen Teilprojekte des Forschungspaketes ein stimmiges Gesamtergebnis zu erreichen, das den wesentlichen Akteuren der Politik und Behörden sowie relevanter Interessengruppen aus Wirtschaft und Gesellschaft als Leitfaden für die weitere Planung von Aktivitäten im Zusammenhang mit der erwarteten Einführung automatisierter, vernetzter Fahrzeuge dient. |
| Ausgangslage:        | Die Teilprojekte 1-6 sind so angelegt, dass sie weitgehend unabhängig bearbeitet werden können. Durch die zeitliche Parallelität wird jedoch eine gewisse externe Koordination notwendig. Es ist denkbar, dass diese Aufgabe vom ASTRA übernommen wird, so dass das Teilprojekt nicht ausgeschrieben wird.                                                                                                     |
| Projektbeschreibung: | Das Projekt erstellt die Ausschreibungsunterlagen für die Teilprojekte des Forschungspaketes „automatisiertes Fahren“, die im Initialprojekt ASTRA 2015/004 definiert wurden. Es legt Meilensteine für die einzelnen Teilprojekte fest, an denen Zwischenergebnisse den anderen Teilprojekten zur Verfügung stehen müssen. Es koordiniert die Informationsvermittlung zwischen den Teilprojekten.              |
| Finanzbedarf         | CHF 30.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zeitraumen:          | 24 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 5.5.2 Teilprojekt 1 Nutzungsszenarien und Auswirkungen

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr / Titel           | <b>TP1: ASTRA 2017-xxx Mögliche Nutzungen automatisierter Strassenfahrzeuge im Personen- und Güterverkehr in der Schweiz im Zeithorizont 2020 bis 2050 und deren Auswirkungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Projektziele:        | Ziel der Forschungsarbeit ist es, mögliche Nutzungen automatisierter und vernetzter Strassenfahrzeuge für den Transport von Personen und Gütern für den Zeitraum 2020 bis 2050 aufzuzeigen und in einem iterativen Prozess sowie unter Einbezug der Ergebnisse aus den sektoralen Vertiefungen aus den TP 2 bis 6 schrittweise zu konkretisieren und zu werten. Im Ergebnis sollen die wahrscheinlichen und die anzustrebenden Nutzungen bezeichnet und zu möglichen „Gesamtbildern Mobilität“ zusammengefügt werden. Die relevanten Auswirkungen dieser „Gesamtbilder“ auf den Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen, die Raumordnung, den Energiebedarf, die Umwelt und die Gesellschaft sollen anhand von quantitativen und qualitativen Ansätzen abgeschätzt und gewertet werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Ausgangslage:        | Die tatsächliche Ausgestaltung automatisierter Fahrzeuge sowie die Szenarien für ihre Markteinführung und Nutzung hängen von einer Vielzahl von komplexen Einflussfaktoren ab. Die derzeit verfügbaren Einschätzungen und Prognosen dazu weisen eine grosse Bandbreite auf, sind oft interessengeleitet und sind nicht auf die besonderen Rahmenbedingungen und Zielsetzungen der Schweiz ausgerichtet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Projektbeschreibung: | <p>Bestimmen der Einflussfaktoren, die die Einführung und die Nutzung teil- und vollautomatisierter Fahrzeuge in der Schweiz beeinflussen.</p> <p>Ermitteln der erwarteten Nutzungen von teil- und vollautomatisierten Fahrzeugen (räumlich und zeitlich differenziert) im Personen und Güterverkehr unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren in der Schweiz zwischen 2020 und 2050.</p> <p>Bestimmen der wahrscheinlichsten und der unter Berücksichtigung der verkehrspolitischen Ziele, soziodemografischer Merkmale und regionaler Unterschiede erwünschten respektive unerwünschten Nutzungen von teil- und vollautomatisierten Fahrzeugen.</p> <p>Verfassen einiger weniger Szenarien mit den Nutzungen von teil- und vollautomatisierten Fahrzeugen für den Personen- und Güterverkehr zwischen 2020 bis 2050 als Basis für die folgenden sektoralen Vertiefungen (TP 2 bis TP 6).</p> <p>Zusammenfassende Analyse und Wertung der Auswirkungen des teil- und vollautomatisierten Fahrens aus den TP2 bis TP6 sowie Ableitung der wahrscheinlichsten und anzustrebenden Entwicklungsszenarien.</p> <p>Ermitteln der relevanten Auswirkungen dieser Nutzungsszenarien und der Massnahmen, die nötig sind, um die wahrscheinlichen in Richtung der anzustrebenden Nutzungsszenarien zu beeinflussen.</p> <p>Koordination mit den parallel laufenden Projekten im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren.</p> <p>Formulieren von Handlungsempfehlungen zuhanden der politischen, behördlichen und unternehmerischen Entscheidungsträger.</p> |
| Finanzbedarf         | CHF 300.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dauer:               | 14 Monate (6 Monate + 6 Monate + 2 Monate)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

### 5.5.3 Teilprojekt 2 Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Infrastrukturen

| Nr / Titel           | TP2: ASTRA 2017-xxx Verkehrliche Auswirkungen automatisiertes Fahrzeuge und künftiger Infrastrukturbedarf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ziel:                | Ziel der Forschungsarbeit ist es, die verkehrlichen Auswirkungen relevanter Nutzungsszenarien aus dem TP1 für das teil- und das vollautomatisierte Fahren im Zeitraum 2020 bis 2050 zu quantifizieren und die daraus resultierenden Folgen für den Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen zu ermitteln. Die wesentlichen Erkenntnisse in Bezug auf die künftige Planung und Bereitstellung der Verkehrsinfrastrukturen sind in Handlungsempfehlungen zuhanden der zuständigen Behörden auf Stufe Bund, Kantone, Städte und Betreiber von Verkehrsinfrastrukturen und –angeboten zu formulieren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ausgangslage:        | Die Einführung automatisierter Fahrzeuge und die damit verbundenen Nutzungs- und Angebotsformen eröffnen vielversprechende Perspektiven für eine effizientere und ökologischere Abwicklung unserer Mobilitätsbedürfnisse. Ob und in welchem Ausmass diese tatsächlich genutzt werden können, ist derzeit aber vollkommen offen. Gleichzeitig stehen die Verantwortlichen vor weitreichenden Entscheidungen im Hinblick auf die Bereitstellung weiterer und die künftige Ausgestaltung bestehender Verkehrsinfrastrukturen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Projektbeschreibung: | <p>Modellierung der relevanten Szenarien für die Nutzung teil- und vollautomatisierter Fahrzeuge im Hinblick auf die Beurteilung des künftigen Infrastrukturbedarfs für den Zeitraum 2020 bis 2050.</p> <p>Ermittlung der besonderen Anforderungen an die Verkehrsinfrastrukturen zur Umsetzung der relevanten Nutzungsszenarien für die Zeithorizonte 2020, 2030, 2040 und 2050.</p> <p>Ermittlung der verkehrlichen Auswirkungen (verkehrsträgerübergreifend) für die relevanten Nutzungsszenarien für die Zeithorizonte 2020, 2030, 2040 und 2050.</p> <p>Folgerungen im Hinblick auf den räumlich, zeitlich und verkehrsträgerdifferenzierten Bedarf und die besonderen Anforderungen an Verkehrsinfrastrukturen.</p> <p>Koordination mit parallel laufenden Projekten im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren, namentlich TP 1 (Nutzungsszenarien und Auswirkungen), TP 3 (Daten), TP4 (neue Angebotsformen) und TP 5 (Mischverkehr).</p> <p>Ermittlung des Verkehrsinfrastrukturbedarfs für die wahrscheinlichsten und anzustrebenden Szenarien als Unterstützung des TP1 in der Synthese.</p> <p>Formulieren von Handlungsempfehlungen zuhanden der politischen, behördlichen und unternehmerischen Entscheidungsträger.</p> |
| Finanzbedarf         | CHF 200.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Zeitraumen:          | 12 Monate (10 Monate + 2 Monate)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 5.5.4 Teilprojekt 3      Umgang mit Daten

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr / Titel           | <b>TP3: ASTRA 2017-xxx Einschätzung der anfallenden Daten, ihrer strategischen Bedeutung und ihrer Nutzungsmöglichkeiten, künftige Rolle der öffentlichen Hand bei der Verkehrslenkung und –steuerung sowie Bedarf und Anforderungen an die digitale Infrastruktur</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ziel:                | Ziel der Forschungsarbeit ist es, den Umfang an Daten zu ermitteln, die aus dem teil- und vollautomatisierten Fahren sowie aus den daraus ermöglichten Nutzungen entstehen können. Die Nutzungsmöglichkeiten dieser Daten sind zu analysieren und zu bewerten. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf die künftige Lenkung und Steuerung des Verkehrs sowie auf die Rolle der dafür in Frage kommenden Stakeholder zu legen. Der dafür nötige Bedarf an digitaler Infrastruktur und die Anforderungen an den Aufbau und den Betrieb einer solchen sind aufzuzeigen. Die daraus gewonnen Erkenntnisse sind in Form von Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder zusammenzufassen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ausgangslage:        | Die Nutzung automatisierter und vernetzter Fahrzeuge wird eine Vielzahl von zusätzlichen Daten generieren. Die Nutzung dieser Daten eröffnet völlig neue Perspektiven für eine wirkungsvollere Steuerung und Lenkung des Verkehrs aber auch für die künftige Gestaltung der Angebote und den Zugang zur Mobilität. Entsprechend bedeutsam wird es sein, wer Zugang zu diesen Daten hat, wie sie genutzt werden und wer sie nutzt. Damit verbunden stellen sich vielfältige Fragen in Bezug an den Bedarf und die Zuständigkeit für den Aufbau und den Betrieb der dafür nötigen digitalen Infrastruktur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Projektbeschreibung: | <p>Bezeichnung der relevanten Datenquellen und Ermittlung des Umfangs der von ihnen generierten Daten.</p> <p>Beschrieb der Nutzungsmöglichkeiten dieser Daten und Beurteilung ihrer strategischen Bedeutung.</p> <p>Beschrieb und Bewertung der relevanten Nutzungsmöglichkeiten eines Teils dieser Daten für die künftige Lenkung und Steuerung des Verkehrs. Folgerungen im Hinblick auf die Bedeutung und die Rolle der relevanten Stakeholder.</p> <p>Bestimmung der zielführenden Rolle der öffentlichen Hand bei der Lenkung und Steuerung des Verkehrs und Ermittlung des dafür nötigen regulatorischen Rahmens.</p> <p>Folgerungen im Hinblick auf den Bedarf an digitaler Infrastruktur und auf die Anforderungen an die Zugänglichkeit, die Haltung, den Schutz und die Verwendung der anfallenden Daten sowie an den Aufbau und den Betrieb der dafür nötigen digitalen Infrastruktur.</p> <p>Koordination mit parallel laufenden Projekten im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren, namentlich TP 1 (Nutzungsszenarien und Auswirkungen), TP 2 (Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Infrastrukturen) und TP 4 (Neue Angebotsformen).</p> <p>Formulierung von Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder.</p> |
| Finanzbedarf         | CHF 150.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Zeitraumen:          | 10 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 5.5.5 Teilprojekt 4 Neue Angebotsformen

| Nr / Titel           | <b>TP4: ASTRA 2017-xxx Analyse und Beurteilung neuer Angebotsformen durch den Einsatz teil- und vollautomatisierter Fahrzeuge sowie die weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung in der Mobilität</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ziel:                | Ziel der Forschungsarbeit ist es, die möglichen neuen Angebotsformen für den Zeitraum 2020 bis 2050 zu bezeichnen und im Hinblick auf ihren Beitrag zur Erreichung der verkehrspolitischen Ziele der Schweiz zu beurteilen. Anhand von quantitativen und qualitativen Ansätzen sollen die erfolgversprechenden neuen Angebotsformen ermittelt und im Hinblick auf ihre Ausgestaltung, die benötigten Technologien, die Betreiber sowie die benötigten Mittel und Infrastrukturen konkretisiert werden. Die erforderlichen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Einführung und Etablierung dieser neuen Angebotsformen sind zu ermitteln und die daraus resultierenden Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder zu formulieren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ausgangslage:        | Die Einführung automatisierter Fahrzeuge und die gleichzeitige Nutzung der weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung in der Mobilität eröffnen vielfältige Perspektiven für die Bereitstellung neuer Angebotsformen. Die Schweiz verfügt über einen hervorragend ausgebauten öffentlichen Verkehr und über eine Bevölkerung mit einer hohen Affinität zur Nutzung öffentlich zugänglicher Verkehrsmittel. Diese günstigen Voraussetzungen sind zur Realisierung der dringend benötigten Effizienzgewinne im Verkehrsbereich gezielt zu nutzen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Projektbeschreibung: | <p>Auflistung der möglichen neuen Angebotsformen durch die Nutzung teil- und vollautomatisierter Fahrzeuge sowie die weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung in der Mobilität. Diese Möglichkeiten sollen das gesamte mögliche Spektrum von neuen Angebotsformen in der Schnittstelle zwischen dem individuellen und dem heutigen öffentlichen Verkehr bis hin zu neuen Diensten wie „Mobility as a Service“ umfassen.</p> <p>Beurteilung der neuen Angebotsformen im Hinblick auf die Eintretenswahrscheinlichkeit, die Marktchancen sowie den Beitrag zur Erreichung der verkehrspolitischen Ziele der Schweiz.</p> <p>Konkretisierung der erfolgversprechendsten neuen Angebotsformen in Bezug auf die angebotsseitige und die betriebliche Ausgestaltung, die benötigten Technologien, die Betreiber, die Einführung, die benötigten Mittel und Infrastrukturen sowie mögliche weitere Elemente.</p> <p>Bezeichnung der wichtigsten Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Einführung und Etablierung der erfolgversprechendsten neuen Angebotsformen.</p> <p>Koordination mit parallel laufenden Projekten im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren, namentlich TP 1 (Nutzungsszenarien und Auswirkungen), TP 2 (verkehrliche Auswirkungen) TP 3 (Daten) und TP 6 (Raumplanung) .</p> <p>Formulierung von Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder im Hinblick auf die Erfüllung der wichtigsten Rahmenbedingungen.</p> |
| Finanzbedarf         | CHF 200.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Zeitraumen:          | 10 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 5.5.6 Teilprojekt 5 Mischverkehr (Nebeneinander unterschiedlicher Automatisierungsgrade sowie anderer Verkehrsmittel)

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr / Titel           | <b>TP5: ASTRA 2017-xxx Betriebliche und infrastrukturseitige Anforderungen für den Zeitraum von 2020 bis 2050 unter Berücksichtigung von wahrscheinlichen Migrationsszenarien und der besonderen Anforderungen des Mischverkehrs</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ziel:                | Ziel der Forschungsarbeit ist es, realistische Migrationsszenarien von traditionellen zu vollautomatisierten Strassenfahrzeugen für den Transport von Personen und Gütern zu definieren. Die besonderen Herausforderungen, die sich aus dem damit verbundenen Nebeneinander von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowie mit nicht automatisierten Fahrzeugen und weiteren Verkehrsteilnehmenden ergeben, sind zu identifizieren und zu bewerten. Daraus abgeleitet sind Lösungsvorschläge zur Gewährleistung eines sicheren Strassenverkehrs für alle Verkehrsteilnehmenden und der Funktionsfähigkeit der Verkehrsinfrastrukturen zu unterbreiten und Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder zu formulieren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ausgangslage:        | Im Betrachtungszeitraum werden automatisierte Fahrzeuge das bestehende Verkehrsangebot ergänzen. Für diese Fahrzeuge wird keine eigene Strasseninfrastruktur zur Verfügung stehen. Zumindest in einer Übergangsphase ist deshalb mit einem Mischverkehr von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden zu rechnen. Auf bestimmten Strecken und in den Siedlungsräumen werden automatisierte Fahrzeuge auch langfristig mit nicht automatisierten Verkehrsmitteln (zB. Motorräder, Fahrräder, etc.) und Verteilnehmenden (zB. Fussgänger) koexistieren müssen. Über die Anforderungen, die sich daraus an die Strasseninfrastruktur und die Abwicklung des Verkehrs ergeben, bestehen derzeit keine fundierten Erkenntnisse.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Projektbeschreibung: | <p>Ermittlung der relevanten Einflussfaktoren für das Verfassen von realistischen Migrationsszenarien.</p> <p>Verfassen der relevanten Migrationsszenarien für den Zeitraum 2020 bis 2050 unter besonderer Berücksichtigung des Mischverkehrs (Nebeneinander von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden und mit nicht automatisierten Verkehrsteilnehmenden).</p> <p>Räumlich und zeitlich differenzierte Analyse der besonderen Herausforderungen, die sich daraus in Bezug auf die Verkehrssicherheit und die Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme ergeben.</p> <p>Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Gewährleistung der Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmenden sowie zur Funktionsfähigkeit der Verkehrsinfrastrukturen und -systeme.</p> <p>Koordination mit parallel laufenden Projekten im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren, namentlich TP 1 (Nutzungsszenarien und Auswirkungen) und TP 2 (Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen).</p> <p>Formulierung von Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder.</p> |
| Finanzbedarf         | CHF 200.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Zeitraumen:          | 10 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### 5.5.7 Teilprojekt 6 Räumliche Auswirkungen

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr / Titel           | <b>TP6: ASTRA 2017-xxx Herausforderungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Hinblick auf die Erreichung der raumplanerischen Ziele der Schweiz</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ziel:                | Ziel der Forschungsarbeit ist es, die möglichen Auswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf die räumliche Entwicklung der Schweiz zu analysieren und Handlungsempfehlungen für die Unterstützung der raumplanerischen Ziele der Schweiz durch das automatisierte und vernetzte Fahren zu formulieren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ausgangslage:        | Mit der Einführung vollautomatisierter Fahrzeuge werden neue Nutzergruppen erschlossen und neue Nutzungsformen ermöglicht. Der Verkehrsträger Strasse wird attraktiver und der Faktor Zeit dürfte für die Abwicklung der Mobilität an Bedeutung verlieren. Beides kann sich auf die räumliche Entwicklung der Schweiz auswirken.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Projektbeschreibung: | <p>Analyse der räumlichen Auswirkungen der wahrscheinlichen und der anzustrebenden Nutzungsszenarien für das automatisierte und vernetzte Fahren aus dem TP 1 anhand von quantitativen und qualitativen Ansätzen.</p> <p>Bewertung der möglichen räumlichen Auswirkungen in Bezug auf die Unterstützung respektive die Gefährdung der raumplanerischen Ziele der Schweiz.</p> <p>Bezeichnung der Angebots- und Nutzungsformen automatisierter und vernetzter Fahrzeuge, die die Erreichung der raumplanerischen Ziele der Schweiz unterstützen respektive gefährden.</p> <p>Koordination mit parallel laufenden Projekten im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren, namentlich TP 1 (Nutzungsszenarien und Auswirkungen), TP 3 (Daten) und TP 4 (Neue Angebotsformen).</p> <p>Formulierung von Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder zur Unterstützung der raumplanerischen Ziele der Schweiz durch das automatisierte und vernetzte Fahren. Diese umfassen einerseits die Bezeichnung und die Unterstützung geeigneter Angebots- und Nutzungsformen und andererseits die ggf. nötige Anpassung und Ergänzung der bestehenden raumplanerischen Instrumente.</p> |
| Finanzbedarf         | CHF 100.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Zeitraumen:          | 10 Monate                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## 6 Weitere Handlungsfelder

Im Laufe dieses Initialprojektes wurden auch Themen angesprochen, die nicht direkt mit einem Forschungsbedarf assoziiert werden und deshalb auch nicht in der Liste möglicher Forschungsthemen aufgeführt sind. Punkte, die uns wichtig erscheinen, werden hier summarisch aufgeführt:

- Das Potential automatisierter Fahrzeuge zur Erschliessung neuer Anwendungsfelder, zur Kostenreduzierung im Personen- und Gütertransport auf der Strasse und zur Optimierung des ganzen Verkehrssystems erscheint enorm. Der von PostAuto und SBB eingeschlagene Weg zur Erprobung möglicher Synergien und Betriebskonzepte zwischen Bahn / Bus und automatisierten Fahrzeugen zielt auf eine Stärkung des klassischen ÖV durch sinnvolle Einbindung automatisierter Fahrzeuge ab. Es könnte sinnvoll sein, zukünftig auch kantonale und kommunale Anbieter des ÖV mit einbeziehen.
- Die Aktivitäten zum automatisierten Fahren sind in den letzten Jahren weltweit exponentiell gestiegen. Die Beobachtung der laufenden und geplanten Projekte, die Einordnung ihrer Ergebnisse und deren Relevanz für die Schweiz ist aufgrund von Umfang und Komplexität heute häufig nur noch durch Spezialisten der jeweiligen Forschungscluster möglich. Es stellt sich die Frage, wie auch zukünftig ein aktueller, ganzheitlicher Überblick erhalten werden kann, der als gemeinsame Grundlage für politische Entscheidungen nutzbar ist. Ein Ansatz wäre das Einsetzen einer interdisziplinären AV-Beobachtungs- und Analysegruppe, die regelmässig die laufenden Forschungen und Entwicklungen zum automatisierten Fahren sichtet, strukturiert und in aggregierter Form nach Themenclustern und konkreten Anwendungsfällen den Behörden berichtet.
- Bei der Automatisierung, Digitalisierung und Elektrifizierung der Mobilitätsangebote müssen viele Massnahmen unterschiedlicher Marktteilnehmer koordiniert ineinandergreifen um die gewünschten Ergebnisse zu erreichen. Um die gegenseitigen Abhängigkeiten zu klären, könnte ein „runder Tisch“ eingerichtet werden, bei dem die relevanten Stakeholder ihre Aktionen regelmässig koordinieren. Offen ist, ob hier der Bund eine führende / koordinierende Rolle einnehmen sollte oder nicht. Die Teilnehmer des „runden Tisches“ vertreten Institutionen, die konkrete Massnahmen umsetzen können und unterscheiden sich damit wahrscheinlich von der im vorgängigen Absatz aufgeführten AV-Beobachtungs- und Analysegruppe.
- Um die in der Szenarienbetrachtung aufgezeigte mögliche Fehlentwicklung einzudämmen wäre ein gesellschaftlicher Konsens über das zukünftige Verkehrskonzept und adäquate Nutzungsformen automatisierter Fahrzeuge hilfreich. Eine mit politischer Weitsicht geführte Kommunikation kann hier unterstützend wirken. Als Grundlage könnte evtl. ein Konzeptwettbewerb mit Beiträgen aller relevanten Interessengruppen / Experten auf Grundlage vorab gemeinsam verabschiedeter Prämissen/Annahmen dienen.
- Eine deutliche Verbesserung der Verkehrssicherheit durch automatisierte Fahrzeuge bis hin zum völlig unfallfreien Fahren wird allgemein als gegeben angenommen und häufig ungeprüft als wesentliche Motivation für die Einführung automatisierter Fahrzeuge weiter kommuniziert. Technikinduzierte Risiken werden dabei ignoriert, oder als lösbar angesehen. Dies kann in der Gesellschaft zu einer Erwartungshaltung bezüglich Sicherheit automatisierter Fahrzeuge führen, die sich in der Praxis möglicherweise nicht erfüllen lässt. Eine Quantifizierung der positiven sowie der unerwünschten Effekte automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrssicherheit ist heute nur sehr eingeschränkt möglich. Uns sind keine Methoden bekannt, die zu ökonomisch vertretbaren Kosten nachweisen können, dass eine von der Gesellschaft festzulegende maximale Fehlerwahrscheinlichkeit (Unfallhäufigkeit) von autonomen Fahrzeugen zukünftig in der Praxis eingehalten wird.

- Derzeit entwickeln mehrere Unternehmen in der Schweiz eigene digitale Plattformen (Apps) mit dem Ziel den Endnutzer über intermodale Transportdienstleistungen zu informieren und diese zu vermarkten ohne dabei in jedem Fall selbst der Transportleistungserbringer zu sein. Diese Apps werden nicht nur untereinander im Wettbewerb stehen, sondern auch im Wettbewerb mit Lösungen internationaler Technologieriesen. Die Wahrscheinlichkeit dass sich eine Schweizer Lösung auf dem lokalen Markt etablieren und behaupten kann wächst, wenn die potentiellen CH-Anbieter ihre Kräfte bündeln und der Bund flankierende Massnahmen beschliesst.
- Was im Ausland funktioniert, muss nicht auch in der Schweiz sicher sein. Automatisierte Fahrzeuge werden heute schwerpunktmässig im Ausland entwickelt, getestet und typgeprüft. Fahrzeuge die dort sicher im automatisierten Modus betrieben werden können müssen nicht zwangsläufig auch unter den besonderen Bedingungen in der Schweiz sicher funktionieren. Deshalb sind Überlegungen notwendig, ob und ggf. wo zusätzliche Tests erforderlich sind und wie entsprechende Nachweise zu führen sind. Hier gibt es auch Zusammenhänge mit den bestehenden Vereinbarungen zur Anerkennung europäischer Zulassungen und zum Betrieb im Ausland zugelassener Fahrzeuge auf Schweizer Strassen.
- Cybersecurity, die ungeliebte Herausforderung: Langfristig wird die Verkehrssicherheit wesentlich von der Fähigkeit zur Abwehr von Manipulationen und Hackerangriffen auf die Fahrzeuge und die elektronischen Infrastruktursysteme abhängen. Zusätzlich ist die Fähigkeit zu adäquaten Reaktionen im Worst Case Falle erforderlich. Noch ist nicht klar erkennbar, wie die dafür notwendigen Strukturen aussehen müssen.
- Aussagen zur technischen Machbarkeit sind nur in Verbindung mit einem konkreten Anwendungsfall (UseCase) sinnvoll. Eine Definition möglicher und gesellschaftlich gewünschte Anwendungsfälle / Nutzungsformen könnte helfen, Aussagen der Industrie zur Machbarkeit / Verfügbarkeit auf eine einheitliche Grundlage zu stellen.

## 7 Literaturverzeichnis

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 100-Car Study               | Neale V, Dingus T, Klauer S, Sudweeks J, Goodman M, "An overview of the 100-car naturalistic study and findings", Proc. ESV Conf., paper no. 05-0400, 2005, <a href="http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/Crash%20Avoidance/Driver%20Distraction/100Car_ESV05summary.pdf">http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/Crash%20Avoidance/Driver%20Distraction/100Car_ESV05summary.pdf</a>                                                                                           |
| 2b AHEAD 2016               | 2b AHEAD Think Tank, Trendanalyse: „Selbstfahrende Autos: Das Ende von Bahn, ÖPNV & Taxi?“ in Trendanalyse 04/2016, 2016, <a href="http://www.2bahead.com/analyse/trendanalyse/detail/trendanalyse-selbstfahrende-autos-das-ende-von-bahn-oepnv-taxi/">http://www.2bahead.com/analyse/trendanalyse/detail/trendanalyse-selbstfahrende-autos-das-ende-von-bahn-oepnv-taxi/</a>                                                                                                                           |
| 2025AD                      | <a href="https://www.2025ad.com/">https://www.2025ad.com/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Barclays Bank 2015          | Barclays Research Department prepared by Brian A. Johnson: "Disruptive Mobility," 2015, <a href="http://www.investmentbank.barclays.com/content/dam/barclayspublic/docs/investment-bank/global-insights/barclays-disruptive-mobility-pdf-120115-459kb.pdf">http://www.investmentbank.barclays.com/content/dam/barclayspublic/docs/investment-bank/global-insights/barclays-disruptive-mobility-pdf-120115-459kb.pdf</a>                                                                                 |
| BAST Levels of Automation   | Tom M. Gasser, Daniel Westhoff, BAST: BAST-study, Definitions of Automation and Legal Issues in Germany, Juli 2012, <a href="http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2012/Automation/presentations/Gasser.pdf">http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2012/Automation/presentations/Gasser.pdf</a>                                                                                                                                                                                   |
| BAST Rechtsfolgen           | Gasser T.M., Arzt C., Ayoubi M., et al., Projektgruppe "Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung", BAST-Bericht F83, 2012, <a href="http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-f/2013-2012/f83.html">http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-f/2013-2012/f83.html</a>                                                                                                                                                                                              |
| BAST-Forschungsbedarf 2015  | BAST, Bericht zum Forschungsbedarf „Runder Tisch automatisiertes Fahren“, 2015, <a href="http://www.bast.de/DE/Fahrzeugtechnik/Publikationen/Download-Publikationen/Downloads/f4-automatisiertes-fahren.pdf">http://www.bast.de/DE/Fahrzeugtechnik/Publikationen/Download-Publikationen/Downloads/f4-automatisiertes-fahren.pdf</a>                                                                                                                                                                     |
| BMVI GKVS 2014              | BMVI, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bericht gegenüber der GKVS, Oktober 2014, <a href="http://www.bundesrat.de/VMK/DE/termine/sitzungen/14-10-01-02-vmk/14-10-01-02-bericht-bmvi-4-12.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=2">http://www.bundesrat.de/VMK/DE/termine/sitzungen/14-10-01-02-vmk/14-10-01-02-bericht-bmvi-4-12.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=2</a>                                                                                                             |
| BMVI Strategie 2015         | BMVI, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, September 2015, <a href="https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile">https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile</a>                                                                              |
| BMW Ko-HAF 2016             | Projekt Ko-HAF (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie), Kooperatives Hochautomatisiertes Fahren, 2016, <a href="https://www.ko-haf.de/startseite/">https://www.ko-haf.de/startseite/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Bösch et al. 2017           | Bösch, P.M., F. Becker, H. Becker and K.W. Axhausen, "Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Services", Working paper, 1225, Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich, Zurich 2017, <a href="https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/2016/ab1225.pdf">https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/2016/ab1225.pdf</a>                                                                       |
| Bundesrat 2016              | Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 „Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen“, 21.12.2016, <a href="https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/automatisiertes-fahren.html">https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/automatisiertes-fahren.html</a>                                                                                                                                                              |
| Burns 2015                  | Larry Burns, "Transforming Mobility: The Signal in the Noise, Autonomous Vehicles: Crafting Policy to Accelerate Deployment", July 2015, <a href="http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/Larry_Burns_TransformingMobility.072015.pdf">http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/Larry_Burns_TransformingMobility.072015.pdf</a>                                                                                                                                          |
| Columbia University 2013    | Columbia University, prepared by Lawrence D. Burns, William C. Jordan, Bonnie A. Scarborough, "Transforming Personal Mobility", 2013, <a href="http://sustainablemobility.ei.columbia.edu/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Jan-27-20132.pdf">http://sustainablemobility.ei.columbia.edu/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Jan-27-20132.pdf</a>                                                                                                                                   |
| Da Lio 2015                 | Da Lio, M., F. Biral, E. Bertolazzi, M. Galvani, P. Bosetti, D. Windridge, A. Saroldi und F. Tan-go: "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, <a href="http://ieeexplore.ieee.org/document/6853398/">http://ieeexplore.ieee.org/document/6853398/</a>                                                         |
| Daamen et al. 2011          | Winnie Daamen, B. van Arem, Ivo Bouma, "Microscopic dynamic traffic management: Simulation of two typical situations", IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, October 2011, DOI: 10.1109/ITSC.2011.6082949, <a href="https://www.researchgate.net/publication/261165346_Microscopic_dynamic_traffic_management_Simulation_of_two_typical_situations">https://www.researchgate.net/publication/261165346_Microscopic_dynamic_traffic_management_Simulation_of_two_typical_situations</a> |
| Deloitte 2015               | Deloitte University Press: "The future of mobility, How transportation technology and social trends are creating a new business ecosystem", 2015, <a href="http://d27n20517rookf.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/09/DUP-1374_Future-of-mobility_vFINAL_4.15.16.pdf">http://d27n20517rookf.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/09/DUP-1374_Future-of-mobility_vFINAL_4.15.16.pdf</a>                                                                                                           |
| Deutscher Bundestag 18/2072 | Deutscher Bundestag, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Herbert Behrens, Karin Binder, Heidrun Bluhm, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Drucksache 18/2072, Berlin, Juli 2014, <a href="http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/022/1802215.pdf">http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/022/1802215.pdf</a>                                                                                                                                             |
| ERTRAC 2015                 | ERTRAC: Automated Driving Roadmap, 2015, <a href="http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id38/ERTRAC_Automated-Driving-2015.pdf">http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id38/ERTRAC_Automated-Driving-2015.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ESV Konferenzen              | NHTSA: Enhanced Safety of Vehicles, Conference Series, <a href="http://www.nhtsa.gov/ESV">http://www.nhtsa.gov/ESV</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Etemad 2015                  | Etemad, Aria: Presentation at EU ITS Conference, Session "Connectivity and automation: the odd couple", Brüssel, 24. April 2015, <a href="http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm">http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm</a>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| euroFot                      | EU-Kommission: euroFOT, Bringing intelligent vehicles to the road, 2012, <a href="http://www.eurofot-ip.eu/">http://www.eurofot-ip.eu/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| FAZ-Dobrindt 2016            | FAZ, Selbstfahrende Autos werden auch in Städten getestet, 13.6.2016, <a href="http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/pilotprojekte-selbstfahrende-autos-werden-auch-in-staedten-getestet-14284975.html">http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/pilotprojekte-selbstfahrende-autos-werden-auch-in-staedten-getestet-14284975.html</a>                                                                                                                                                                                                                                      |
| FAZ-Rolls-Royce              | FAZ, „Auch Rolls-Royce denkt über selbstfahrende Autos nach“, 16.6.2016, <a href="http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/auch-rolls-royce-denkt-ueber-selbstfahrende-autos-nach-14291138.html">http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/auch-rolls-royce-denkt-ueber-selbstfahrende-autos-nach-14291138.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| FNC 2015                     | ITU Symposium on The Future Networked Car, Genf, 5. März 2015, <a href="http://www.itu.int/en/fnc/2015">http://www.itu.int/en/fnc/2015</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Folmer et al. 2015           | Follmer R, Geils A, Gruschwitz D, Hölscher J, Raudszus, Zlocki A (2015) Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen, Berichte der bast, Heft M 258, <a href="http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-m/2015-2014/m258.html">http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-m/2015-2014/m258.html</a>                                                                                                                                                                                                                                     |
| 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, <a href="http://ieeexplore.ieee.org/document/6213868/">http://ieeexplore.ieee.org/document/6213868/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| FP-Think 2014                | FP-Think, Effects of Next-Generation Vehicles on Travel Demand and Highway Capacity, 2014, <a href="http://orfe.princeton.edu/~alaink/Papers/FP_NextGenVehicleWhitePaper012414.pdf">http://orfe.princeton.edu/~alaink/Papers/FP_NextGenVehicleWhitePaper012414.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Fraedrich et al. 2016        | Fraedrich E, Cyganski R, Wolf I, Lenz B, "User perspectives on autonomous driving – a use-case-driven study in Germany", Arbeitsberichte Geographisches Institut Humboldt-Universität zu Berlin, Heft 187, ISSN 0947-0360, 2016, <a href="https://www.geographie.hu-berlin.de/de/institut/publikationsreihen/arbeitsberichte/download/Arbeitsberichte_Heft_187.pdf">https://www.geographie.hu-berlin.de/de/institut/publikationsreihen/arbeitsberichte/download/Arbeitsberichte_Heft_187.pdf</a>                                                                         |
| Gasser 2015                  | T.M. Gasser, „Teil V: Recht und Haftung“, in Autonomes Fahren, M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, und H. Winner, Springer-Verlag, Berlin 2015, S. 539–636                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| heise c't 2015               | Schulzki-Haddouti, Christiane, „Streit um die Datenhoheit im Auto“, heise c't, 6. März 2015, <a href="http://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-7-Streit-um-die-Datenhoheit-im-Auto-2563005.html">http://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-7-Streit-um-die-Datenhoheit-im-Auto-2563005.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| heise Ethik 2015             | „Die Ethikbremse schleift“, heise Autos, 30. Juni 2014, <a href="http://www.heise.de/autos/artikel/Die-Ethikbremse-schleift-2243299.html?view=print">http://www.heise.de/autos/artikel/Die-Ethikbremse-schleift-2243299.html?view=print</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| heise VW 2015                | „VW-Chef: Markteinstieg von Google und Apple begrüßenswert, aber ohne Daten“, Mac & i, 17. März 2015, <a href="http://www.heise.de/mac-and-i/meldung/VW-Chef-Markteinstieg-von-Google-und-Apple-begrueessenswert-aber-ohne-Daten-2576824.html">http://www.heise.de/mac-and-i/meldung/VW-Chef-Markteinstieg-von-Google-und-Apple-begrueessenswert-aber-ohne-Daten-2576824.html</a>                                                                                                                                                                                        |
| heise Zetsche 2015           | Zetsche, Technologie für selbstfahrende Autos weitgehend serienreif, heise Autos, 8. Januar 2015, <a href="http://www.heise.de/autos/artikel/Zetsche-Technologie-fuer-selbstfahrende-Autos-weitgehend-serienreif-2513629.html?view=print">http://www.heise.de/autos/artikel/Zetsche-Technologie-fuer-selbstfahrende-Autos-weitgehend-serienreif-2513629.html?view=print</a>                                                                                                                                                                                              |
| Hoogendoorn and Bertini 2011 | Hoogendoorn, S. and Bertini, R, "Can We Control Traffic?", 2011, <a href="http://www.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CITG/Actueel/Magazines/doc/can_we_control_traffic_2012_1_.pdf">http://www.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CITG/Actueel/Magazines/doc/can_we_control_traffic_2012_1_.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| I2EASE                       | RWTH Aachen: I2EASE, Intelligence for efficiently electrified and automated driving through sensor networking, Laufendes Projekt von 2016-2018, <a href="http://www.cerm.rwth-aachen.de/i2ease/news.html">http://www.cerm.rwth-aachen.de/i2ease/news.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Intersafe-2                  | EU-Kommission: Intersafe-2, Fahrerassistenz und Fahrzeugführung, <a href="https://www.ika.rwth-aachen.de/de/forschung/projekte/fahrerassistenz-und-fahrzeugfuehrung/1266-intersafe-2.html">https://www.ika.rwth-aachen.de/de/forschung/projekte/fahrerassistenz-und-fahrzeugfuehrung/1266-intersafe-2.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ITS Conference 2015          | 5th ITS Conference: "A digital strategy for mobility: From capacity to connectivity", Brüssel, 24.4.2015, <a href="http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm">http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| its-ch Berichte 2013-2016    | Berichte der Plattform its-ch zu fünf Schwerpunktthemen, 26 Berichte, 2013-2016, <a href="http://www.its-ch.ch/schwerpunktthemen/berichte/">http://www.its-ch.ch/schwerpunktthemen/berichte/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Kleefoot 2014                | Kleefoot, M., „Mobilität – Das ist alles eine Frage der Einstellung“, Impact, Juni 2014, <a href="https://www.zhaw.ch/storage/engineering/institute-zentren/zpp/02-innovation-playground-and-development/medienberichte/bicar/2014-06-12-bicar-zpp-zhaw-Impact.pdf">https://www.zhaw.ch/storage/engineering/institute-zentren/zpp/02-innovation-playground-and-development/medienberichte/bicar/2014-06-12-bicar-zpp-zhaw-Impact.pdf</a>                                                                                                                                 |
| Kurzhanskiy and Varaiya 2010 | Kurzhanskiy A. and Varaiya P., "Active traffic management on road networks: a macroscopic approach", 2010, <a href="http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/368/1928/4607.full.pdf">http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/368/1928/4607.full.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kyriakidis et al. 2015       | Kyriakidis, M., Happee, R., & De Winter, J., "Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 32, 127–140, 2015, <a href="https://www.researchgate.net/publication/278744106_Public_opinion_on_automated_driving_Results_of_an_international_questionnaire_among_5000_respondents">https://www.researchgate.net/publication/278744106_Public_opinion_on_automated_driving_Results_of_an_international_questionnaire_among_5000_respondents</a> |
| Lärm.ch                      | Lärm.ch, Cercle Bruit Schweiz, <a href="http://www.laerm.ch/de/laerm-und-ruhe/leiser-mobil-sein/leise-autos/leise-autos.html">http://www.laerm.ch/de/laerm-und-ruhe/leiser-mobil-sein/leise-autos/leise-autos.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lemmer 2014               | K. Lemmer: Einführungsvortrag „Autonomes Fahren“, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Institut für Verkehrssystemtechnik, April 2014, <a href="http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles_Presse/Dossiers/Dossier_Mobilitaet/Akademietag_2014/acatech-Akademietag_Vortrag_Lemmer.pdf">http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles_Presse/Dossiers/Dossier_Mobilitaet/Akademietag_2014/acatech-Akademietag_Vortrag_Lemmer.pdf</a> |
| Majumdar 2015             | Nivedit Majumdar, "Look, No Hands! – Discussing the Impact of Driverless Vehicles" (Blog), 4. Juni 2015, <a href="http://emberify.com/blog/look-no-hands-discussing-the-impact-of-driverless-vehicles/">http://emberify.com/blog/look-no-hands-discussing-the-impact-of-driverless-vehicles/</a>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Maurer 2015               | Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner (Hrsg.): „Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte“, Springer Vieweg, Heidelberg, 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Menzel 2016               | Menzel, Stefan im Handelsblatt: „VW-Strategie nach dem Dieselgate, Volkswagen muss umbauen – auch in der Belegschaft“, 14. Juni 2016, <a href="http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/vw-strategie-nach-dem-dieselgate-volkswagen-muss-umbauen-auch-in-der-belegschaft/13729128.html">http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/vw-strategie-nach-dem-dieselgate-volkswagen-muss-umbauen-auch-in-der-belegschaft/13729128.html</a>                                                                                                |
| Meyer et al. 2016         | Meyer, J., H. Becker, P.M. Bösch and K.W. Axhausen, "Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland", Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich, Zurich 2016, <a href="https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/2016/ab1177.pdf">https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ivt/ivt-dam/vpl/reports/2016/ab1177.pdf</a>                                                                                                                            |
| Minx 2015                 | E. Minx, R. Dietrich: „Autonomes Fahren. Wo wir heute stehen und was noch zu tun ist“, Daimler und Benz Stiftung (Hrsg.) Piper Verlag GmbH, 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Mobilitätsakademie 2014   | Mobilitätsakademie: Medienmitteilung, „Zugeparkt: Parkraum in der Schweiz so knapp wie nirgends!“, 2014, <a href="http://www.mobilityacademy.ch/fileadmin/DATA_gemeinsam/Pressemitteilungen/MM_Parkplatz_DE.pdf">http://www.mobilityacademy.ch/fileadmin/DATA_gemeinsam/Pressemitteilungen/MM_Parkplatz_DE.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                   |
| nuTonomy 2017             | nuTonomy – Erfahrungsbericht Prof. E. Frazzoli, anlässlich der Tagung „Autonomes Fahren“ vom 31. Jan 2017, ETH Zürich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| PwC 2013                  | PricewaterhouseCoopers: "Look Mom, No Hands! Forging into a brave new (driverless) world", Autofacts February 2013, <a href="http://www.detroitchamber.com/wp-content/uploads/2012/09/AutofactsAnalystNoteUSFeb2013FINAL.pdf">http://www.detroitchamber.com/wp-content/uploads/2012/09/AutofactsAnalystNoteUSFeb2013FINAL.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                    |
| Riederer 2015             | Riederer, Markus: Presentation at EU ITS Conference, Session "Connectivity and automation: the odd couple", Brüssel, 24. April 2015, <a href="http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm">http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/2015-04-24-its-conference_en.htm</a>                                                                                                                                                                                                                                 |
| RWTH CERM                 | RWTH: CERM, Center for European Research on Mobility, <a href="http://www.cerm.rwth-aachen.de/images/CERM-Flyer_150dpi.pdf">http://www.cerm.rwth-aachen.de/images/CERM-Flyer_150dpi.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RWTH Konvoi 2009          | RWTH: Entwicklung und Untersuchung des Einsatzes von elektronisch gekoppelten Lkw-Konvois, 2009, <a href="https://www.ika.rwth-aachen.de/de/forschung/projekte/fahrerassistenz-und-fahrzeugfuehrung/1635-konvoi.html">https://www.ika.rwth-aachen.de/de/forschung/projekte/fahrerassistenz-und-fahrzeugfuehrung/1635-konvoi.html</a>                                                                                                                                                                                                                 |
| SAE Levels of Automation  | SAE Information Report, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems", SAE J3016_201401, 2014, <a href="http://standards.sae.org/j3016_201401/">http://standards.sae.org/j3016_201401/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| SBB                       | SBB, Zugsicherung ETCS, <a href="http://www.sbb.ch/sbb-konzern/ueber-die-sbb/die-sbb-bewegt-die-schweiz/die-sbb-und-ihre-kunden/die-sbb-und-die-sicherheit/zugsicherung-etcs.html">http://www.sbb.ch/sbb-konzern/ueber-die-sbb/die-sbb-bewegt-die-schweiz/die-sbb-und-ihre-kunden/die-sbb-und-die-sicherheit/zugsicherung-etcs.html</a>                                                                                                                                                                                                              |
| SCCER Mobility            | Swiss Competence Center for Energy Research, Efficient Technologies and Systems for Mobility (SCCER Mobility), <a href="http://www.sccer-mobility.ch">www.sccer-mobility.ch</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| SCCER 2016                | Forschungsprojekt „Integrated Assessment of Mobility Systems“ (B2), LAV ETH Zürich, im Rahmen SCCER Mobility                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Schmid et al. 2016        | A. Schmid, Th. Heße, F. Walther: „Automatisiertes Fahren – Was erwarten wir“, Studie der Bearing Point GmbH, Januar 2016, <a href="http://toolbox.bearingpoint.com/ecomaXL/files/BE_Studie_Autonomes_Fahren_2016_1.0-1.pdf">http://toolbox.bearingpoint.com/ecomaXL/files/BE_Studie_Autonomes_Fahren_2016_1.0-1.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                              |
| Shields 2013              | Shields, Russell T., "ITS Communication Technologies: Disaster is Looming", Presentation, ygom, 6. Februar 2013, ETSI ITS Workshop, Wien, <a href="http://docbox.etsi.org/Workshop/2013/201302_ITSWORKSHOP/S01_KEYNOTES/YGOMI_SHIELDS.pdf">http://docbox.etsi.org/Workshop/2013/201302_ITSWORKSHOP/S01_KEYNOTES/YGOMI_SHIELDS.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                |
| Sivak und Schoettle 2015  | Sivak M, Schoettle B, "Road safety with self-driving vehicles: general limitations and road sharing with conventional vehicles", UMTRI, Report No. UMTRI-2015-2, 2015, <a href="https://pdfs.semanticscholar.org/955d/3fb2b869068cf452d13ce8a5305a3171046d.pdf">https://pdfs.semanticscholar.org/955d/3fb2b869068cf452d13ce8a5305a3171046d.pdf</a>                                                                                                                                                                                                   |
| Stefansdotter et al. 2015 | Amanda Stefansdotter, Carl von Utfall Danielsson, Dr Claus Kastberg Nielsen, Dr Eva Rytter Sunesen, "Economic benefits of peer-to-peer transport services", 2015, <a href="http://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Publication/publicationPDF/0/320/1441009386/economics-benefits-of-peer-to-peer-transport-services.pdf">http://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Publication/publicationPDF/0/320/1441009386/economics-benefits-of-peer-to-peer-transport-services.pdf</a>                                                        |
| TDM Encyclopedia          | TDM Encyclopedia: Rebound Effects, Implications for Transport Planning, 2014, <a href="http://www.vtpi.org/tdm/tdm64.htm">http://www.vtpi.org/tdm/tdm64.htm</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Transport Styrelsen 2014  | Transport Styrelsen, „Autonom körning“, Förstudie, TSG 2014-1316, 2014, <a href="https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/press/autonom_korning_forstudie.pdf">https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/press/autonom_korning_forstudie.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Über 2015                 | Business Insider, Jonathan Camhi, "Why Uber is pouring money into developing autonomous cars", 2015, <a href="http://www.businessinsider.com/why-uber-is-investing-in-autonomous-cars-2015-8?IR=T">http://www.businessinsider.com/why-uber-is-investing-in-autonomous-cars-2015-8?IR=T</a>                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| US DoT 2016       | Federal Automated Vehicles Policy, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), September 2016, <a href="https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016">https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016</a>   |
| Vienna Agreement  | Übereinkommen über den Strassenverkehr, abgeschlossen in Wien am 8. November 1968 (Stand am 19. September 2016), SR 0.741.10, <a href="https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19680244/">https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19680244/</a>                                                               |
| VÖV 2016          | VÖV-Fachtagung 'ÖV-Mobilität der Zukunft', 3./4. März 2016, Olten, <a href="https://www.voev.ch/de/Service/Agenda/Rueckblick/oev-mobilitaet">https://www.voev.ch/de/Service/Agenda/Rueckblick/oev-mobilitaet</a>                                                                                                                    |
| VRA Wiki          | VRA Wiki, the online catalogue of Vehicle and Road Automation activities and anyone can edit!, <a href="http://vra-net.eu/wiki/index.php?title=Main_Page">http://vra-net.eu/wiki/index.php?title=Main_Page</a>                                                                                                                      |
| Welt Audi 2015    | „Wir sind dicht dran am autonomen Auto“, Welt Online, 8. Januar 2015, Abschn. PS WELT, <a href="http://www.welt.de/motor/article136150252/Wir-sind-dicht-dran-am-autonomen-Auto.html">http://www.welt.de/motor/article136150252/Wir-sind-dicht-dran-am-autonomen-Auto.html</a>                                                      |
| Welt Daimler 2015 | „Daimler-Chef reagiert gelassen auf mögliches iCar“, Welt Online, 22. Februar 2015, Abschn. Wirtschaft, <a href="http://www.welt.de/wirtschaft/article137695488/Daimler-Chef-reagiert-gelassen-auf-moegliches-iCar.html">http://www.welt.de/wirtschaft/article137695488/Daimler-Chef-reagiert-gelassen-auf-moegliches-iCar.html</a> |

## 8 Anhang: Liste möglicher Forschungsthemen

| Nr. | A) Technik                                                                      | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Prio |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| A1  | Leistungsfähigere, kostenoptimierte<br>Fahrzeugsysteme und<br>Systemkomponenten | a) Sensoren und Umfelderkennung<br>b) Situationsawareness und –prognose<br>c) Kommunikationseinrichtungen<br>d) Künstliche Intelligenz im Fahrzeug<br>e) Funktionsabsicherung beim Ausfall von Teilsystemen                                                                                                                                                                                                                                            | 3    |
| A2  | Systementscheide und technologische<br>Aspekte automatisierter Fahrzeuge        | a) Wie sollen automatisierte Fahrzeuge miteinander und mit der Infrastruktur kommunizieren?<br>b) Wie soll die dazu nötige virtuelle Infrastruktur aufgebaut sein? Soll die Strasse „intelligenter“ werden oder soll die „intelligente Mobilität“ primär fahrzeuggestützt ermöglicht werden?                                                                                                                                                           | 3    |
| A3  | Sicherheit gegen Manipulationen                                                 | a) Mögliche Angriffsszenarien, deren Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeit<br>b) Wie kann das Gesamtsystem dauerhaft (über Dekaden) gegen Angriffe geschützt werden?<br>c) Mindeststandards gegen Manipulationen für die einzelnen Sub-Systeme<br>d) Tests und Nachweise<br>e) Verantwortlichkeiten (z.B. für Kryptographie)                                                                                                                    | 2    |
| A4  | Potential automatisierter Fahrzeuge zur<br>Verbesserung der Verkehrssicherheit  | a) Untersuchungen, wie sich bei der Einführung automatisierter Fahrzeuge das Unfallrisiko für Nutzer der automatisierten und herkömmlichen Fahrzeuge sowie anderer Verkehrsteilnehmer darstellt und<br>b) mit welchen Massnahmen es sich verringern lässt.                                                                                                                                                                                             | 2    |
| A5  | Relevante internationale Standardisierung<br>und nationale Standards in CH      | a) Beobachtung und Bewertung internationaler Standardisierungsaktivitäten im Bereich automatisiertes und vernetztes Fahren bezüglich Fahrzeug und Infrastruktur<br>b) Festlegung der Beiträge und Zielsetzungen aus Schweizer Sicht<br>c) Analyse der Notwendigkeit, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für mögliche nationale Anforderungen / Standards für Fahrzeuge und Infrastruktureinrichtungen, die in der Schweiz betrieben werden. | 2    |
| A6  | Verträglichkeit / Behaglichkeit<br>automatisiertes ‚Gefahren-werden‘            | a) Welche Trassierungselemente muss eine Strasse aufweisen, damit die Fahrt für die Insassen verträglich ist / damit den Insassen nicht übel wird?<br>b) Welche geschwindigkeitsmässige Unstetigkeit (Längs-Beschleunigungen) erträgt der Insasse?                                                                                                                                                                                                     | 3    |
| A7  | Subjektive Sicherheit der Nutzer                                                | a) Mit welchen aktiven und passiven Sicherheitsmerkmalen wird eine hohe subjektive Sicherheit der Insassen erreicht?<br>b) Welches Geschwindigkeitsniveau vermittelt eine hohe subjektive Sicherheit?<br>c) Welcher Abstand zum Vor-Fahrzeug im Verhältnis zur Fahrgeschwindigkeit vermittelt eine genügende subjektive Sicherheit?<br>d) Welcher optische Eindruck (Mitschauen oder bewusst nichts sehen) vermittelt eine hohe subjektive Sicherheit? | 3    |

| Nr.   | A) Technik                                                                | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Prio |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| A8    | System zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand            | a) Wie wird der sichere Zustand definiert<br>b) Welche technischen Anforderungen stellen sich<br>c) Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2    |
| <hr/> |                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |
| Nr.   | B Interaktion von Mensch und Maschine (MMI)                               | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Prio |
| B1    | Verhalten von Nutzern (Fahrer und Passagieren) während der Fahrt          | a) Verhalten in Fahrzeugen mit Automatisierung Level 1-3, daraus resultierende Sicherheitsrisiken und mögliche Massnahmen zur Vermeidung<br>b) Dto. in voll-automatisierten Fahrzeugen<br>c) Grenzen der menschlichen Leistungsfähigkeit                                                                                                                                                                                                                                                      | 2    |
| B2    | Gestaltung des MMI für automatisierte Fahrzeuge                           | a) MMI für teilautomatisierte Fahrzeuge<br>b) MMI für hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge<br>c) Notwendigkeiten für eine gesetzliche Harmonisierung zur Vermeidung von Missverständnissen                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3    |
| B3    | Reaktionen anderer Verkehrsteilnehmer auf automatisierte Fahrzeuge        | a) Reaktionen und Einfluss auf die Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss<br>b) Gestaltungsmöglichkeiten zur Vermeidung von Sicherheitsrisiken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2    |
| B4    | „Kommunikation“ automatisierter Fahrzeuge mit anderen Verkehrsteilnehmern | a) Andere automatisierte Fahrzeuge<br>b) Klassische Fahrzeuge ohne Automatisierung<br>c) Motorradfahrer<br>d) Velofahrer<br>e) Fussgänger<br>f) Sonstige                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2    |
| B5    | Seniorenmobilität                                                         | a) Welche Defizite sind bei Senioren vorhanden<br>b) Welche Assistenzsysteme könnten Defizite kompensieren<br>c) Wie kann die Entwicklung von seniorenunterstützenden Systemen gefördert werden<br>d) Kann man sich bei derartigen Systemen, die den Senior bloss unterstützen, ihm die Fahraufgabe/-verantwortung nicht abnehmen, mit geringeren Anforderungen betr. Sicherheit und Zuverlässigkeit begnügen als bei Systemen, die dem Führer die Fahraufgabe/-verantwortung abnehmen sollen | 2    |
| B6    | Interaktion Polizei und Fahrzeug                                          | a) Wie müssen polizeiliche Handzeichen übermittelt werden, Anforderungen an Fahrzeug bezüglich Zeichenerkennung (Vernetzungslösung?)<br>b) Wie müssen die besonderen Warnsignale übermittelt werden, Anforderungen an Fahrzeug bezüglich Zeichenerkennung (Vernetzungslösung?)<br>c) Wie wird bei einer allfälligen Vernetzungslösung die Cybersecurity gewährleistet                                                                                                                         | 2    |

| Nr. | C) Markt und Angebot                                                                                                                              | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Prio |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| C1  | Entwicklung des Marktes, Feldbestandes und Nutzungsszenarios für automatisierte Fahrzeuge in der Schweiz                                          | a) Prognostiziertes <b>Angebot</b> an automatisierten Fahrzeugen für den Personen- und/oder Gütertransport in der Schweiz in den Jahren 2020 bis 2040 differenziert nach Automatisierungsgrad und Anwendungsfällen.<br>b) Zulässige Einsatzbedingungen für die unterschiedlichen <b>Anwendungsfälle</b> unter a), bei denen ein sicherer Betrieb im automatisierten Modus erwartet werden kann, dargestellt über die Zeitachse von 2020 bis 2040. Betrachtet werden sollen insbesondere die zulässigen Umweltbedingungen, notwendige Anforderungen an die Strassen, strassenseitige Infrastruktur und Kommunikations- / bzw. Datenübertragungsnetze sowie die Möglichkeiten und Einschränkungen im Mischbetrieb mit anderen Verkehrsteilnehmern.<br>c) Voraussichtliche Entwicklung der <b>Nachfrage</b> nach automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen, den erwarteten Verkaufszahlen nach Automatisierungsgrad und Anwendungsfall. Hier ist auch zu betrachten, ob und welche Fahrzeugtypen vorwiegend privat gekauft und persönlich / individuell genutzt werden oder als Teil einer gemeinsam genutzten Fahrzeugflotte eingesetzt werden.<br>d) Entwicklung des <b>Fahrzeugbestandes</b> in der Schweiz in den Jahren 2020 bis 2040 differenziert nach Automatisierungsgrad und möglichen Anwendungsfällen auf Basis der Prognosen gemäss c).<br>e) <b>Nutzungsszenario</b> automatisierter Fahrzeuge im Privatbesitz und in Flotten mit gemeinschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten ohne und mit lenkenden staatlichen Eingriffen als Grundlage für die Berechnung des zu erwartenden Verkehrsaufkommens und die Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur.<br>f) <b>Auswirkungen</b> automatisierter Strassenfahrzeuge auf das Leistungsangebot der anderen Verkehrsträger im Personen- und Güterverkehr | 1    |
| C2  | Einfluss der Digitalisierung und der darauf beruhende Geschäftsmodelle auf das Mobilitätsangebot im Zusammenwirken mit automatisierten Fahrzeugen | a) Prognostizierte Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung der Verkehrsträger hinsichtlich Betriebs- und Nutzungskonzepte, Mobilitätsdienstleistungsangeboten und Nutzerverhalten<br>b) Konzept einer ausgewogenen Balance zwischen privaten Anbietern und kommunalen/kantonalen und staatlichen Behörden bezüglich 1) der Erfassung, Speicherung und Analyse von verkehrsbezogenen Daten und 2) Eingriffen zur Nachfrage und Verkehrssteuerung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2    |
| Nr. | (D) Betrieb und Infrastruktur                                                                                                                     | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Prio |
| D1  | Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung unterschiedlicher Anteile automatisierter Fahrzeuge am Verkehrsaufkommen      | a) Parameter für die Modellierung des Verhaltens und der Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge im Verkehrsgeschehen<br>b) Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur bei unterschiedlichen Arten und Anteilen automatisierter Fahrzeuge<br>c) Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur bei unterschiedlichen Anwendungen automatisierter Fahrzeuge und Umweltbedingungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2    |
| D2  | Betriebskosten automatisierter Fahrzeuge                                                                                                          | a) Betriebskosten der unterschiedlichen Konzepte im Personentransport<br>b) Betriebskosten der unterschiedlichen Konzepte im Gütertransport unter Berücksichtigung möglicher Einsparpotentiale (Fahrer (auch bei Taxis), Standzeiten durch die EG-Sozialvorschriften, Verlegung der Fahrten in die Nachtzeiten mit geringeren Strassenbenutzungsgebühren und einen 24/7 Betrieb)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2    |
| D3  | Verkehrliche Auswirkungen                                                                                                                         | a) Prognosen der Verkehrsentwicklung unter Berücksichtigung der Mobilitätsnachfrage, der Wahl unterschiedlicher Verkehrsträger und unterschiedlicher Konzepte automatisierter FZ<br>b) Mögliche Verschiebungen im Modalsplitt<br>c) Auswirkungen für den Parkplatzsuch- und ruhenden Verkehr inkl. möglicher Rebound-Effekte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2    |

| Nr. | (D) Betrieb und Infrastruktur                                                                                                                                                                                                                          | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Prio |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| D4  | Kosten pro km / pro Stunde / pro Ladung / Gewicht für den Nutzer automatisierter Fahrzeuge                                                                                                                                                             | a) Quantifizierung der Möglichkeiten zur Quersubventionierung (z.B. Werbung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2    |
| D5  | Vernetzte Mobilität und Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge auf den ÖV                                                                                                                                                                              | a) Wie könnte das betriebliche Zusammenspiel von automatisierten Fahrzeugen mit dem ÖV aussehen?<br>b) Chancen und Risiken für Nutzer und Betreiber                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2    |
| D6  | Herausforderungen und Lösungen für den Mischverkehr von manuell gesteuerten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern mit automatisierten und vernetzten Fahrzeugen unterschiedlicher Ausrüstungslevel auf einer einheitlichen Strassen-Infrastruktur | a) Wahrscheinliches Migrationsszenario heutiger Fahrzeug- und Mobilitätsangebote in der Schweiz in Richtung automatisierter, vernetzter und intelligent genutzter Strassenfahrzeuge<br>b) Notwendige Massnahmen, die in jedem Zeitraum des wahrscheinlichen Migrationsszenarios einen sicheren Strassenverkehr für alle Verkehrsteilnehmer gewährleisten.<br>c) Flankierende Massnahmen zur Optimierung der Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur im Hinblick auf den Mischbetrieb unterschiedlicher Fahrzeug- und Nutzungskonzepte, Automatisierungs- und Vernetzungsgrad unter Berücksichtigung des Migrationsszenarios | 1    |
| D7  | Massnahmen im Bereich der Strasseninfrastruktur                                                                                                                                                                                                        | a) Welche konkreten baulichen und betrieblichen Massnahmen sind vorzusehen, damit die Strassen- respektive die Verkehrsinfrastruktur für die Zukunft gewappnet ist? Welche bestehenden Konzepte müssen angepasst werden? Für welche Bereiche sind neue Vorgaben zu erstellen?<br>b) Rollenverteilung und Verantwortung zwischen privaten Stakeholdern und der öffentlichen Hand                                                                                                                                                                                                                                                  | 2    |
| D8  | Geometrie / Trassierung                                                                                                                                                                                                                                | a) Sind beim automatisierten Fahren die heutigen Trassierungselemente (Klothoiden, Radien) noch sinnvoll?<br>b) Sind beim automatisierten Fahren die heutigen Knotenformen (Kreisel) noch sinnvoll?<br>c) Wie könnte das geometrische Normalprofil für automatisiertes Fahren vereinfacht werden?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3    |
| D9  | Ausrüstung Fahrbahn                                                                                                                                                                                                                                    | a) Welche Bedeutung wird bei automatisiertem Fahren die Ausrüstung der Fahrbahn haben?<br>b) Auf welche Ausrüstungen (z.B. Beleuchtung, Signalisation) könnte bei automatisiertem Fahren verzichtet werden?<br>c) Auf welche Sicherheits-Einrichtungen (z.B. Leitplanken) könnte bei automatisiertem Fahren verzichtet werden?<br>d) Welche Absicherung des Streckenraums ist bei automatisiertem Fahren nötig?                                                                                                                                                                                                                  | 2    |
| D10 | Optimierungspotentiale für die Verkehrssteuerung und das Verkehrsmanagement durch die Einführung automatisierter und vernetzter Fahrzeuge und sinnvolle Rollenverteilung zwischen privaten und staatlichen Akteuren                                    | a) Möglichkeiten einer optimierten Verkehrssteuerung /Verkehrsmanagement unter Einbeziehung der technologischen Möglichkeiten automatisierter Fahrzeuge<br>b) Definition einer optimalen Rollen- und Aufgabenverteilung, im Hinblick auf die Zielsetzungen des Bundes, zwischen privaten Stakeholdern und den städtischen, kantonalen und Bundes-Behörden. Analyse der damit verbundenen technologischen, finanziellen, politischen, rechtlichen und organisatorischen Herausforderungen<br>c) Bewertung möglicher Umsetzungsstrategien                                                                                          | 1    |
| D11 | Anforderungen an die Infrastruktur zur Betankung/ zum Laden automatisierter Fahrzeuge                                                                                                                                                                  | a) Welchen Energiebedarf (Art und Menge) haben zukünftige Fahrzeuge?<br>b) Notwendige Anzahl und Standorte von Ladestationen<br>c) Technische Ausgestaltung und Sicherheitsmassnahmen<br>d) Finanzbedarf privater und der öffentlichen Hand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3    |

| Nr. | (E) Umwelt, Raum- und Städteplanung                                                                                                                 | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prio |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| E1  | Welchen Beitrag kann das automatisierte und vernetzte Fahren zur Erreichung städteplanerischer Ziele in der Schweiz mittel und langfristig leisten? | a) Parkplätze und Parkraummanagement unter Berücksichtigung der Möglichkeiten und Nutzungsszenarien von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsstufen. Quantifizierung des Einflusses unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Migrationsszenarios. Konzepte für ein übergreifendes Parkraummanagement z.B. zur Vermeidung zusätzlichen Verkehrsaufkommens und der Umnutzung bestehender Flächen.<br>b) Auswirkungen auf die Schnittstelle Trottoir – Strasse<br>c) Wie kann die Städteplanung auf die Möglichkeiten automatisierter Fahrzeuge und ein möglicherweise geändertes Nutzungsverhalten reagieren?                                                                                                                                                                                                            | 2    |
| E2  | Welchen Beitrag kann das automatisierte und vernetzte Fahren zur Erreichung raumplanerischer Ziele in der Schweiz mittel und langfristig leisten?   | a) Chancen und Risiken automatisierter und vernetzter Fahrzeuge für die raumplanerischen Zielsetzung in der Schweiz<br>b) Sind die vorhandenen raumplanerischen Instrumente von Bund und Kantone genügend robust gegenüber den Möglichkeiten automatisierter Fahrzeuge und geänderten Nutzungsverhalten, bzw. welche Instrumente müssen geschärft oder neu geschaffen werden?<br>c) Welche Kombination von automatisiertem Fahren mit ÖV wäre zielführend? Wie wäre dieser betrieblich zu organisieren?<br>d) Bewertung möglicher konkreter Schritte über die Zeitachse                                                                                                                                                                                                                                                               | 1    |
| E3  | Welchen Beitrag kann das automatisierte und vernetzte Fahren zur Erreichung umweltpolitischer Ziele in der Schweiz mittel und langfristig leisten?  | a) Chancen und Risiken automatisierter und vernetzter Fahrzeuge für die umweltschutzbezogenen Ziele in der Schweiz und Quantifizierung der Auswirkungen unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Migrationsszenarios.<br>b) Sind besondere Regelungen für<br>c) Wäre eine Reglementierung der Antriebsform automatisierter Fahrzeuge erforderlich?<br>d) Welchen Energie-bedarf bewirken vollelektrische automatisierte Fahrzeuge<br>e) Wie könnte die Schweiz diesen zusätzlichen Energiebedarf decken?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3    |
| E4  | CO2-Bilanz                                                                                                                                          | a) Wäre bei automatisierten Fahrzeuge eine Reglementierung hinsichtlich CO2-armen Antriebsformen erforderlich?<br>b) Welche CO2-Bilanz bewirken automatisierte Fahrzeuge?<br>c) Welche CO2-Bilanz ergäbe sich aus dem Energiemix für den zusätzlichen Energiebedarf für automatisierte Fahrzeuge?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3    |
| Nr. | (F) Gesellschaft, Wirtschaft und Politik                                                                                                            | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prio |
| F1  | Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft im Hinblick auf die Automatisierung, Digitalisierung und Elektrifizierung der Fahrzeuge               | a) Chancen und Risiken für die Schweizer Unternehmen, die direkt oder indirekt als Hersteller, Zulieferer und Anbieter automatisierter, vernetzter Fahrzeuge, Infrastruktureinrichtungen oder IT-Lösungen tätig sind.<br>b) Chancen und Risiken für die Schweizer Unternehmen im Personen- oder Gütertransport, sowie involvierte Dienstleister und Betreiber. Mögliche flankierende betriebliche und politische / gesetzliche Massnahmen.<br>c) Massnahmen zur Stärkung des Forschungsstandortes Schweiz im Bereich der Automatisierung, Digitalisierung und Elektrifizierung der Fahrzeuge bez. deren Nutzung<br>d) Auswirkungen auf den Wirtschaftsstandort Schweiz (sonstige Industrie / Dienstleistungen) bei unterschiedlichen Einführungsszenarien automatisierter Fahrzeuge unter Berücksichtigung der weltweiten Entwicklung | 2    |

| Nr. | (F) Gesellschaft, Wirtschaft und Politik                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Prio |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| F2  | Gesellschaftliche Einstellungen und Erwartungen zum automatisierten Fahren. Wertesystem und Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge in der Gesellschaft (als Anwender/Nutzer, als anderer Verkehrsteilnehmer, als Bürger, ..) sowie Faktoren und mögliche Massnahmen, die die Akzeptanz positiv oder negativ beeinflussen können. | a) Akzeptanz geteilter Fahrzeugnutzung (Carsharing, MaaS, mehrere Personen in einem Fahrzeug, ...)<br>b) Untersuchung der Wirksamkeit möglicher begleitender Massnahmen, die die gesellschaftliche Haltung im Sinne der politischen Zielsetzungen beeinflussen können<br>c) Ethik der Datenbewirtschaftung. Welche Regeln sollen in der Schweiz gelten für den Umgang mit den Daten, die beim Betrieb automatisierter und vernetzter Fahrzeuge anfallen (z.B. im Fahrzeug, beim Betreiber, Dienstleistern, Infrastruktureinrichtungen, ...)<br>d) Ethik der Verantwortung und Ethik der Entscheidungen<br>e) Welches Sicherheitsniveau müssen automatisierte Fahrzeuge erreichen, damit die Entlastung des Führers von der Gesellschaft unterstützt wird | 1    |
| F3  | Wo und in welchem Ausmass kann die Gesellschaft von automatisierten Fahrzeugen profitieren und wie wahrscheinlich lassen sich die erwarteten Ergebnisse auch erzielen?                                                                                                                                                        | a) Chancen und Risikenbetrachtung für die Gesellschaft und spezielle Gruppen? Wer gehört in welchem Ausmass zu den Verlierern? Wer zu den Gewinnern? Welche Massnahmen können die negativen Auswirkungen für bestimmte Gruppen abfedern?<br>b) Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt<br>c) Chancen für die Seniorenmobilität und Behindertengleichstellung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1    |
| F4  | Politische Zielsetzungen und Handlungsoptionen (siehe Bericht Oberholzer / Leutenegger)                                                                                                                                                                                                                                       | a) Formulierung der strategischen Zielsetzung der Schweiz bezogen auf automatisierte Fahrzeuge (Handlungsleitfaden)<br>b) Masterplan der geplanten Massnahmen<br>c) Kommunikations- und Informationsmassnahmen<br>d) Entwicklung den Marktkräften überlassen oder steuernd eingreifen?<br>e) Identifikation der Rolle und Spielräume des Bundes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2    |
| Nr. | (G) Recht                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Prio |
| G1  | Herausforderungen und Lösungsansätze im internationalen Rechtssystem                                                                                                                                                                                                                                                          | a) Genfer und Wiener Vereinbarung<br>b) UNECE WP 29 Vorschriften<br>c) EU Richtlinien und Verordnungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3    |
| G2  | Herausforderungen und Lösungsansätze im Schweizer Strafrecht                                                                                                                                                                                                                                                                  | a) Wer wird bestraft, wenn etwas schiefgeht?<br>b) Welche Sorgfaltspflichten muss wer in der gesamten Kette einhalten?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3    |
| G3  | Herausforderungen und Lösungsansätze im Schweizer Zivilrecht                                                                                                                                                                                                                                                                  | a) Wer haftet bei Unfällen?<br>b) Wie lässt sich das Haftungsrisiko versichern?<br>c) Fehlerhafte Infrastruktureinrichtungen, Geodaten, Verkehrsinformationen, u.a. als Unfallursache                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2    |
| G4  | Grundlagen für den Betrieb automatisierter Fahrzeuge in MaaS Flotten                                                                                                                                                                                                                                                          | a) Technische und organisatorische Mindestanforderungen<br>b) Genehmigungsgrundlagen und Genehmigungsprozesse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3    |

| Nr. | (G) Recht                                                                                                                                                                                 | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prio |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| G5  | Grundlagen für die Validierung und Zulassung automatisierter Fahrzeuge und kooperativer Systeme einschliesslich Systeme der Verkehrsinfrastruktur in der Schweiz                          | a) Rechtliche Grundlangen und Anforderungen für Pilotversuche auf öffentlichen Strassen<br>b) Prüf- und Zulassungsbestimmungen für lokale Anwendungen zum Nachweis der Betriebssicherheit für definierte Szenarien<br>c) FZ mit internationaler Bauartgenehmigung, bzw. „Self Certification“ nach amerikanischer Praxis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2    |
| G6  | Rechtsvorschriften für den Zugriff auf und die Nutzung von Daten, die beim Betrieb automatisierter Fahrzeuge anfallen. Wo ist das geltende Recht ausreichend und wo besteht Reformbedarf? | a) Grundlagen: Welche Daten werden beim Betrieb automatisierter bzw. vernetzter Fahrzeuge generiert und wo werden sie wie in welchem Umfang gespeichert? Wie kann (technisch) auf diese Daten zugegriffen werden?<br>b) Wem gehören die Daten und die darin enthaltenen Informationen? Wer darf solche Daten einsehen und wer darf sie wirtschaftlich nutzen? Sollen alle oder ausgewählte Daten allen zur Verfügung stehen, die ein legitimes Interesse geltend machen und was wäre ein legitimes Interesse?<br>c) Anwendbarkeit und Praktikabilität der Vorschriften zum Schutz personenbezogener Daten.<br>d) Rechtsgrundlagen für Kontrolle, Unfallanalyse und Enforcement durch die Behörden. Welche Daten werden (müssen) gespeichert werden. Wer kann wie (technisch / organisatorisch) auf welcher Rechtsgrundlage darauf zugreifen? | 1    |
| G7  | Rechtliche Möglichkeiten zum erweiterten Schutz gegen Missbrauch automatisierter Fahrzeuge                                                                                                | a) Grundlagen: Welche technischen Möglichkeiten bestehen, um den bestimmungswidrigen Missbrauch automatisierter Fahrzeuge zu erkennen und zu verhindern?<br>b) Mögliche Rechtsvorschriften zum erweiterten Schutz gegen Missbrauch (Terrorismusabwehr)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3    |
| G8  | Rechtliche Grundlagen für das automatisierte Fahren in der Schweiz                                                                                                                        | a) Bereiche die nicht geregelt sind bzw. eine Anpassung der (Verkehrs-) Regeln im nationalen und/oder internationalen Recht erfordern, inkl. Bewertung der Optionen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsregeln</li> <li>• Fahrzeugseitige Zulassungsvoraussetzungen und deren Nachweis</li> <li>• Zulassungsvoraussetzungen für Betreibermodelle und deren Nachweis</li> <li>• Umgang mit selbstlernenden Algorithmen sowie Updates von Software und Sicherheitselementen inkl. deren Test- und Abnahmen</li> <li>• Regelungen für nicht automatisierte Fahrzeuge und andere Verkehrsteilnehmer im Umgang mit AV</li> <li>• Haftungsfragen und Versicherung</li> <li>• Beweissicherung bei Verstössen und Unfällen</li> <li>• Fahreignung und Führerschein</li> </ul>                                                          | 3    |
| Nr. | (H) Finanzen                                                                                                                                                                              | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prio |
| H1  | Auswirkungen auf die Finanzierungsgrundlagen der Infrastruktur                                                                                                                            | a) Kostenabschätzungen für die Ertüchtigung der Verkehrsinfrastruktur<br>b) Auswirkungen der (neuer) Nutzungsmodelle automatisierter (elektrischer) Fahrzeuge auf der Einnahmeseite<br>c) Zahlungsbereitschaft der Nutzer bei verminderter emotionaler Bindung zum Transportvehikel<br>d) Auswirkungen sonstiger verkehrspolitischer Entscheidungen (z.B. Mobility-Pricing)<br>e) Optionen in Abhängigkeit der Rollenverteilung zwischen privaten und öffentlichen Stakeholdern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2    |

| Nr. | (H) Finanzen | Sub-Themen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Prio |
|-----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| H2  | Tarife       | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Werden für automatisiertes Fahren Vorgaben hinsichtlich Tarifierung gemacht, oder wird die Nutzung und Bezahlung von automatisierten Fahrzeugen den Marktmechanismen überlassen?</li> <li>b) Wie müssten die Tariflandschaften des ÖV angepasst werden? Wäre dies von Seite Bund zu regeln?</li> <li>c) Welche Trassenpreis-Regelungen gelten für Anbieter autonomer Fahrdienste?</li> </ul> | 2    |

# Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 22.06.2017

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: ATRA 2015/004

Projekttitel: Automatisiertes Fahren; Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs

Enddatum: 21.06.2017

#### Texte

##### Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die Technologien der Automatisierung und Digitalisierung des Verkehrs entwickeln sich rasch und haben das Potential, unsere Mobilität stark zu verändern. Die Entwicklungen hin zu hochautomatisierten Fahrzeugen und zu neuen kommerziellen Mobilitätsangeboten bieten Chancen, Mobilitätsdienstleistungen kostengünstiger und für alle verfügbarer zu machen, drängende Probleme des Verkehrs zu lösen und einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen zu ermöglichen. Diesen Chancen stehen – vor allem wenn die Entwicklung ungesteuert verläuft – auch bedeutende Risiken gegenüber. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verkehrsnachfrage durch die neuen Angebote in Zukunft stark steigen wird. Die Auswirkungen dieser gesteigerten Nachfrage werden stark von der Ausgestaltung des künftigen Verkehrssystems sowie vom Verhalten der Konsumenten abhängen.

Der Verkehr der Zukunft lässt sich heute erst in Umrissen erahnen. Grundsätzliche Fragen zu Technik, Betrieb und Infrastruktur, zu Angebot und Nutzerverhalten, zu Umwelt- und Raumplanungsaspekten, zu den Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft und nicht zuletzt bezüglich Sicherheit, Ethik und Recht lassen sich noch nicht zufriedenstellend beantworten und zumeist ist schwer zu beurteilen, welche Fragen überhaupt wesentlich sind. Als gesichert kann jedenfalls gelten, dass automatisiertes Fahren kommen wird, das „Wann“ und „Wie“ sind hingegen noch weitgehend offen und bezüglich vieler Aspekte beeinflussbar.

Im Dezember 2016 hat der Bundesrat den Bericht „Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen“ veröffentlicht. Der Bericht breitet das Thema aus Schweizer Sicht aus und identifiziert die wesentlichen Aspekte der Entwicklung. Der Bundesrat konstatiert zusammenfassend, dass zentrale Aspekte der Entwicklung noch weitgehend offen und derzeit 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 sind. Das vorliegende Initialprojekt ist auf diesem Hintergrund zu sehen; es nimmt die gestellten Fragen auf, vertieft sie und konkretisiert den Forschungsbedarf um die im Bericht angerissenen zentralen Fragestellungen in einem geordneten Paket von Forschungsvorhaben aus Schweizer Sicht angehen zu können.

Das Forschungsprojekt analysiert mögliche Auswirkungen der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz, identifiziert die Lücken im heutigen Wissensstand und initiiert die nötigen Forschungsprojekte zur Schliessung der Wissenslücken durch Beschreibung von prioritären Teilprojekten. Die Ergebnisse des gesamten Forschungspaketes sollen für Politik, Behörden und relevante Stakeholder die Grundlagen schaffen, um sich angemessen auf die absehbare Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz vorbereiten und diese bei Bedarf auch proaktiv beeinflussen zu können.

Der Bericht beschränkt sich bei der Klärung des Forschungsbedarfs auf die Einführung automatisierter Strassenfahrzeuge. Dabei werden sowohl der Personen- als auch der Gütertransport betrachtet. Neben dem automatisierten Fahren werden auch die weiterreichenden Aspekte der Digitalisierung des Verkehrs einbezogen. Der Bericht konzentriert sich auf das künftige Verkehrssystem wenn hochautomatisiertes und fahrerloses Fahren einen wesentlichen Anteil am Verkehrsgeschehen hat und betrachtet Vorstufen dazu vorrangig nur aus Aspekten der Migration und der Koexistenz verschiedener Automatisierungsgrade.

Der Forschungsbedarf wurde erhoben, indem zunächst die vorhandene Literatur und bestehendes Wissen analysiert und relevante Fragestellungen extrahiert wurden. Als weiterer Ansatz wurden zwei Szenarien – eine wünschenswerte und eine ungünstige Entwicklung – gegenübergestellt. Aus den Unterschieden zwischen diesen Szenarien wurden jene Aspekte hervorgehoben, die Ansätze zu Forschungen bieten, um die Entwicklung positiv beeinflussen zu können. Diese Erkenntnisse wurden dann spezifisch aus schweizerischer Sicht betrachtet. Insbesondere wurde erhoben, wo Klärungs- oder Handlungsbedarf besteht, um eine künftige Entwicklung der Mobilität zu erreichen, die den politischen Zielen des Bundes entspricht. Der so gefundene Klärungsbedarf wurde tabellarisch als „long list“ möglicher Forschungsthemen dargestellt und schliesslich von der Begleitkommission anhand einer Liste von Beurteilungskriterien bewertet und im Konsens priorisiert. Das wesentlichste Kriterium war dabei die Relevanz für die Schweiz, also insbesondere Themen, die für die Schweiz spezifische Aspekte umfassen und wo die öffentliche Hand auch entsprechende Handlungsspielräume hat.

Als Ergebnis wurde ein Forschungspaket mit 6 verschiedenen Teilprojekten identifiziert, welches möglichst rasch lanciert werden soll.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

#### Zielerreichung:

Ziel des Forschungsinitialisierungsprojektes war es die möglichen Auswirkungen aus der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz zu analysieren, die Lücken beim heutigen Wissensstand zu identifizieren und die nötigen Forschungsprojekte zur Schliessung dieser Wissenslücken zu initiieren. Dies wurde mit dem vorliegenden Bericht zum Forschungsinitialisierungsprojekt erreicht. Als Ergebnisse wurde ein zusammenhängendes Forschungspaket definiert.  
Zum Abschluss des gesamten Forschungspaketes soll für Politik, Behörden und relevante Stakeholder die Grundlagen geschaffen sein, um sich angemessen auf die absehbare Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz vorzubereiten und diese bei Bedarf auch proaktiv beeinflussen zu können.

#### Folgerungen und Empfehlungen:

Die Begleitkommission hat folgende sechs Forschungsthemen als prioritär bewertet und empfiehlt, möglichst rasch folgende Forschungsprojekte zu lancieren.

1. Nutzungsszenarien und Auswirkungen:  
Darlegung der möglichen Nutzungsszenarien automatisierter vernetzter Strassenfahrzeuge, Beschreibung der wahrscheinlichen und anzustrebenden Nutzungen und deren relevanten Auswirkungen, Analyse, Synthese und Zusammenfassung des Forschungspaketes
2. Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Infrastrukturen:  
Quantifizierung der verkehrlichen Auswirkungen und deren Folgen für den Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen, Formulierung von Erkenntnissen und Handlungsempfehlungen zuhanden der zuständigen Behörden
3. Umgang mit Daten:  
Ermittlung des Datenumfanges, die aus dem automatisierten Fahren und möglichen Nutzungen entstehen, Einschätzung der strategischen Bedeutung dieser Daten und ihrer Nutzungsmöglichkeiten, künftige Rolle der öffentlichen Hand bei der Verkehrslenkung und -steuerung sowie Bedarf und Anforderungen an die digitale Infrastruktur
4. Neue Angebotsformen:  
Analyse und Beurteilung neuer Angebotsformen durch den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen sowie die weiteren Möglichkeiten der Digitalisierung in der Mobilität, Ermittlung der nötigen Rahmenbedingungen für die Einführung gewünschter neuer Angebotsformen sowie Ableitung von Handlungsempfehlungen für die relevanten Stakeholder
5. Mischverkehr (Nebeneinander unterschiedlicher Automatisierungsgrade sowie andere Verkehrsmittel):  
Ermittlung der betrieblichen und infrastrukturseitigen Anforderungen für den Mischverkehr von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen mit unterschiedlichem Ausrüstungsstand zusammen mit manuell gesteuerten Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern auf einer gemeinsamen Strasseninfrastruktur, Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Gewährleistung eines sicheren Strassenverkehrs sowie Ableitung von Handlungsempfehlungen für die relevanten Stakeholder
6. Raumplanerische Aspekte: Herausforderungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Hinblick auf die Erreichung der mittel- und langfristigen raumplanerischen Ziele in der Schweiz

Die Koordination der Teilprojekte erfolgt durch eine übergeordnete Gesamtprojektleitung.

#### Publikationen:

Es gibt bereits eine Vielzahl abgeschlossener und laufender Forschungsarbeiten zu spezifischen Aspekten des automatisierten Fahrens. Notwendige Untersuchungen, die den spezifischen Rahmenbedingungen in der Schweiz Rechnung tragen, werden durch diesen Bericht identifiziert.

#### Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Bosch

Vorname: Ralf

Amt, Firma, Institut: Rapp Trans AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

#### Beurteilung der Begleitkommission:

##### Beurteilung:

Das Ziel, die für die Schweiz erforderlichen Forschungsthemen im Bereich des automatisierten Fahrens zu identifizieren und daraus ein Forschungspaket abzuleiten, konnte mit dem vorliegenden Forschungsinitialisierungsprojekt vollständig erreicht werden. Es werden 6 verschiedene Teilprojekte zur weiteren Vertiefung vorgeschlagen, welche von einer übergeordneten Projektleitung koordiniert werden sollen.

##### Umsetzung:

Zur Feststellung der relevanten Forschungsthemen haben weitreichende Literaturrecherchen sowie Interviews der Forschungsstelle mit wesentlichen Stakeholdern als auch die zahlreichen Diskussionen in der Begleitkommission beigetragen. Die sich daraus ergebende grosse Bandbreite an möglichen Forschungsthemen stellte eine besondere Herausforderung dar. Insbesondere bei der Bewertung und Priorisierung der künftigen Forschungsprojekte kam daher der Begleitkommission eine bedeutende Rolle zu. Die Forschungsstelle strukturierte die unterschiedlichsten Bedürfnisse und Anforderungen gut und leitete daraus das vorgeschlagene Forschungspaket ab. Die Inhalte der 6 Teilprojekte werden grob beschrieben, sowie deren zeitliche und materielle Abhängigkeiten dargestellt. Die Teilprojekte sollen von einer Gesamtprojektleitung koordiniert werden.

##### weitergehender Forschungsbedarf:

Die im Initialprojekt vorgeschlagenen 6 Forschungsprojekte zuzüglich der übergeordneten Gesamtprojektleitung stellen die Empfehlung der Begleitkommission für die weiterführende erforderliche Forschungen zum Thema automatisiertes Fahren in der Schweiz dar.

##### Einfluss auf Normenwerk:

keiner

#### Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Pirkelbauer

Vorname: Sigrid

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen

#### Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:



## Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch) (*Forschung im Strassenwesen → Downloads → Formulare*) heruntergeladen werden.