

Automatisiertes Fahren in der Schweiz: Das Steuer aus der Hand geben?

Monograph**Author(s):**

Perret, Fabienne; Arnold, Tobias; Fischer, Remo; de Haan, Peter; Haefeli, Ueli

Publication date:

2020-02-26

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000401703>

Rights / license:

Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Keine Bearbeitung 2.5 Schweiz

Originally published in:

TA-Swiss 71/2020, <https://doi.org/10.3218/3996-2>



*Fabienne Perret, Tobias Arnold,
Remo Fischer, Peter de Haan, Ueli Haefeli*

**Automatisiertes Fahren
in der Schweiz: Das Steuer
aus der Hand geben?**

Liebe Leserin, lieber Leser

Wir freuen uns, dass Sie unsere Open-Access-Publikation heruntergeladen haben. Der vdf Hochschulverlag fördert Open Access aktiv und publiziert seit 2008 Gratis-eBooks in verschiedenen Fachbereichen:

[Übersicht Open-Access-Titel](#)

Möchten auch Sie Open Access publizieren?

Der vdf Hochschulverlag stellt Ihre Publikation u.a. im eigenen Webshop sowie der ETH-Research-Collection zum Download bereit!

Kontaktieren Sie uns unter verlag@vdf.ethz.ch

Gerne informieren wir Sie auch in Zukunft über unsere (Open-Access-)Publikationen in Ihrem Fachbereich.

[Newsletter abonnieren](#)

Auch Sie können Open Access unterstützen.

[Hier geht's zum Spenden-Button](#)

Herzlichen Dank!





Brunngasse 36
CH-3011 Bern
www.ta-swiss.ch

TA-SWISS 71/2020

*Fabienne Perret, Tobias Arnold,
Remo Fischer, Peter de Haan, Ueli Haefeli*

Automatisiertes Fahren in der Schweiz: Das Steuer aus der Hand geben?



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Dieses Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

This work is licensed under creative commons license
CC BY-NC-ND 2.5 CH.



Zitiervorschlag

Perret F., Arnold T., Fischer R., de Haan P., Haefeli U. (2020).
Automatisiertes Fahren in der Schweiz: Das Steuer aus der Hand geben?
In TA-SWISS Publikationsreihe (Hrsg.): TA 71/2020. Zürich: vdf

Danksagung

Das Projektteam dankt allen Personen, die sich Zeit genommen haben, uns für Interviews und die verschiedenen Teilnehmungsformate zur Verfügung zu stehen. Sie haben wichtige Grundlagen für die Studie geliefert. Ebenfalls danken wir TA-SWISS und allen Mitgliedern der Begleitgruppe für die konstruktive Zusammenarbeit, die anregenden Diskussionen und die wertvollen Rückmeldungen.

Coverabbildungen:

© Links: iStock.com/LeoPatrizi

© Rechts: iStock.com/4X-image

© 2020 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

ISBN 978-3-7281-3995-5 (Printausgabe)

Download open access:

ISBN 978-3-7281-3996-2 / DOI 10.3218/3996-2

www.vdf.ethz.ch

verlag@vdf.ethz.ch

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis.....	11
Zusammenfassung	13
Executive Summary.....	23
Résumé	32
Sintesi	43
1. Selbstfahrende Fahrzeuge in der Schweiz	53
1.1. Einleitung	53
1.1.1. Hintergrund der Studie	53
1.1.2. Ziele der Studie	55
1.1.3. Strategische Grundlagen des Bundes	57
1.2. Aktueller Stand des Wissens.....	58
1.2.1. Definitionen und Begriffe	59
1.2.2. Automatisierungsstufen und Fahrzeugzulassung	60
1.2.3. Entwicklung, Verbreitung und Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge	62
1.2.4. Rechtliche Grundlagen	65
1.2.5. Daten, IT, Datenschutz und Datensicherheit	67
1.2.6. Verkehrssicherheit.....	68
1.2.7. Auswirkungen auf Strassenkapazität, Leistungsfähigkeit und Ressourcen	70
1.2.8. Gesellschaft und Ethik.....	71
1.2.9. Wirtschaftliche Aspekte	72
1.2.10. Anwendungen im Personenverkehr	74

1.2.11. Anwendungen im Güterverkehr.....	75
1.3. Parallel laufende Forschungsarbeiten.....	77
2. Wie selbstfahrende Fahrzeuge in den Markt eindringen könnten ..	79
2.1. Nutzungsszenarien.....	79
2.1.1. Einleitung.....	79
2.1.2. Entwicklung der Nutzungsszenarien.....	81
2.1.3. Szenario 1: Stark individualisierte Nutzung.....	84
2.1.4. Szenario 2: Neue Angebote in Städten und Agglomerationen.....	86
2.1.5. Szenario 3: Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr.....	88
2.1.6. Gegenüberstellung der Szenarien.....	90
2.2. Andere Szenarien für die Schweiz.....	91
3. Was selbstfahrende Fahrzeuge in der Schweiz bewirken könnten	93
3.1. Mobilität heute.....	93
3.1.1. Verkehrsleistung: Anzahl Wege und Weglänge.....	93
3.1.2. Modal Split.....	95
3.1.3. Fahrleistung und Besetzungsgrad.....	96
3.1.4. Siedlungsstruktur.....	96
3.1.5. Energie, Ressourcen und Umwelt.....	98
3.1.6. Flächenbedarf.....	98
3.1.7. Datenbedarf.....	99
3.1.8. Verkehrssicherheit.....	99
3.1.9. Individuelle Mobilitätskosten.....	100
3.2. Entwicklungsziele.....	103
3.3. Auswirkungen selbstfahrender Fahrzeuge.....	105

3.3.1.	Szenario 1: Stark individualisierte Nutzung.....	105
3.3.2.	Szenario 2: Neue Angebote in Städten und Agglomerationen	108
3.3.3.	Szenario 3: Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr	111
3.3.4.	Übersicht	114
4.	Die Sicht von Laien auf automatisierte Fahrzeuge	115
4.1.	Ziele und Ablauf der Fokusgruppen	115
4.2.	Einstellungen der Laien vor der Fokusgruppe	117
4.3.	Diskussion zu den einzelnen Szenarien	120
4.3.1.	Szenario 1: «Stark individualisierte Nutzung».....	120
4.3.2.	Szenario 2: «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»	124
4.3.3.	Szenario 3: «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»	128
4.4.	Ethische und gesellschaftspolitische Fragen	131
4.5.	Fragen der Datensicherheit und des Datenschutzes	132
4.6.	Fazit.....	134
5.	Regulierungsansätze – die Sicht von Experten	139
5.1.	Ziele und Ablauf des Expertenworkshops.....	139
5.2.	Expertenstatements	142
5.3.	Regulierungsinstrumente	146
5.4.	Diskussion der Szenarien.....	151
5.4.1.	Szenario 1 «Stark individualisierte Nutzung».....	153
5.4.2.	Szenario 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»	154
5.4.3.	Szenario 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»	155
5.5.	Allgemeine Diskussion	156

5.5.1.	Sicherheitsaspekte	156
5.5.2.	Ethische Fragen	157
5.5.3.	Der Stellenwert des automatisierten Fahrens im Verkehrssystem	158
5.6.	Fazit.....	159
6.	Politischer Handlungsbedarf – die Sicht der Stakeholder	161
6.1.	Workshop mit Stakeholdern	161
6.2.	Handlungsbedarf: Bedeutung der verschiedenen Instrumente.....	163
6.2.1.	Ergebnisse Gruppe 1: «Wirtschaft»	165
6.2.2.	Ergebnisse Gruppe 2: «Verwaltung»	165
6.2.3.	Ergebnisse Gruppe 3: «Politik»	166
6.2.4.	Ergebnisse Gruppe 4: «Verbände»	167
6.2.5.	Überblick über alle Diskussionsgruppen	168
6.3.	Rollenverteilung zwischen Wirtschaft und Verwaltung.....	170
6.3.1.	Rolle des Bundes	170
6.3.2.	Rolle der Kantone, Städte und Gemeinden	171
6.3.3.	Rolle der Unternehmen	172
6.4.	Vorreiterrolle der Schweiz	173
6.5.	Fazit.....	174
7.	Schlussfolgerungen	179
7.1.	Sicht von Laien, Experten und Stakeholdern	179
7.2.	Beantwortung der Forschungsfragen	183
7.2.1.	Chancen und Risiken, Massnahmen gegen unerwünschte Effekte.....	183
7.2.2.	Optionen staatlicher Steuerung.....	185
7.2.3.	Datenmanagement.....	186
7.2.4.	Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen.....	188

7.3.	Weitere Erkenntnisse	189
7.3.1.	Sprachgebrauch	189
7.3.2.	Entwicklung der Verkehrssicherheit	190
7.3.3.	Mischverkehr als Herausforderung	191
7.3.4.	Verkehrsauswirkungsprüfung als Lösungsansatz.....	191
7.3.5.	Nutzen der Automatisierung.....	192
8.	Handlungsempfehlungen	193
8.1.	Zwingende Massnahmen	194
8.2.	Grundrichtungen des staatlichen Handelns	195
8.3.	Konkrete Handlungsempfehlungen	196
8.4.	Pilotversuche und Tests	202
8.5.	Forschungsvorschläge	203
8.5.1.	Interaktion Mensch–Maschine.....	204
8.5.2.	Verkehrssicherheit.....	204
8.5.3.	Beiträge an die Raum-, Energie- und Klimapolitik	205
A1	Factsheets	207
Factsheet 01:	Automatisierungsstufen	207
Factsheet 02:	Entwicklung, Verbreitung und Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge	212
Factsheet 03:	Rechtliche Grundlagen	220
Factsheet 04:	Daten, IT, Datenschutz und -sicherheit	230
Factsheet 05:	Sicherheit	239
Factsheet 06:	Auswirkungen auf Strassenkapazität und Leistungs- fähigkeit.....	246
Factsheet 07:	Ethik und Moral	253
Factsheet 08:	Wirtschaftliche Aspekte der Automatisierung im Verkehr.....	267

Factsheet 09: Anwendungen im Personenverkehr	278
Factsheet 10: Anwendungen im Güterverkehr	292
A2 Tabellarische Darstellung der Szenarien.....	303
Glossar.....	313
Literatur	319
Mitglieder der Begleitgruppe	327
Projektmanagement TA-SWISS	327

Abbildungsverzeichnis

Abb.:	Auswirkungen der Szenarien auf relevante Kenngrössen	16
Fig.:	Impacts of the scenarios on relevant parameters	26
Tab. :	Répercussions des scénarios sur les paramètres pertinents	35
Fig.:	Effetti degli scenari sui parametri rilevanti.....	46
Abb. 1:	Automatisierungsstufen nach SAE (eigene Darstellung).....	60
Abb. 2:	Visualisierung des Szenarios 1 «Stark individualisierte Nutzung» (eigene Darstellung).....	85
Abb. 3:	Visualisierung des Szenarios 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen» (eigene Darstellung)	87
Abb. 4:	Visualisierung des Szenarios 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr» (eigene Darstellung).....	89
Abb. 5:	Verkehrsleistungen im Personenverkehr (Quelle: BFS, 2018).....	94
Abb. 6:	Transportleistung im Güterverkehr (Quelle: BFS, 2018).....	95
Abb. 7:	Reisezeit 2011 mit dem MIV zu einer der sechs Kernstädte Zürich, Genf, Basel, Bern, Lugano, Lausanne (Quelle: ARE, 2019).....	97
Abb. 8:	Handlungsfelder und strategische Ziele des UVEK- Orientierungsrahmens 2040 (Quelle: ARE, 2017)	104
Abb. 9:	Visualisierung der verkehrlichen Auswirkungen im Szenario 1 (eigene Darstellung).....	106
Abb. 10:	Visualisierung der verkehrlichen Auswirkungen Szenario 2 (eigene Darstellung).....	109
Abb. 11:	Visualisierung der verkehrlichen Auswirkungen Szenario 3 (eigene Darstellung).....	112
Abb. 12:	Ergebnisse der Szenariendiskussion, grafische Aufbereitung eines Fotos am Expertenworkshop, 22.2.2019.....	152
Abb. 13:	Beurteilung der sieben Instrumente nach Wichtigkeit und Dringlichkeit.....	169

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Unterscheidung von zwei Zuständen im Szenarienbeschrieb	82
Tab. 2:	Übersicht der qualitativen Auswirkungen im Nutzungsszenario 1	107
Tab. 3:	Übersicht der qualitativen Auswirkungen im Nutzungsszenario 2	110
Tab. 4:	Übersicht der qualitativen Auswirkungen im Nutzungsszenario 3	113
Tab. 5:	Übersicht der qualitativen Auswirkungen der selbstfahrenden Fahrzeuge in den drei Nutzungsszenarien	114
Tab. 6:	Soziodemografische Merkmale der von Demoscope für die Fokusgruppen rekrutierten Personen.....	116
Tab. 7:	Einstellung zu selbstfahrenden Autos vor der Diskussion	118
Tab. 8:	Häufigste vor der Diskussion genannte positive und negative Punkte in Zusammenhang mit selbstfahrenden Autos..	119
Tab. 9:	Zentrale Charakteristika des Szenarios 1 «Stark individualisierte Nutzung»	121
Tab. 10:	Vor- und Nachteile von Szenario 1 aus Sicht der Fokusgruppen- Teilnehmenden (wichtigste Aspekte)	122
Tab. 11:	Zentrale Charakteristika des Szenarios 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen».....	124
Tab. 12:	Vor- und Nachteile von Szenario 2 aus Sicht der Teilnehmenden (wichtigste Aspekte)	126
Tab. 13:	Zentrale Charakteristika des Szenarios 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr».....	128
Tab. 14:	Vor- und Nachteile von Szenario 3 aus Sicht der Fokusgruppen- Teilnehmenden (wichtigste Aspekte)	130
Tab. 15:	Häufigste nach der Diskussion genannte Vorteile und Herausforderungen in Zusammenhang mit selbstfahrenden Autos ...	137
Tab. 16:	Teilnehmende am Expertenworkshop.....	141
Tab. 17:	Toolbox von Instrumenten zur Regulierung selbstfahrender Autos	148

Tab. 18: Teilnehmende am Stakeholderworkshop.....	162
Tab. 19: Kurzbeschreibung der im Workshop diskutierten Instrumente	164
Tab. 20: Übersicht und Detailbeschreibung der Handlungsempfehlungen und Zuordnung zur übergeordneten Handlungsoption	198
Tab. 21: Merkmale des Nutzungsszenarios «Stark individualisierte Nutzung»	303
Tab. 22: Merkmale des Nutzungsszenarios «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»	306
Tab. 23: Merkmale des Nutzungsszenarios «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»	310

Zusammenfassung

Selbstfahrende Fahrzeuge in der Schweiz

Das automatisierte Fahren hat das Potenzial, die Mobilität und den Verkehr von Personen und Gütern grundlegend zu verändern. Bereits heute sind teilautomatisierte Systeme im Verkehr zugelassen und auf dem Markt verfügbar. Deutliche Veränderungen werden aber mit den nächsten Automatisierungsstufen, den bedingt automatisierten und selbstfahrenden Fahrzeugen, und unter Annahme einer zunehmenden Vernetzung von Fahrzeugen erwartet. Solche hoch- und vollautomatisierten Fahrzeuge werden von Fahrzeugherstellern derzeit entwickelt. Je nach Experteneinschätzung sollen diese ab 2025 bis 2050 zugelassen werden und den Markt ab dann je nach angewendetem Szenario unterschiedlich rasch durchdringen.

Die Chancen des automatisierten Fahrens sollen die Risiken überwiegen. Zur Abschätzung der Chancen und Risiken für die Schweiz fehlen bisher weitgehend qualitative und quantitative Aussagen. Solche sind insbesondere aus Sicht der staatlichen Akteure von grosser Wichtigkeit, da unter anderem auch die Rolle des Staates zu definieren und die Aufgabenteilung zwischen öffentlicher Hand und der Privatwirtschaft zu regeln ist. Das Zeitfenster für grundlegende Entscheide ist heute offen, dürfte sich aber hinsichtlich der erwarteten zeitlichen Entwicklung bald schliessen. Von diesen Fragestellungen sind zahlreiche Fachgebiete betroffen: Neben rein technologischen Fragen ergeben sich auch zahlreiche Fragen zu Wirtschaft, Recht, Politik, Gesellschaft und Ethik.

Die vorliegende transdisziplinäre Technologiefolgenabschätzung soll eine Ausleordnung ermöglichen, auf deren Basis wichtige Aspekte des vernetzten und automatisierten Fahrens im Strassenverkehr aufgezeigt sowie die Chancen und Risiken des Technologieeinsatzes in der thematischen Breite diskutiert werden können. Darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen formuliert, um mit den richtigen Rahmenbedingungen die Chancen nutzen und die Risiken minimieren zu können.

Das Ziel der vorliegenden Studie besteht nicht darin, die technologischen Fragen in einer möglichst umfassenden Art und Weise zu beantworten. Stattdessen wird die Technologie so beschrieben, dass die wesentlichen Zusammenhänge hervortreten und gesellschaftliche Kernfragen formuliert werden können.

Aus einer Gesamtbeurteilung werden Empfehlungen an Akteure auf allen staatlichen Ebenen, aber auch an Verkehrsunternehmen, Industrie und Branchenverbände abgeleitet.

Aktueller Stand des Wissens

Die Studie fasst den zum Zeitpunkt der Verfassung aktuellen Stand des Wissens und den Handlungsspielraum der Schweiz zusammen. Einen detaillierten Überblick über Definitionen und Begriffe, wichtige Zusammenhänge sowie relevante Aspekte von nationalen und internationalen Forschungsprojekten geben die Factsheets im Anhang (S. 207 ff.). In einer Literaturanalyse und mittels gezielter Experteninterviews wurden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengetragen und in unterschiedlichen, aufeinander aufbauenden Themenbereichen aufbereitet:

- Automatisierungsstufen und Fahrzeugzulassung
- Entwicklung, Verbreitung und Akzeptanz
- Rechtliche Grundlagen
- Daten, IT, Datenschutz und Datensicherheit
- Verkehrssicherheit
- Auswirkungen auf Strassenkapazität, Leistungsfähigkeit und Ressourcen
- Gesellschaft und Ethik
- Wirtschaftliche Aspekte
- Anwendungen im Personenverkehr
- Anwendungen im Güterverkehr

Die Studie orientiert sich an den sechs Automatisierungsstufen der Society of Automotive Engineers (SAE) von nicht automatisierten (Stufe 0) bis zu vollautomatisierten Fahrzeugen (Stufe 5). Der Begriff «selbstfahrend» wird als Synonym für hoch- und vollautomatisiert (Stufen 4 und 5) verwendet. In einem umfassenderen Sinn wird in der Studie aber auch der Begriff «automatisiert» verwendet, da er die geringer automatisierten Stufen 1 bis 3 (assistiert sowie teil- und bedingt automatisiert) einschliesst.

Wie selbstfahrende Fahrzeuge in den Markt eindringen könnten

Um die mögliche Spannweite der künftigen Nutzung von automatisierten Fahrzeugen aufzuzeigen, werden in der vorliegenden Studie drei Szenarien eingesetzt. Auch wenn die Digitalisierung im Verkehrsbereich derzeit schnell voranschreitet, ist die weitere Entwicklung keineswegs determiniert: Technologische Durchbrüche und politische Weichenstellungen könnten scheinbar gegebene Pfadabhängigkeiten künftig durchaus infrage stellen. Für die vorliegende Studie interessieren in erster Linie spätere Zustände mit vollautomatisierten Fahrzeugen, wenn die Lenkerin oder der Lenker die Kontrolle über das Auto vollständig abgeben kann. Noch ist unklar, wann und unter welchen Bedingungen diese Stufe erreicht wird. Aus diesem Grund wird auch immer ein erster Zwischenzustand mit einer geringen Durchdringung betrachtet.

In allen drei Szenarien wird davon ausgegangen, dass allgemeine Megatrends die Entwicklung beeinflussen werden. Je nach Szenario gewinnt allerdings der eine oder andere Trend mehr an Bedeutung oder schreitet schneller voran. Sie unterscheiden sich vor allem in zwei Variablen. Einerseits werden die verschiedenen Räume in der Schweiz differenziert, andererseits wird zwischen einer stark individualisierten und einer kollektiven Nutzung der selbstfahrenden Fahrzeuge unterschieden. Der kollektive Verkehr beschreibt alle Verkehrsformen, bei der eine Person ein nicht privates Fahrzeug nutzt, welches auch von anderen Personen – zumindest zeitweise – mitgenutzt werden kann, d.h., das Fahrzeug wird simultan geteilt resp. gepoolt (Carpooling oder Ridesharing).

Im ersten Szenario der stark individualisierten Nutzung herrscht in allen Räumen eine stark individuelle Nutzung vor, die Entwicklung verläuft marktgetrieben und weitgehend ohne Einflussnahme durch die Politik. Automobilhersteller und Datenlieferanten und -verarbeiter sind die wesentlichen Treiber. Nur dort, wo es zu Sicherheitsproblemen oder Engpässen kommt, greift der Staat mit minimalen Regeln ein.

Im zweiten Szenario mit neuen Angeboten in Städten und Agglomerationen nimmt die öffentliche Hand bei der Einführung selbstfahrender Fahrzeuge eine aktivere Rolle ein. Mittels geeigneter (neuer) Regulierungen verschafft sie dem kollektiven Verkehr in dichten Räumen Marktvorteile. Sie erlässt zudem Vorschriften über den Datenaustausch und greift steuernd in den Verkehrsfluss ein. Dieser Eingriff soll Überlastungen der Verkehrsnetze in Städten und Agglomerationen verhindern und weiterhin eine attraktive Mobilität für alle ermöglichen. Ausserhalb dieser Räume, wo die Netzauslastung geringer ist, sieht die

Politik keine Notwendigkeit für einen Eingriff und überlässt die Entwicklung den marktwirtschaftlichen Treibern.

Das dritte Szenario, das schweizweit eine stark kollektiv geprägte Nutzung ins Zentrum stellt, bedingt eine sehr aktive Einflussnahme durch den Staat. Kollektive Verkehrsangebote auch bei geringer Nachfrage sicherzustellen, benötigt entsprechende Abgeltungen und eine konsequente Gesetzgebung. Auch die dazu notwendige schweizweite lückenlose Abdeckung mit zuverlässiger Kommunikationsinfrastruktur ist aufwendig. In diesem Szenario werden Energie- und Umweltziele von der Politik sehr hoch gewichtet.

Es wird in allen drei Szenarien davon ausgegangen, dass selbstfahrende Fahrzeuge von der Bevölkerung und den Logistikbetrieben genutzt werden und dass sich Mobilität in deren Folge in der Schweiz gegenüber heute verändert. Beurteilt werden die szenariobedingten Veränderungen von einigen wichtigen Kenngrössen zum Mobilitätsverhalten und des Verkehrssystems. Die Entwicklung des Verkehrssystems kann jedoch nicht losgelöst von den verkehrspolitischen Zielen des Bundes betrachtet werden. Diese setzen einen wichtigen Rahmen für prospektive Aussagen zur Schweiz, beinhalten jedoch auch Zielkonflikte, die kurz erörtert werden.

Die potenziellen Auswirkungen der drei Szenarien auf wichtige Aspekte für die Nachhaltigkeit, wie beispielsweise die Verkehrs- und oder Fahrleistung, die räumliche Konzentration und den Energie-, Ressourcen- und Flächenverbrauch, sind unterschiedlich, folgende Abbildung zeigt eine Übersicht.

	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
	Stark individualisierte Nutzung		Neue Angebote in Städten und Agglomerationen		Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr	
	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung
Verkehrsleistung Personen	Starke Erhöhung	Starke Erhöhung	Starke Erhöhung	Starke Erhöhung	Starke Erhöhung	Starke Erhöhung
Anteil kollektive Mobilität	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Fahrleistung MIV*	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Transportleistung Güter	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Anteil Schiene	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Fahrleistung Güter auf Strasse	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Räumliche Konzentration	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Energie-/Ressourcenverbrauch	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Flächenbedarf	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Datenbedarf	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung
Verkehrssicherheit	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung	leichte Erhöhung

* Motorisierter Individualverkehr

Abb: Auswirkungen der Szenarien auf relevante Kenngrössen

Während das Szenario 1 voraussichtlich zu mehr Verkehrs- und Fahrleistung im Güter- und Personenverkehr führt, könnte im Szenario 3 die Fahrleistung deutlich sinken, ohne dass die Verkehrs- resp. Transportleistung entsprechend zurückgeht. Im Szenario 2 heben sich tendenzielle Zunahmen im ländlichen Raum und Abnahmen in Agglomerationen schweizweit in etwa auf. Weiter haben die Szenarien auch unterschiedliche Auswirkungen auf die angestrebte räumliche Konzentration. Szenario 1 begünstigt eine weitere Zersiedlung, während die kollektive Mobilität im Szenario 3 vermutlich eher zu einer weiteren Siedlungskonzentration führen könnte. Die Auswirkungen der räumlichen Wirkungen sind aber im Gesamtzusammenhang von Bevölkerungsentwicklung und Raumplanung, die in den Szenarien auch unterschiedlich sein wird, einzuordnen. Am deutlichsten ist der Unterschied aber beim Ressourcenbedarf: Im Szenario 1 könnte dieser in Bezug auf Energie und Flächen deutlich steigen, während im Szenario 3 bei zunehmender Bündelung von Fahrten eine deutliche Reduktion möglich wäre. Der Datenbedarf hingegen nimmt bei allen Szenarien zu.

Die Sicht von Laien auf automatisierte Fahrzeuge

Technologiefolgenabschätzung darf sich nicht nur auf Expertenwissen stützen, sondern hat auch die Sichtweise der Bürgerinnen und Bürger einzubeziehen. Dieser Einsicht folgend wurden im Rahmen von Fokusgruppen zentrale Aspekte von automatisierten Fahrzeugen mit Laien diskutiert. In Fokusgruppen wurde das heutige Meinungsspektrum zum Thema selbstfahrende Autos in der Zivilgesellschaft erfasst und dabei wurden die Fragen der Akzeptanz sowie gesellschaftliche und ethische Aspekte diskutiert. Folgende Aspekte wurden debattiert – zum Teil auch kontrovers:

- **Komfortgewinn:** Von den einen als positiv beurteilt, wurde der Komfortgewinn von anderen auch negativ ausgelegt, im Sinne einer Zunahme von Bequemlichkeit resp. Faulheit.
- **Auswirkungen auf den Verkehr:** Mehrere Teilnehmende befürchteten eine Zunahme des Verkehrs und damit zusammenhängend mehr Staus und negative Auswirkungen auf die Umwelt.
- **Rolle des Staats:** Gerade im Hinblick auf die positiven Effekte des kollektiven Verkehrs wurde eine starke Rolle des Staates nicht per se abgelehnt. Die Frage, wie stark der Staat individuelles Mobilitätsverhalten beeinflussen soll, wurde jedoch kontrovers diskutiert.

- **Sicherheit:** Unabhängig von den Szenarien wurden von einzelnen Diskussionsteilnehmenden gewisse Bedenken hinsichtlich der Sicherheit des automatisierten Fahrens geäußert. Stichworte wie Hacking, Terroranschlag oder Stromausfall zeugen davon, dass die Entwicklung des automatisierten Fahrens auch mit neuen Ängsten verbunden ist. Darüber hinaus zeigte sich, dass der Anspruch an das Sicherheitsniveau bei Maschinen höher zu sein scheint als beim Menschen.
- **Ethische Fragen:** Beim Block zu den ethischen Fragen wollten die Diskussionsteilnehmenden auch nach wiederholtem Nachhaken keine Stellung beziehen, ob bei einer Dilemma-Situation nun das Leben eines älteren Mannes oder eines jungen Mädchens verschont werden soll. Einig war man sich darin, dass solche Dilemma-Situationen gar nicht erst entstehen sollten, und wenn doch, ein Zufallsgenerator entscheiden solle.
- **Datensicherheit/Datenschutz:** Die vertiefte Diskussion zu Datensicherheit und Datenschutz zeigte, dass die Teilnehmenden im Allgemeinen stark sensibilisiert waren für diese Themen. Jene, welche die Macht über die Daten hätten, hätten auch die Möglichkeit, individuelles Verhalten zu beeinflussen, ohne dass wir dies überhaupt merken. Während die einen eine solche Gefahr vor allem durch die grossen Player wie Google und Apple sahen, erinnerten sich andere an den «Fichenskandal» zurück und fürchteten sich stärker vor einer Hortung der Daten beim Staat.

Insgesamt hielten sich über alle Diskussionen hinweg die vorgebrachten Vor- und Nachteile selbstfahrender Autos in etwa die Waage. Dabei kristallisierten sich jedoch keine eindeutig erkennbaren Pro- und Kontra-Lager heraus. Die meisten Personen nannten sowohl Argumente dafür als auch dagegen, ohne sich bereits heute als klare/n Befürworter/in oder Gegner/in zu sehen.

Regulierungsansätze – die Sicht von Experten

Aufbauend auf den Erkenntnissen zu den Auswirkungen der Nutzungsszenarien sowie der Ergebnisse der Fokusgruppen wurden im Rahmen eines Expertenworkshops Regulierungsansätze erarbeitet, mit welchen sich absehbare Entwicklungen für das automatisierte Fahren in der Schweiz politisch steuern liessen.

Die Experten waren sich darin einig, dass das automatisierte Fahren kommt und dass es Regulierung schon heute braucht und nicht erst in 20 oder 30 Jahren. Ein Laissez-faire würde zu starken Verkehrsverlagerungen vom kollektiven zum individuellen Verkehr führen. Eine solche Entwicklung könnte – aller Effizienzgewinne durch das automatisierte Fahren zum Trotz – zu mehr Stau und/oder Forderungen für einen Ausbau der Infrastruktur hervorrufen.

Aus Sicht der Experten schwieriger zu beurteilen war die Frage nach den notwendigen Wirkungen politischer Regulierung. Diese Frage hat eine normative Komponente, welche letztlich auf eine gesellschaftliche Zielvorgabe abstellen muss. Solche Zielvorgaben fehlen aber zurzeit oder widersprechen sich, und es ist nicht zu erwarten, dass sie in der nächsten Zeit in der notwendigen Klarheit zur Verfügung stehen werden. Die damit verbundenen Fragen sind komplex und gleichzeitig in vielem noch zu vage, um einen gesellschaftlichen und politischen Konsens herbeiführen zu können.

In diesem Zusammenhang half es, die Diskussion auf die drei Szenarien auszurichten und zu fragen, welche Regulierungsoptionen in welchen Szenarien entwickelt werden sollen und welche staatliche Ebene für diese Optionen verantwortlich sein sollen. Die Experten kamen dabei zu folgendem Schluss:

- Viele Regulierungsoptionen machen szenarienübergreifend Sinn. So müssen Zulassungs-, Haftungs- und Sicherheitsfragen unabhängig von der Entwicklung des automatisierten Fahrens geklärt werden. Ferner sehen die Experten auch eine marktwirtschaftliche Lenkung anhand eines Pricing als szenarioübergreifendes Instrument an. Weitere Regulierungsoptionen, die aus Sicht der Experten bei den Szenarien mit kollektivem Verkehr ergriffen werden müssten, sind: Anpassung der Bestellverfahren im öffentlichen Verkehr und des Personenbeförderungsgesetzes bzw. der Verordnung, Einrichtung von Privilegien für selbstfahrende Autos (z.B. Spuren) sowie für Szenario 2 Nutzung von Dispatching-Algorithmen und Erstellung von Umsteigehubs. Die Toolbox aller denkbaren Instrumente wird gemäss den Vorschlägen der Experten noch sehr unterschiedlich genutzt, im Vordergrund stehen Gebote und Verbote sowie marktwirtschaftliche Anreize.
- In der föderalen Schweiz ist, wenn es um Regulation im engeren Sinn geht, zunächst vor allem der Bund gefordert. Den Kantonen kommt jedoch bei der Bestellung des öffentlichen Verkehrs sowie generell bei der Umsetzung von nationalen Regulierungen wie beispielsweise der Einhebung der Motorfahrzeugsteuer eine wichtige Rolle zu.

Politischer Handlungsbedarf – die Sicht der Stakeholder

Die im Expertenworkshop entwickelten Regulierungsansätze wurden in einem nächsten Arbeitsschritt mit Stakeholdern aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Verbänden diskutiert. Ziel war es, aus den im Expertenworkshop hergeleiteten Regulierungsansätzen einen möglichst konkreten Handlungsbedarf für die Politik abzuleiten. Insgesamt stellten die Stakeholder nicht infrage, dass sich das automatisierte Fahren – im Sinne von mindestens SAE-Stufe 4 – auch in der Schweiz früher oder später durchsetzen werde. Der Stellenwert des automatisierten Fahrens für unser Mobilitätssystem wurde allgemein als hoch eingeschätzt. Diese Einschätzung beruht vor allem auf erwarteten Effizienzgewinnen. Es wurde aber ebenfalls deutlich, dass automatisiertes Fahren auch einen Beitrag zur Nachhaltigkeit des Verkehrs allgemein leisten kann und leisten soll.

Dass es schon heute wichtig und dringlich ist, einen gesellschaftlichen und politischen Diskurs über Regulierungsoptionen zu führen, wurde allgemein befürwortet. Die Diskussion mit den Stakeholdern zeigte diesbezüglich, dass in wichtigen Aspekten wohl durchaus schon ein impliziter Konsens besteht, so zum Beispiel darin, dass das Grundprinzip des schweizerischen Mobilitätssystems mit der bedeutenden Rolle des öffentlichen Verkehrs erhaltenswert sei und die Schweiz in diesem Bereich auch eine Vorreiterrolle bei der weiteren Entwicklung der automatisierten Mobilität einnehmen könne und solle. Auch Zufussgehende und Velofahrende sollen weiterhin Platz finden im Verkehrsraum, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten. Zudem soll das Gesamtverkehrssystem umwelt- und klimaverträglich sein.

Wie bei den Experten ging auch bei den Stakeholdern die Meinung v.a. bei der Frage auseinander, wie aktiv sich der Staat einbringen muss. Die einen befürworteten einen zurückhaltenden Staat, der primär den Marktzugang öffnet und Hürden abbaut, und andere eher ein proaktives Handeln, welches gewünschte Angebote forciert und Fehlentwicklungen gar nicht erst ermöglicht.

Handlungsempfehlungen

Abschliessend werden die Handlungsempfehlungen erläutert. Zwei Massnahmen sind zwingend, um das automatisierte Fahren ab Level 3 überhaupt erst zulassen zu können und in diesem Sinne eine Voraussetzung für weitere Handlungen zu schaffen:

- Schaffung der Voraussetzungen für die Zulassung von bedingt automatisierten und vollautomatisierten Fahrzeugen in der Schweiz für Fahrzeuge im Personen- und Güterverkehr
- Aus- und Weiterbildungen zum Umgang mit (voll-)automatisierten Fahrzeugen

Zehn weitere konkrete Massnahmen werden zwei möglichen übergeordneten staatlichen Handlungsoptionen gegenübergestellt. Für eine gestaltende, aber zurückhaltende **«Enabler»-Rolle** werden folgende Massnahmen empfohlen:

- Gesellschaftliche und politische Diskussion zur Nutzung der von Fahrzeugen produzierten Daten, insbesondere in Bezug auf Fragen der Ethik und des Datenschutzes
- Formulierung einer staatsebenen-übergreifenden Position in der Datenpolitik, welche die Interessen der öffentlichen Hand festhält
- Anpassung des Personenbeförderungsgesetzes und der dazugehörigen Verordnung
- Lockerung der Bewilligungspraxis und der Vorgaben an konzessionierte Transportunternehmen
- Aufbau eines leistungsfähigen Mobilfunknetzes
- Einrichtung einer Datenplattform mit «bedingter Open Data»¹

Auf Basis von klaren politischen Zielen kann der Staat eine **«Leader»-Rolle** einnehmen. Dazu sollten, ergänzend zu den bisher erwähnten Empfehlungen, folgende Massnahmen und Instrumente ergriffen werden:

- Dialog über die erwünschte Mobilität der Zukunft unter Einbezug von Politik, Wissenschaft und Zivilgesellschaft

¹ In einem solchen Prinzip sind die Daten frei zugänglich; jeder kann sie frei beziehen, muss aber selbst Daten zurückliefern, sofern mit den bezogenen Daten ein Geschäftsmodell betrieben wird. Die so erweiterten Daten stehen wieder allen zur Verfügung und können für neue Anwendungen genutzt werden. Davon ausgenommen sind «veredelte Daten», also Informationen. Diese können weiterhin auf dem Markt gehandelt werden. Wo die Grenze zwischen Daten und Informationen liegt, müssen die Beteiligten gemeinsam aushandeln (ASTRA, 2018).

- Erarbeitung von Zielvorgaben für die künftige Mobilität in der Schweiz
- Entwicklung von Ideen und Vorschlägen zur Stärkung von kollektiven Formen der Mobilität (z.B. Anreize, Privilegien/Restriktionen, Auflagen in Konzessionen oder Zulassungen, Information oder Persuasion)
- Hoheitliche Verkehrssteuerung

Darüber hinaus werden Forschungsthemen sowie Pilotversuche und Tests vorgeschlagen, um weiteres Wissen zu generieren und Erfahrungen zu verkehrlichen, räumlichen und umweltrelevanten Wirkungen zu gewinnen. Als besonders wichtig erachtet werden Forschungsarbeiten rund um das Thema Sicherheit. Bezogen auf die Interaktion Mensch–Maschine interessiert u.a. etwa die Frage nach dem Vertrauen in die Maschinen und die Frage, welche Fehlerquote von automatisierten Fahrzeugen von der Schweizer Gesellschaft akzeptiert wird. Bezogen auf die Verkehrssicherheit wiederum sind u.a. empirische Erkenntnisse zu gewinnen, wie schnell automatisierte Fahrzeuge im dicht bebauten Raum im Mischverkehr unterwegs sein können, wie verschiedene Automatisierungsstufen gleichzeitig und sicher verkehren können und wie eine sichere Kommunikation zwischen automatisierten und nicht automatisierten Verkehrsteilnehmenden aussehen kann. Schliesslich interessieren über Sicherheitsthemen hinaus auch Forschungsarbeiten, die sich den Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Raum-, Energie- und Klimapolitik widmen. Fragen, die hier im Vordergrund stehen, sind u.a.: Wie können Rebound-Effekte vermieden werden? Wie kann die Energieeffizienz mit dem Einsatz automatisierter und vernetzter Fahrzeuge erhöht werden? Welchen Regulierungsbedarf haben Städte, um heutige und zukünftige Mobilitätsanbieter auf die Erreichung von städtischen Mobilitätszielen auszurichten?

Executive Summary

Self-driving cars in Switzerland

Automated driving has the potential to bring fundamental changes to the mobility of people and transport of freight. Semi-automated systems have already been authorised for road traffic and are now available on the market. But the major changes to be expected are those resulting from the next stages of automation – conditionally automated and self-driving cars – and from the increase in interconnectivity between vehicles that is presumed. With manufacturers currently working on highly and fully automated vehicles, varying estimates from experts indicate that authorisation for such vehicles will be granted any time between 2025 and 2050, after which the cars will penetrate the market at differing rates, depending on which scenario comes into play.

It goes without saying that automated driving should hold more opportunities than risks. Up until now, an opportunities and risk assessment for Switzerland could not be made due to the lack of qualitative and quantitative data. Such data is particularly valuable for government players, as the role of the state also needs to be defined and the division of tasks between the public and the private sectors regulated. The time window for making fundamental decisions is still open but is soon likely to close in view of the rapid developments that are anticipated. Numerous spheres of interest are affected by these questions which have arisen not only in relation to the technology itself but also to the economic, legal, political, societal and ethical consequences of its introduction.

The aim of this transdisciplinary technology assessment is to provide the basic groundwork in order to identify the key aspects of connected and automated driving in road traffic and hold discussions in a wide range of contexts on the opportunities and risks of these technological applications. This is followed up by a list of recommended actions designed to maximise opportunities and minimise risks with the right framework conditions in place.

It is not the aim of this study to provide comprehensive and detailed answers to technological questions. Instead, the technology is described in a way that enables essential connections to be recognised and core societal questions to be formulated. Finally, on the basis of an overall assessment, recommended actions are proposed for players operating at all levels of government, as well as for transport companies, industry, and trade associations.

Current state of knowledge

The study presents the latest information available at the time it was conducted and Switzerland's scope for action. A detailed overview of definitions and terms, important connections and relevant aspects provided by national and international research projects are found in the fact sheets in the appendix (p. 207 ff.). From a literature analysis and interviews with experts, the most important findings were compiled and categorised into a range of various inter-connected subject areas:

- Automation levels and vehicle authorisation
- Developments, expansion and acceptance
- Legal basis
- Data, IT, data protection and data security
- Road traffic safety
- Impact on road capacity, performance and resources
- Society and ethics
- Economic aspects
- Applications in passenger traffic
- Applications in freight traffic

The study is based on the six automation levels of the Society of Automotive Engineers (SAE) that range from non-automated (level 0) to fully automated vehicles (level 5). The term 'self-driving' is used as a synonym for highly and fully automated (levels 4/5). The term 'automated', however, is also used in the study but in a broader sense since it includes the less automated levels 1 to 3 (assisted as well as partial and conditional automation).

How self-driving cars could penetrate the market

In order to show the potential scope of uses for automated vehicles, the study applies three scenarios. Even though digitisation in the transport sector is advancing at a rapid pace, the direction of its future growth is by no means fully determined. Technological breakthroughs and political decisions could certainly cast doubt on seemingly established path dependencies. This study is primarily

interested in later stages, i.e. with fully automated vehicles, when the driver can completely relinquish control over the car. Since it is still unclear when and under what conditions this level of automation will be reached, an initial interim level with low penetration is always examined too.

In all three scenarios, it is assumed that general megatrends will influence developments. However, depending on the scenario, one or the other trend may become more influential or advance at a faster rate. The differences between the scenarios are based on two main variables. Firstly, distinctions are made between the different spaces in Switzerland. Secondly, a distinction is also made between the strongly individualised and the collective use of self-driving cars. Collective transport describes all forms of transport in which a person rides in a non-private vehicle, which can also be used – at least temporarily – by other persons along the journey, i.e. the vehicle is shared or pooled (car-pooling or ride-sharing).

In the first scenario, strongly individualised use prevails in all spaces, developments are market-driven and achieved largely without political influence. Car manufacturers and data suppliers/processors are the key market drivers. Only where safety problems occur or where bottlenecks arise does the state intervene with minimal regulations.

In the second scenario – with new mobility offerings available in towns and agglomerations – the public sector plays a more active role in the introduction of self-driving cars. By introducing appropriate (new) regulations, it creates market advantages for collective transport in dense zones. It also issues regulations on data exchange and takes direct action to control traffic flow. This intervention is designed to prevent congestion in transport networks in cities and agglomerations, and to maintain a high standard of mobility quality for all. Outside those spaces, where utilisation of the transport network is lower, politicians see no need for intervention and leave developments to the market drivers.

The third scenario, which centres on a highly collective use throughout Switzerland, requires an especially active level of state intervention. To provide and ensure collective transport services even when demand is low calls for appropriate compensation and systematic legislation. And the reliable communications infrastructure that is required, with solid cover across the whole of Switzerland, has its cost. In this scenario, politicians give energy and environmental targets top priority.

In all three scenarios, it is assumed that self-driving cars will indeed be used by the public and logistics companies, and that mobility in Switzerland in the future will change as a result. The changes described in the scenarios are measured on the basis of a number of key parameters in mobility behaviour and the traffic system. However, developments in the traffic system cannot be viewed in isolation from the federal government's targets in this area. Although these targets form an important base for providing statements on Switzerland's future, they also contain conflicts and contradictions, which are briefly discussed.

The potential impacts of the three scenarios on major aspects affecting sustainability – such as transport performance and/or kilometre performance, spatial density as well as energy, resource and land consumption – vary. The following figure provides an overview.

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	Strongly individualised use		New mobility offerings in towns and agglomerations		Highly collective use across Switzerland	
	Low penetration	High penetration	Low penetration	High penetration	Low penetration	High penetration
Passenger transport performance	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Share of collective mobility	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
MIV* kilometre performance	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Freight transport performance	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Share of rail transport	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Freight on road kilometre performance	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Spatial density	Light reduction	Light reduction	Light reduction	Light reduction	Light reduction	Light reduction
Use of energy/resources	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Land required	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Data required	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase
Traffic safety	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase	Light increase

*Motorised Individual Traffic

Fig.: Impacts of the scenarios on relevant parameters

While scenario 1 is expected to lead to higher transport and kilometre performance in passenger traffic and freight transport, in scenario 3, the kilometre performance could decrease significantly without a corresponding decrease in traffic or transport performance. In scenario 2, the increases in rural areas and decreases in agglomerations across Switzerland balance each other out. Furthermore, the scenarios also display varying impacts on the spatial density that planners are aiming for. Scenario 1 favours further urban sprawl, while the collective mobility in scenario 3 could presumably lead to further urban concentration. However, the results of the spatial impacts should be seen within the overall context of population development and spatial planning – which will also differ by

scenario. But the most marked difference is seen in the case of resources requirements: in scenario 1, these could increase noticeably in terms of energy and land use, while in scenario 3 resources could be significantly reduced if journeys were increasingly bundled. The need for data increases in all scenarios.

The layperson's view of automated vehicles

Technology assessment should not only be based on expert knowledge but must also include citizens' views. With this in mind, focus groups composed of laypeople were set up to discuss key aspects of automated driving. The discussions were used to derive the range of opinions held by the public today on the subject of self-driving cars, including questions of acceptance as well as social and ethical aspects. The following aspects were discussed, some of which proved to be controversial:

- **Greater convenience:** while rated by some as positive, others interpreted greater convenience as something negative, in the sense of it leading to increased laziness.
- **Impact on traffic:** several participants feared an increase in traffic and the inevitable rise in congestion and negative environmental effects.
- **Role of the state:** especially in view of the positive effects of collective transport, the idea of the state playing a strong role was not rejected per se. However, much controversy surrounded the question of how strongly the state should influence individual mobility behaviour.
- **Safety:** irrespective of scenario, certain participants expressed concerns about the safety of automated driving. Keywords such as hacking, terrorist attacks and power failures demonstrate how the emergence of automated driving also raises new fears. In addition, it became apparent that the levels of safety expected from machines appear to be higher than those expected from humans.
- **Ethical questions:** in the session on ethical questions, the participants refused – even after repeated prompting – to take a position on whether the life of an older man or a young girl should be spared in a dilemma situation. It was agreed that such a dilemma situation should not arise in the first place, and if at all, a random generator should decide.

- **Data security/protection:** the in-depth discussion on data security and protection revealed that overall, the participants identified strongly with these issues. Owners of the data would also have the possibility to influence people's behaviour without us even noticing it. While some saw such a danger lying mainly with the big players such as Google and Apple, others remembered the secret files scandal that took place in Switzerland in 1989 and were more afraid of their data being hoarded by the government.

All in all, whatever the topic, the discussions revealed a balanced set of opinions regarding the pros and cons of self-driving cars, with no clearly identifiable standpoint crystallising on either side. Most people cited arguments both in favour and against, without being able to classify themselves already as clear proponents or opponents.

Regulatory approaches – the expert view

Based on the insights derived from the three scenarios as well as the results of the focus group discussions, an expert workshop was held to come up with regulatory approaches that could be taken by politicians to control foreseeable developments in automated driving in Switzerland.

The experts agreed that automated driving is indeed coming and that regulatory measures are needed now rather than in twenty or thirty-years' time. A 'laissez-faire' attitude would lead to a major shift from collective to individual traffic. Such a development could – despite the greater efficiency gained from automated driving – lead to more congestion and/or calls for added infrastructure.

What was more difficult to assess from the experts' point of view was the question of the required impact of political intervention. Political intervention contains an element of regulation, the purpose of which should be to serve societal objectives. However, at present, such objectives do not exist or else contradict themselves and are also not likely to exist in the required detail in the near future. The issues involved are complex and, at the same time, still too vague in many respects to achieve public and political consensus.

For this reason, it was helpful to centre the discussion around the three scenarios and to ask which regulatory options should be developed in which scenarios and which state level should be responsible for these options. The experts came to the following conclusion:

- Many regulatory options make sense across all three scenarios. For instance: authorisation, liability, safety and security issues must be resolved independently of developments in automated driving. The experts also see a market-driven steering policy based on pricing as an instrument applicable to all three scenarios. Other regulatory options that the experts believe necessary to introduce in the scenarios featuring collective transport are: an adaptation of the process used for ordering public transport services and of the Passenger Transport Act i.e. Ordinance; the creation of privileges for self-driving cars (e.g. lanes); and, in scenario 2, the use of dispatch algorithms and the creation of transfer hubs. A wide range of instruments are available, used in a variety of applications depending on the experts' proposals, but with emphasis placed on rules and restrictions as well as market-based incentives.
- In a federal state such as Switzerland, when it comes to regulation in the narrower sense, it is the federal government that is first called to act. However, the cantons play an important role when it comes to ordering public transport services and implementing national regulations such as collecting motor vehicle tax.

Call for political action – from the stakeholders' perspective

The regulatory approaches developed in the expert workshop were then discussed with stakeholders from politics, local government, business and industry associations, with the aim of calling for concrete political action. Overall, the stakeholders did not question the fact that automated driving – in the sense of SAE level 4 at least – would sooner or later become established in Switzerland. The importance of automated driving for our mobility system was overall assessed as high. This assessment was based mainly on the efficiency gains that are expected. However, it was also clearly agreed that automated driving can and should contribute to transport sustainability in general.

There was universal endorsement of the need and importance of starting a public and political discourse on regulatory options immediately. In this respect, the discussion with the stakeholders showed that an implicit consensus already widely exists on key aspects: for example, that the fundamental principle of the Swiss mobility system – in which public transport plays an important role – is worth preserving and that Switzerland can and should play a pioneering role in taking automated mobility to the next level. Also pedestrians and cyclists should

continue to have their place in the traffic system, especially in densely populated areas. In addition, the transport system as a whole should be both environmentally and climate friendly.

As was the case with the experts, the opinions of the stakeholders also differed, especially with regard to the question of how actively the state should intervene. While some prefer the government to be moderate and to focus primarily on facilitating market access and removing obstacles, others favour a more pro-active approach that forces the introduction of favourable new mobility offerings and does not allow unwanted developments to occur in the first place.

Recommended courses of action

Finally, recommended courses of action are outlined. Two measures are essential in order to even be able to authorise automated driving from level 3 upwards and to effectively create the basis required for subsequent action:

- Create the conditions that enable the authorisation of conditionally and fully automated vehicles in Switzerland for passenger and freight traffic
- Provide training and further education in the handling of (fully) automated vehicles

Ten other specific measures are proposed depending on governmental courses of action. For a structuring yet moderate **'enabler' role**, the following measures are recommended:

- Facilitate public and political debate on the use of data produced by vehicles, especially on questions of ethics and data protection
- Formulate an overall governmental position, at all levels of authority, on data policy that reflects the interests of the public sector
- Adapt the Passenger Transport Act and the associated Ordinance
- Ease the licensing practice and the requirements placed on licensed transport companies
- Develop a high-performance mobile phone network

- Establish a data platform with ‘conditional open data’²

On the basis of clear political targets, the government can assume a **‘leader’ role**. For this to be achieved, the following measures and instruments should be implemented in addition to the actions mentioned above:

- Hold a dialogue with the political, scientific and public sphere on the desired form of mobility for the future
- Develop targets to shape Switzerland’s future mobility
- Draw up ideas and proposals to encourage collective forms of mobility (e.g. incentives, privileges/restrictions, conditions for licenses or permits, information or persuasion)
- Ensure that traffic management is governed by the highest authority

In addition to the above, proposals are made regarding research topics as well as pilot projects and tests to gain new insights and experience relating to traffic, spatial density and the environment. Great importance is placed on conducting research on safety and security. In terms of man-machine interaction, interest is expressed in questions such as how much ‘trust’ people have in machines and which error rate for automated vehicles would the Swiss population accept. In terms of road safety, steps to be taken include gaining empirical findings on how fast automated vehicles can travel in mixed traffic in densely built-up areas, how different levels of automation can operate simultaneously yet safely, and how communication between automated and non-automated vehicles can be made secure. Finally, besides questions of safety and security, interest is also shown in research work that examines the impact of automated driving on spatial planning, energy and climate policies. Key questions here include: How can rebound effects be avoided? How can energy efficiency be increased through the deployment of automated and connected vehicles? What regulatory measures are needed in cities in order to enable existing and future mobility providers to meet a city’s mobility targets?

² Under such a principle, the data is freely accessible; anyone can obtain it freely but must, in turn, return data if their business model runs on data obtained from the platform. In this way, the added data is then made available to all users and can be leveraged for new applications. This does not apply to ‘refined data’, i.e. information. This can still be traded on the market. The definition of where the boundary between data and information lies is to be negotiated by the parties involved (ASTRA, 2018).

Résumé

Voitures autonomes en Suisse

La conduite automatisée a le potentiel de bouleverser la mobilité et le transport de personnes et de marchandises. À l'heure actuelle, des systèmes partiellement automatisés sont déjà autorisés à circuler et disponibles sur le marché. Des changements majeurs sont cependant à prévoir avec les prochains niveaux d'automatisation – les véhicules à automatisation conditionnelle et les véhicules autonomes – et avec la mise en réseau croissante de véhicules connectés. Les constructeurs automobiles sont actuellement en train de développer ces véhicules à automatisation élevée ou complète qui, selon les estimations des experts, devraient être admis à la circulation entre 2025 et 2050 et pénétrer ensuite le marché plus ou moins rapidement en fonction du scénario choisi.

Il faut que les opportunités qu'offre la conduite automatisée l'emportent sur les risques. Jusqu'à présent, les données qualitatives et quantitatives pour en évaluer les chances et les risques en Suisse faisaient largement défaut. Pour les pouvoirs publics, ces informations sont particulièrement importantes car le rôle de l'État doit aussi être défini et la répartition des responsabilités entre le secteur public et le secteur privé doit être réglementée. La fenêtre temporelle pour prendre les décisions fondamentales est ouverte pour le moment mais devrait bientôt se refermer au vu de la tournure probable des développements. De nombreux domaines sont concernés par ces interrogations : outre les questions d'ordre purement technologique, il y en a aussi de nombreuses sur l'économie, le droit, la politique, la société et l'éthique.

La présente évaluation transdisciplinaire de cette technologie vise à mettre en évidence les aspects importants de la conduite connectée et automatisée sur les voies de circulation routière, et à examiner sous des angles thématiques variés les chances et les risques liés à son utilisation. Ceci permettra de formuler des recommandations d'action afin de maximiser les opportunités et de minimiser les risques dans des conditions cadres appropriées.

L'objectif de cette étude n'est pas de répondre aux questions technologiques de manière aussi exhaustive que possible. Au contraire, il s'agit de décrire la technologie de telle sorte que les interactions essentielles émergent et que les

principales questions sociales puissent être formulées. À partir d'une évaluation globale, des recommandations sont formulées à l'intention des acteurs à tous les niveaux du secteur public, mais aussi des entreprises de transport, de l'industrie et des associations professionnelles.

État actuel des connaissances

L'étude fait le point sur l'état des connaissances au moment de sa réalisation et la marge de manœuvre de la Suisse. Un aperçu détaillé des définitions et des termes, des liens importants et des aspects pertinents des projets de recherche nationaux et internationaux se trouve dans les fiches d'information en annexe (p. 207 ff.). Les résultats les plus importants ont été compilés à l'aide d'entrevues ciblées avec des experts et d'une analyse de la littérature, puis classés en une variété de domaines thématiques qui se complètent les uns les autres :

- Niveaux d'automatisation et admission à la circulation
- Développement, distribution et acceptation
- Bases juridiques
- Données, IT, protection des données et sécurité des données
- Sécurité routière
- Répercussions sur la capacité routière, les prestations et les ressources
- Société et éthique
- Aspects économiques
- Applications dans le transport de personnes
- Applications dans le transport de marchandises

L'étude s'appuie sur les six niveaux d'automatisation de la Society of Automotive Engineers (SAE), depuis le niveau « absence d'automatisation » (niveau 0) jusqu'au niveau « automatisation complète » (niveau 5). Le terme « autonome » est synonyme d'automatisation élevée ou complète (niveaux 4/5). Cependant, le terme « automatisé » est également utilisé dans l'étude dans un sens plus large, puisqu'il inclut les niveaux d'automatisation inférieurs 1 à 3 (le niveau assistance à la conduite ainsi que les niveaux automatisation partielle et conditionnelle).

Comment les véhicules autonomes pourraient pénétrer le marché

Afin de présenter toute la palette des utilisations futures possibles des véhicules automatisés, trois scénarios ont été élaborés dans cette étude. Si la numérisation dans le secteur des transports progresse rapidement à l'heure actuelle, son développement futur n'est nullement déterminé : les percées technologiques et les orientations politiques sont susceptibles de remettre en question certaines interdépendances qui paraissent aujourd'hui totalement établies. Cette étude s'intéresse principalement aux stades ultérieurs, lorsque les véhicules seront entièrement automatisés et que la personne au volant pourra abandonner totalement le contrôle de la voiture. On ne sait pas encore quand ni dans quelles conditions ce niveau sera atteint. C'est pourquoi un premier stade intermédiaire avec une faible pénétration sera aussi systématiquement envisagé.

Dans les trois scénarios, on part du principe que l'évolution sera influencée par les grandes tendances générales. Toutefois, selon le scénario, l'une ou l'autre tendance prend plus d'importance ou progresse plus rapidement. Les scénarios se distinguent principalement par deux variables : d'une part, les différentes zones de Suisse et, d'autre part, l'utilisation fortement individualisée ou au contraire collective des véhicules autonomes. Le transport collectif désigne toutes les formes de transport dans lesquelles une personne utilise un véhicule non privé qui peut également être utilisé – au moins temporairement – par d'autres personnes pendant son voyage ; en d'autres termes, le véhicule est partagé simultanément ou mis en commun (car-pooling ou co-voiturage).

Dans le premier scénario, une utilisation fortement individualisée prévaut dans toutes les zones, le développement est laissé au marché et reste, dans une large mesure, libre de toute influence politique. Les constructeurs automobiles et les fournisseurs/processeurs de données en sont les principaux moteurs. Ce n'est qu'en cas de problèmes de sécurité ou de goulets d'étranglement que l'État intervient en imposant des règles minimales.

Dans le second scénario, qui prévoit de nouvelles prestations dans les villes et les agglomérations, le secteur public joue un rôle plus actif dans l'introduction des véhicules autonomes. Grâce à des (nouvelles) réglementations appropriées, il crée des avantages commerciaux pour le transport collectif dans les zones à forte densité. Il édicte également des règles en matière d'échange de données et intervient dans la fluidité du trafic. Cette intervention vise à maintenir un niveau de mobilité attractif pour tous et à prévenir la congestion des réseaux de transport dans les villes et les agglomérations. En dehors de ces

zones, où l'utilisation du réseau est plus faible, les instances politiques ne voient pas la nécessité d'intervenir et laissent le marché se développer.

Le troisième scénario, qui met l'accent sur l'usage intensif de la mobilité collective dans toute la Suisse, nécessite une intervention très active de l'État. Garantir des services de transport collectif même lorsque la demande est faible nécessite une compensation appropriée et une législation cohérente. La couverture totale nécessaire à l'échelle nationale avec une infrastructure de communication fiable est également coûteuse. Dans ce scénario, les objectifs énergétiques et environnementaux sont considérés comme très importants par le monde politique.

Les trois scénarios partent du principe que les véhicules autonomes seront utilisés par la population et les entreprises de logistique et que la mobilité en Suisse changera en conséquence par rapport à la situation actuelle. Les changements induits par le scénario sont évalués en fonction de certains paramètres importants du comportement en matière de mobilité et du système de transport. Toutefois, le développement du système de transport ne peut être considéré indépendamment des objectifs du Conseil fédéral en matière de transport. Ceux-ci fournissent un cadre important pour énoncer des prévisions sur la Suisse, mais comportent également des contradictions qui sont brièvement abordées dans le rapport.

Comme le montre le tableau suivant, les trois scénarios ont des répercussions potentielles différentes sur des aspects importants de la durabilité, tels que les prestations de transport et/ou kilométriques, la concentration spatiale et la consommation d'énergie, des ressources et des surfaces.

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3	
	Mobilité fortement individualisée		Nouvelles prestations pour villes et agglomérations		Usage intensif de la mobilité collective dans toute la Suisse	
	Pénétration faible	Pénétration élevée	Pénétration faible	Pénétration élevée	Pénétration faible	Pénétration élevée
Prestations de transport de personnes	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Part de mobilité collective	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Prestations kilométriques MIV*	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Prestations de transport de marchandises	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Part de transport sur rail	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Prestations kilométriques marchandises sur route	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Concentration spatiale	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Consommation d'énergie/de ressources	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Surfaces requises	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Données requises	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Sécurité du trafic	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange

*Motorised Individual Traffic

Tab. : Répercussions des scénarios sur les paramètres pertinents

Alors que le scénario 1 devrait entraîner une augmentation des prestations de transport et des prestations kilométriques dans le transport de marchandises et de voyageurs, le scénario 3 pourrait réduire sensiblement les prestations kilométriques, sans que les prestations de transport ne diminuent. Dans le scénario 2, les augmentations dans les zones rurales et les diminutions dans les agglomérations à travers la Suisse sont plus ou moins compensées. En outre, les scénarios ont également des répercussions différentes sur la concentration spatiale visée. Le scénario 1 favorise l'étalement urbain, tandis que la mobilité collective dans le scénario 3 pourrait vraisemblablement conduire à une intensification de la concentration urbaine. Toutefois, les conséquences de l'impact spatial doivent être replacées dans le contexte global du développement démographique et de l'aménagement du territoire – qui diffèrent également selon les scénarios. La différence est cependant plus marquée dans le cas des besoins en ressources : dans le scénario 1, ceux-ci pourraient augmenter sensiblement en termes d'énergie et de surface, tandis que dans le scénario 3, ils pourraient baisser de manière significative si les trajets sont de plus en plus groupés. En revanche, tous les scénarios prévoient une augmentation des besoins en données.

Le point de vue du grand public sur les véhicules automatisés

L'évaluation des choix technologiques ne doit pas seulement se fonder sur les connaissances des experts, mais doit également prendre en compte le point de vue des citoyennes et citoyens. Dans cette optique, des groupes de réflexion composés de personnes non spécialisées ont été mis sur pied pour discuter des aspects clés de la conduite automatisée. Ces groupes ont permis de recueillir toute la gamme actuelle des opinions sur le thème des voitures autonomes dans la société civile et de débattre des questions d'acceptation ainsi que des aspects sociaux et éthiques. Les aspects ci-dessous ont été abordés – certains sont sujet à controverse.

- **Gain de confort** : Tandis que certaines personnes ont évalué le gain de confort comme positif, d'autres l'ont jugé négatif, dans le sens où le confort induit la paresse.
- **Conséquences sur le trafic** : Plusieurs participants ont émis la crainte d'une augmentation du trafic, et donc de la congestion, ainsi que des effets négatifs sur l'environnement qui en découleraient.

- **Rôle de l'État** : L'idée que l'État joue un rôle prédominant n'a pas été rejetée en soi, notamment eu égard aux effets positifs du transport collectif. Toutefois, la question de savoir dans quelle mesure l'État devrait influencer le comportement individuel en matière de mobilité a fait l'objet de vives controverses.
- **Sécurité** : Indépendamment des scénarios, quelques personnes participant à la discussion ont exprimé un certain nombre de préoccupations au sujet de la sécurité de la conduite automatisée. Des mots-clés tels que piratage informatique, attaques terroristes ou pannes de courant témoignent du fait que le développement de la conduite automatisée est également associé à de nouvelles peurs. En outre, il est devenu évident que le niveau de sécurité exigé des machines semble être plus élevé que celui exigé des humains.
- **Questions éthiques** : Dans la partie sur les questions éthiques, et même en revenant plusieurs fois sur le sujet, les participants au débat n'ont pas voulu prendre position sur la question de savoir si, dans une situation de dilemme, il fallait plutôt épargner la vie d'un homme âgé ou celle d'une jeune fille. Il a été convenu qu'il fallait éviter qu'un dilemme de cet ordre ne survienne et que si tel était tout de même le cas, la décision devait revenir à un générateur aléatoire.
- **Sécurité et protection des données** : Le débat approfondi sur la sécurité et la protection des données a montré que les participants étaient généralement très sensibilisés à ces questions. De l'avis général, les dépositaires des données auraient également la possibilité d'influencer les comportements individuels, et ce sans même que cela ne se remarque. Alors que certains pensent qu'un danger de ce type est principalement lié aux grands acteurs comme Google et Apple, d'autres se souviennent du « scandale des fiches » et craignent plutôt que les données soient thésaurisées par l'État.

Dans l'ensemble, toutes les discussions ont révélé un certain équilibre entre les avantages et les inconvénients des voitures autonomes, sans qu'un point de vue clairement identifiable ne se cristallise d'un côté ou de l'autre. La plupart des personnes ont cité à la fois des arguments pour et des arguments contre, sans se déclarer nettement partisan ou adversaire.

Approches réglementaires – le point de vue des experts

Sur la base des résultats tirés des scénarios d'utilisation et des conclusions des groupes de discussion, un atelier d'experts a été organisé afin de formuler des stratégies de réglementation permettant de donner une orientation politique à l'évolution probable de la conduite automatisée en Suisse.

Les experts s'accordent sur le fait que l'arrivée de la conduite automatisée est imminente et qu'il est nécessaire de la réglementer aujourd'hui, sans attendre vingt ou trente ans. Un « laisser faire » entraînerait un transfert significatif du transport collectif vers le transport individuel. Une telle évolution est susceptible de provoquer une augmentation de la congestion du trafic et/ou une demande accrue d'infrastructures, ce malgré tous les bénéfices en termes d'efficacité résultant de l'automatisation de la conduite.

Pour les experts, il a été plus difficile de se prononcer sur la question de l'impact qu'une réglementation politique doit viser. Cette question a une composante normative et doit, en fin de compte, s'appuyer sur un objectif sociétal. Toutefois, à l'heure actuelle, de tels objectifs sont inexistantes ou contradictoires, et il ne faut pas s'attendre à ce qu'ils apparaissent avec la clarté requise dans un avenir proche. Les questions en jeu sont complexes et encore trop vagues à bien des égards pour qu'un consensus social et politique soit possible.

Dans ce contexte, il a été utile de centrer la discussion sur les trois scénarios et de se demander quelles options réglementaires doivent être développées dans quels scénarios, et à quel niveau les pouvoirs publics doivent en assumer la responsabilité. Les experts sont arrivés à la conclusion suivante :

- De nombreuses options de réglementation sont pertinentes pour tous les scénarios. Par exemple, les questions d'admission à la circulation, de responsabilité et de sécurité doivent être clarifiées indépendamment de l'évolution de la conduite automatisée. En outre, les experts considèrent également que la définition par le marché de la politique des prix est un instrument commun à tous les scénarios. Selon les experts, les options réglementaires suivantes devraient également être prises en compte dans les scénarios de transport collectif : adapter la procédure de commande dans le secteur des transports publics et modifier en conséquence la loi ou l'ordonnance sur le transport de voyageurs, octroyer des privilèges aux voitures autonomes (par exemple des voies spéciales) ainsi que, dans le scénario 2, utiliser des algorithmes de dispatching et créer des centres de

transfert. La palette des instruments envisageables est encore utilisée de manière très inégale en fonction des propositions des experts. Il s'agit surtout de préceptes et d'interdictions ainsi que de mécanismes incitatifs de marché.

- Dans un état fédéral comme la Suisse, c'est d'abord et avant tout la Confédération qui est sollicitée en matière de réglementation au sens strict. Les cantons ont toutefois un rôle important à jouer dans le cadre des commandes de transports publics et, d'une manière générale, dans la mise en œuvre des réglementations nationales telles que la perception de l'impôt sur les véhicules à moteur.

Actions politiques nécessaires – le point de vue des acteurs principaux

Les approches réglementaires élaborées au cours de l'atelier d'experts ont ensuite fait l'objet de nouvelles discussions avec les acteurs de la politique, de l'administration, de l'économie privée et des associations, avec pour objectif d'en tirer les actions politiques les plus concrètes possibles. Dans l'ensemble, les acteurs principaux n'ont pas remis en question le fait que la conduite automatisée – au sens du niveau SAE 4 au moins – s'imposerait tôt ou tard en Suisse également. L'importance de la conduite automatisée pour notre système de mobilité a généralement été considérée comme élevée. Cette évaluation repose principalement sur les gains d'efficacité escomptés. Toutefois, il est également apparu clairement que la conduite automatisée peut et doit également contribuer à la durabilité du transport en général.

Le fait qu'il est important et urgent de mener dès aujourd'hui un discours social et politique sur les options réglementaires a été largement approuvé. À cet égard, la discussion avec les acteurs principaux a révélé qu'il existe déjà un consensus implicite sur des aspects importants, comme par exemple que le principe de base du système de mobilité suisse où les transports publics ont une place essentielle mérite d'être préservé et que la Suisse peut et doit jouer un rôle de pionnier dans le développement de la mobilité automatisée. Les piétons et les cyclistes doivent également continuer à trouver leur place sur les voies de circulation, en particulier dans les zones à forte densité de population. En outre, le système de transport global doit être respectueux de l'environnement et compatible avec la lutte contre le changement climatique.

Comme les experts, les acteurs principaux ont également eu des opinions divergentes, en particulier sur la question de savoir dans quelle mesure l'État doit s'impliquer. Les uns préconisaient un État modéré qui ouvre avant tout l'accès au marché et supprime les obstacles, tandis que les autres préféraient une approche proactive qui impose les prestations souhaitées et bloque tout développement indésirable.

Recommandations d'action

Les actions préconisées sont expliquées en conclusion. Deux mesures sont impératives pour que la conduite automatisée à partir du niveau 3 puisse être autorisée et, en ce sens, pour créer les conditions préalables à de nouvelles actions :

- Création des conditions-cadre en Suisse pour l'admission à la circulation des véhicules à automatisation conditionnelle et à automatisation complète pour le transport de personnes et de marchandises
- Formation et perfectionnement dans le maniement de véhicules automatisés (à automatisation complète)

Dix autres mesures concrètes sont à envisager selon l'option prise par les pouvoirs publics. Les mesures suivantes sont recommandées dans le cas d'un **rôle de facilitateur** (en anglais « enabler »), structurant mais prudent :

- Débat social et politique sur l'utilisation des données produites par les véhicules, notamment en ce qui concerne les questions d'éthique et de protection des données
- Formulation d'une position à un niveau étatique en matière de politique des données qui tienne compte des intérêts du secteur public
- Adaptation de la loi sur le transport de voyageurs et de l'ordonnance correspondante
- Assouplissement des pratiques et des exigences en matière d'octroi de licences pour les entreprises de transport titulaires d'une licence
- Développement d'un réseau de téléphonie mobile efficace

- Mise en place d'une plateforme de données avec un « open data conditionnel »³

En se basant sur des objectifs politiques clairs, l'État peut prendre un **rôle de « leader »**. À cet effet, les recommandations ci-dessus devraient encore être complétées par les mesures et instruments suivants :

- Dialogue entre la politique, la science et la société civile sur les souhaits futurs en matière de mobilité
- Formulation d'objectifs pour la mobilité future en Suisse
- Développement d'idées et de propositions pour renforcer les formes collectives de mobilité (p. ex. incitations, privilèges/restrictions, conditions en matière de concessions ou d'admissions à la circulation, information ou persuasion)
- Contrôle du trafic par les autorités

Par ailleurs, des thèmes de recherche, des projets pilotes et des tests sont proposés afin de générer davantage de connaissances et d'expérience sur les incidences en matière de transports, d'espace et d'environnement. La recherche dans les domaines touchant à la sécurité est considérée comme particulièrement importante. En ce qui concerne l'interaction entre l'humain et la machine, il est notamment intéressant de se poser la question de la « confiance » accordée aux machines et du taux d'erreur des véhicules automatisés considéré comme acceptable par la société suisse. En ce qui concerne la sécurité routière, il est possible d'obtenir des résultats empiriques sur la vitesse à laquelle les véhicules automatisés peuvent circuler dans un trafic mixte en zone à forte densité de population, sur la manière dont différents niveaux d'automatisation peuvent circuler simultanément et en toute sécurité ainsi que sur la forme que peut prendre une communication sûre entre usagers de la route automatisés et non automatisés.

³ En vertu d'un tel principe, les données sont librement accessibles ; tout un chacun peut les obtenir gratuitement, mais doit à son tour en remettre à disposition dans la mesure où elles servent à exploiter un modèle commercial. Les données ainsi enrichies sont à nouveau accessibles à tous et peuvent être utilisées pour de nouvelles applications. Ceci ne s'applique pas aux « données valorisées », c'est-à-dire aux informations. Celles-ci peuvent encore être échangées sur le marché. Pour définir où se situe la limite entre données et information, il faut que les parties concernées négocient ensemble (ASTRA, 2018).

sés. Enfin, outre les questions de sécurité, d'autres recherches portent sur les conséquences de la conduite automatisée sur la politique territoriale, énergétique et climatique. Les questions suivantes, notamment, sont prioritaires : Comment éviter les effets de rebond ? Comment accroître l'efficacité énergétique par l'utilisation de véhicules automatisés et en réseau ? Quels sont les besoins des villes en termes de réglementation afin de faire concorder les fournisseurs de services de mobilité actuels et futurs avec la réalisation des objectifs de mobilité urbaine ?

Sintesi

Le vetture autopilotate in Svizzera

La guida automatica ha in sé le potenzialità per rivoluzionare la mobilità e il trasporto di persone e merci. Già oggi sono disponibili sul mercato sistemi omologati di circolazione parzialmente autonomi. Tuttavia, ipotizzando una crescita costante del collegamento in rete dei veicoli, è altamente probabile che i cambiamenti più vistosi avverranno al raggiungimento di livelli di automazione superiori, ossia con autovetture ad automazione condizionale e completa. Veicoli di questo tipo si trovano ancora in fase di sviluppo presso le case automobilistiche. Gli esperti stimano che verranno omologati tra il 2025 e il 2050 e che si diffonderanno sul mercato a velocità diverse a seconda dello scenario ipotizzato.

Le opportunità offerte dalla guida automatica devono superare i rischi ad essa correlati, ma attualmente mancano quasi del tutto dati qualitativi e quantitativi atti alla compilazione di un quadro valutativo specifico per la Svizzera. Queste informazioni sono molto importanti soprattutto per gli organi statali, non ultimo perché urge definire il ruolo dello Stato e regolamentare la suddivisione delle competenze tra mano pubblica ed economia privata. C'è ancora tempo per prendere le decisioni fondamentali, ma le previsioni di sviluppo inducono a ritenere che presto scadrà. Queste problematiche interessano numerosi settori specifici: oltre a questioni meramente tecnologiche, emergono numerosi problemi di tipo economico, giuridico, politico, sociale ed etico.

La presente valutazione transdisciplinare delle conseguenze tecnologiche intende produrre un'analisi delle priorità da cui partire per evidenziare aspetti importanti della guida in rete e automatica nel traffico stradale e discutere in tutta la loro ampiezza tematica le opportunità e i rischi di utilizzo della tecnologia in oggetto. Su questi presupposti lo studio formula poi raccomandazioni di intervento al fine di sfruttare le opportunità e contenere i rischi con un quadro normativo corretto.

Lo studio non si propone di rispondere con tutta l'eshaustività possibile alle questioni di natura tecnologica, bensì di descrivere la tecnologia in modo tale da far emergere i nessi sostanziali e le questioni-chiave che si pongono a livello sociale. Dalla valutazione complessiva si ricavano raccomandazioni desti-

nate a istituzioni statali di ogni livello, ma anche alle aziende dei trasporti, all'industria e alle associazioni di settore.

Stato attuale delle conoscenze

Lo studio riassume il livello delle conoscenze e lo spazio di manovra della Confederazione svizzera al momento della redazione. Le schede informative in appendice offrono una panoramica dettagliata delle definizioni e della terminologia, delle correlazioni importanti e degli aspetti rilevanti di progetti di ricerca nazionali e internazionali (p. 207 ff.). Attraverso un'analisi della letteratura specifica e sulla scorta di interviste mirate a esperti in materia, è stato possibile raccogliere le nozioni più importanti e suddividerle in varie aree tematiche fortemente legate tra loro:

- livelli di automazione e omologazione delle autovetture
- sviluppo, diffusione e accettazione
- fondamenti giuridici
- dati, IT, protezione e sicurezza dei dati
- sicurezza stradale
- effetti sulla capacità della rete stradale, efficienza e risorse
- società ed etica
- aspetti economici
- applicazioni nel traffico passeggeri
- applicazioni nel traffico merci.

Lo studio si basa sui sei livelli di automazione della Society of Automotive Engineers (SAE), che spaziano dal livello 0 (nessuna automazione) al livello 5 (automazione totale). Per essere definita "autopilotata" una vettura deve possedere un livello di automazione alto o totale (livelli 4 e 5). Lo studio utilizza in senso più ampio anche il termine "automatica", che include i livelli di minore automazione da 1 a 3 (assistenza alla guida, automazione parziale e automazione condizionale).

Potenziale modalità di diffusione delle autovetture autopilotate sul mercato

Per evidenziare la potenziale gamma d'uso delle autovetture automatiche nel futuro, lo studio adotta tre diversi scenari. Sebbene attualmente il settore del traffico stia sperimentando una rapida digitalizzazione, l'evoluzione futura è ben lontana dall'essere vincolata a binari precostituiti, tant'è che un domani i progressi tecnologici e le scelte politiche potrebbero rimettere in discussione interdipendenze già date per assodate. L'interesse del presente studio si concentra soprattutto su scenari futuri con automobili totalmente autopilotate, in cui la persona può delegare del tutto il controllo del veicolo. Non è ancora chiaro quando e a che condizioni si raggiungerà il livello corrispondente. Per questo motivo viene preso in considerazione anche uno stadio intermedio a penetrazione inferiore.

Tutti e tre gli scenari partono dal presupposto che lo sviluppo verrà influenzato dai megatrend generali; l'una o l'altra macrotendenza acquisterà però maggiore importanza o procederà più velocemente a seconda dello scenario. Gli scenari si distinguono essenzialmente sulla base di due variabili: la differenziazione degli spazi in Svizzera e quella tra utilizzo prettamente individuale oppure collettivo delle vetture autopilotate. Con "traffico collettivo" si designano tutte le forme di trasporto in cui la persona ricorre a un veicolo non privato che durante la corsa può essere co-utilizzato – almeno temporaneamente – anche da altre persone, ossia condiviso simultaneamente o utilizzato in pool (car-pooling o ride-sharing).

Nel primo scenario (utilizzo fortemente individualizzato) si evidenzia in tutti i tipi di territorio un uso marcatamente individuale, il cui sviluppo si evolve sulla spinta del mercato e per lo più senza che la politica eserciti alcuna influenza. Gli elementi trainanti sono costituiti dalle case automobilistiche e dalle aziende che si occupano di fornire ed elaborare i dati. Lo Stato interviene con regolamentazioni minime solo laddove entrino in gioco problemi di sicurezza o emergano difficoltà.

Nel secondo scenario (nuove proposte nei centri urbani e nelle agglomerazioni) la mano pubblica assume un ruolo più attivo nell'introduzione delle autovetture autopilotate. Lo Stato assicura vantaggi di mercato alla circolazione collettiva all'interno di spazi densamente popolati tramite (nuove) regolamentazioni idonee. Emanando inoltre direttive sullo scambio dei dati e intervenendo a regolamentare il flusso del traffico. Questo intervento mira a prevenire sovraccarichi della circolazione nei centri urbani e nelle agglomerazioni, oltre che a voler assicurare

a tutti soluzioni allettanti di mobilità. Al di fuori di questi spazi, dove la circolazione è inferiore, la politica non vede necessità di intervento e affida lo sviluppo al mercato.

Il terzo scenario (utilizzo fortemente collettivo dei veicoli in tutto il territorio federale) implica un intervento molto attivo da parte dello Stato. Garantire offerte di circolazione collettiva anche nelle zone di scarsa domanda richiede tariffazioni consone nonché una normativa coerente e sistematica. L'impegno risulta oneroso anche per la necessità di copertura capillare del territorio svizzero con un'infrastruttura di comunicazione affidabile. In questo scenario la politica attribuisce la massima importanza agli obiettivi energetici e ambientali.

In tutti e tre gli scenari si presuppone che le autovetture autopilotate verranno utilizzate sia dalla popolazione sia dalle aziende logistiche e che di conseguenza la mobilità svizzera si modificherà. I cambiamenti che interverranno scenario per scenario vengono quantificati sulla base di alcuni parametri importanti del comportamento di mobilità e del sistema dei trasporti. Lo sviluppo del sistema dei trasporti, tuttavia, non può essere analizzato senza tenere conto degli obiettivi di trasporto della Confederazione. Questi ultimi sono fondamentali per delimitare il quadro in cui spaziano le previsioni nazionali, ma contengono anche elementi conflittuali che vengono brevemente illustrati.

Gli effetti potenziali dei tre scenari su aspetti importanti della sostenibilità (ad esempio il volume del traffico e i chilometri percorsi, la concentrazione territoriale e il consumo di energia, risorse e superfici) sono diversi; la tabella che segue ne offre una panoramica.

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	Utilizzo fortemente individualizzato		Nuove offerte in centri urbani e agglomerazioni		Traffico fortemente collettivo in tutta la Svizzera	
	Bassa penetrazione	Alta penetrazione	Bassa penetrazione	Alta penetrazione	Bassa penetrazione	Alta penetrazione
Volume traffico persone						
Percentuale mobilità collettiva						
Percorrenze traff. individuale						
Volume trasporto merci						
Percentuale trasp. su rotaia						
Percorrenze trasporto merci su strada						
Concentrazione territoriale						
Consumo di energia/risorse						
Fabbisogno di superfici						
Fabbisogno di dati						
Sicurezza del traffico						

Fig: Effetti degli scenari sui parametri rilevanti

Mentre presumibilmente lo scenario 1 determina volumi di traffico e chilometri percorsi superiori nell'ambito del traffico merci e passeggeri, nello scenario 3 le percorrenze potrebbero ridursi di netto, senza che il volume di traffico e/o di trasporto diminuisca di conseguenza. Nello scenario 2 la tendenza agli aumenti nello spazio extraurbano e al calo nelle agglomerazioni vanno grossomodo a compensarsi, se consideriamo la globalità del territorio svizzero. Inoltre gli scenari esercitano effetti differenti sulla concentrazione territoriale. Lo scenario 1 favorisce un'ulteriore dispersione, mentre la mobilità collettiva dello scenario 3 potrebbe portare piuttosto a un'ulteriore concentrazione degli insediamenti. Le ripercussioni sul territorio di questi effetti vanno comunque considerate nel contesto generale di sviluppo della popolazione e di pianificazione territoriale, che sarà a sua volta diverso di scenario in scenario. La differenza più vistosa emerge nel consumo delle risorse: nello scenario 1 potrebbe crescere notevolmente quello di energia e superfici, mentre nello scenario 3 la maggiore concentrazione delle corse potrebbe consentirne una sensibile riduzione. L'esigenza di dati registra un aumento in tutti gli scenari.

L'opinione della popolazione sulle vetture autopilotate

La valutazione delle conseguenze tecnologiche non deve fondarsi esclusivamente sul sapere specialistico, ma prendere in considerazione anche il punto di vista di cittadine e cittadini. Forti di questo approccio, gli aspetti fondamentali delle autovetture autopilotate sono stati affrontati in gruppi di discussione con gente comune. I gruppi tematici hanno permesso di sintetizzare l'attuale gamma di opinioni sul tema delle vetture autopilotate nella società civile e di dibattere le questioni dell'accettazione e degli aspetti sociali ed etici. La discussione si è concentrata sui seguenti temi, in parte controversi:

- **aumento del comfort:** se da alcuni è stato valutato come fattore positivo, nel senso di un aumento della comodità, altri lo hanno interpretato in negativo come incentivo alla pigrizia;
- **effetti sulla circolazione:** molti partecipanti paventano un aumento del traffico e conseguentemente maggiori ingorghi ed effetti negativi sull'ambiente;
- **ruolo dello Stato:** non viene escluso per principio un ruolo forte dello Stato alla luce dei possibili effetti positivi sulla circolazione collettiva, ma si re-

gistra disaccordo sul grado di ingerenza che lo Stato dovrebbe esercitare sul comportamento di mobilità dei singoli;

- **sicurezza:** indipendentemente dagli scenari, alcuni partecipanti alla discussione hanno espresso perplessità sul piano della sicurezza della guida automatizzata. Termini ricorrenti come hacking, attacco terroristico e guasti elettrici stanno a dimostrare che allo sviluppo della guida automatizzata si legano nuove paure. È inoltre emerso che il livello di sicurezza richiesto alle macchine è superiore a quello che si esige dalle persone;
- **questioni etiche:** nel blocco relativo alle questioni etiche, i partecipanti alla discussione non hanno voluto prendere posizione – malgrado le insistenze – sul dilemma se, in una situazione estrema, sia prioritario salvare la vita di un anziano o di una bambina. Tutti sono stati concordi nel dire che simili situazioni estreme non dovrebbero verificarsi e che, se proprio, la decisione va presa ricorrendo a un generatore di scelte casuali;
- **sicurezza e protezione dei dati:** una discussione approfondita sulla sicurezza e sulla protezione dei dati ha evidenziato la forte sensibilità generale dei partecipanti a queste tematiche. Chi riesce a impossessarsi dei dati ottiene anche il potere di influenzare il comportamento dei singoli, persino a loro insaputa – questa la tesi condivisa. Mentre alcuni considerano fonte di pericolo soprattutto le multinazionali come Google e Apple, altri – memori dello “scandalo delle schedature” – temono di più la raccolta di informazioni da parte dello Stato.

Nel complesso per l'intero svolgimento delle discussioni si è rilevato un equilibrio di massima tra vantaggi e svantaggi delle autovetture autopilotate, senza che si potessero isolare chiaramente schieramenti pro e contro. La maggior parte delle persone ha menzionato sia argomentazioni a favore che contrarie, senza essere in grado di abbracciare sin d'ora una posizione ben definita in un senso o nell'altro.

Approcci regolamentativi – l'opinione degli esperti

Sulla base delle conoscenze ricavate dagli effetti degli scenari d'uso e dai risultati dei gruppi di discussione, una commissione di esperti ha elaborato principi regolamentativi che consentirebbero di guidare politicamente gli sviluppi prevedibili della guida automatica in Svizzera.

Gli esperti concordano sul fatto che la guida automatica si diffonderà e che la relativa regolamentazione deve essere impostata ora, e non tra venti o trent'anni. Un atteggiamento all'insegna del *laisser-faire* determinerebbe un forte spostamento della circolazione da collettiva a individuale. Pur con tutti i vantaggi in termini di efficienza che la guida automatizzata introdurrebbe, lo sviluppo in direzione del traffico individuale potrebbe produrre un aumento degli ingorghi e/o maggiori esigenze di sviluppo delle infrastrutture.

Più difficile invece è stato valutare quali debbano essere gli effetti indispensabili della regolamentazione politica. La questione ha una componente normativa, che in ultima analisi deve perseguire obiettivi sociali. Tuttavia attualmente sono proprio tali obiettivi a mancare o a risultare contraddittori, e non si prevede di riuscire a definirli con la necessaria chiarezza nel prossimo futuro. Le domande correlate sono complesse e al contempo per molti versi ancora troppo vaghe per catalizzare il consenso sociale e politico.

Visti i presupposti, si è rivelato utile orientare la discussione sui tre scenari, chiedendosi quali opzioni di regolamentazione andrebbero sviluppate in ciascuno e quali organi statali dovrebbero esserne responsabili. Le conclusioni degli esperti sono le seguenti:

- Diverse opzioni di regolamentazione risultano sensate per più scenari. Le questioni inerenti a omologazione, responsabilità e sicurezza devono essere chiarite indipendentemente dall'evoluzione della guida automatizzata. Inoltre gli esperti ritengono che anche l'indirizzamento del mercato a mezzo pricing sia uno strumento utile in più scenari. Tra le altre opzioni da prevedere negli scenari più orientati al traffico collettivo figurano la modifica della procedura di prenotazione dei mezzi pubblici, della Legge sul trasporto di viaggiatori e delle ordinanze, l'istituzione di privilegi per le vetture autopilotate (ad esempio corsie preferenziali) e, nello scenario 2, l'utilizzo di algoritmi di dispatching e la creazione di hub di transito. Le proposte degli esperti contemplanò un uso assai differenziato di una "toolbox" contenente strumenti disparati; in primo piano ci sono norme, divieti e incentivi destinati all'economia di mercato.
- Sebbene in materia di regolamentazione della Svizzera federale la prima responsabile in senso stretto sia la Confederazione, ai Cantoni spetta comunque un ruolo importante nell'organizzazione del traffico pubblico e in generale nell'implementazione della normativa nazionale, come ad esempio nella riscossione dell'imposta di circolazione.

Esigenza di intervento politico – l'opinione degli stakeholder

Nello step successivo i principi regolamentativi sviluppati nel workshop degli esperti sono stati discussi con gli stakeholder della politica, dell'amministrazione pubblica, dell'economia e delle associazioni. L'obiettivo era estrarre dai suddetti principi regolamentativi proposte di intervento il più concrete possibile per la politica. Nel complesso gli stakeholder non hanno messo in dubbio il fatto che prima o poi le vetture autopilotate – nel senso del livello SAE 4 o superiore – si affermeranno anche in Svizzera. In generale l'importanza della guida automatizzata per il nostro sistema di mobilità è stata classificata "alta". Questa valutazione si fonda innanzitutto sull'aumento di efficienza che si suppone ne deriverà, ma non si è mancato di evidenziare che la guida automatizzata può e deve fornire anche un contributo alla sostenibilità dei trasporti in generale.

Nel complesso si è concordato sul fatto che sia importante e urgente avviare da subito un dibattito sociale e politico sulle opzioni normative. A questo proposito la discussione con gli stakeholder ha evidenziato che su determinati aspetti importanti c'è già un implicito consenso. Per esempio sul fatto che vale la pena preservare il principio base del sistema di mobilità svizzero incentrato sui mezzi pubblici e che in questo settore la Svizzera possa e debba assumere un ruolo di pioniera anche nell'ulteriore sviluppo della mobilità automatica. Anche i pedoni e i ciclisti dovranno continuare a trovare spazio nella circolazione veicolare, in particolare nelle aree densamente popolate. Inoltre l'impatto del sistema di circolazione complessivo su ambiente e clima deve risultare sostenibile.

Come già tra gli esperti, anche tra gli stakeholder è soprattutto la misura dell'intervento statale a suscitare discordia. Alcuni sono a favore di uno Stato poco invasivo, che provveda in primis ad aprire il mercato eliminando gli ostacoli, mentre altri propendono per un intervento proattivo che favorisca le proposte auspiccate e corregga da subito eventuali derive negative.

Raccomandazioni di intervento

Per concludere vengono illustrate le raccomandazioni di intervento. Per consentire livelli di guida automatizzata superiori al terzo e porre così i presupposti per ulteriori interventi risultano urgenti due provvedimenti:

- creazione in Svizzera dei presupposti per l'omologazione di veicoli con automazione condizionale e totale adibiti al trasporto di persone e merci;
- formazione e perfezionamento professionale nella gestione di vetture parzialmente/totalmente automatiche.

Altri dieci interventi concreti vengono inoltre suddivisi in base alle due possibili posizioni statali di intervento. Volendo assegnare alle istituzioni un **ruolo di “enabler”** poco invasivo, sono raccomandati i seguenti provvedimenti:

- discussione sociale e politica sull'utilizzo dei dati prodotti dalle vetture, in particolare in relazione a questioni etiche e di privacy;
- formulazione di una posizione che coinvolga più livelli statali nella politica dei dati che definisca gli interessi della mano pubblica;
- adeguamento della Legge sul trasporto di viaggiatori e della relativa ordinanza;
- semplificazione della prassi di autorizzazione e degli oneri per le aziende di trasporto concessionarie;
- installazione di una potente rete radiomobile;
- allestimento di una piattaforma dati con “open data condizionati”⁴.

A partire da obiettivi politici chiari, lo Stato può assumere il **ruolo di “leader”**. In questo caso – a integrazione delle raccomandazioni menzionate sopra – si dovrebbero adottare le misure e gli strumenti che seguono:

- dialogo sulla mobilità che si auspica per il futuro coinvolgendo il mondo politico, la scienza e la società civile;
- elaborazione degli obiettivi per la futura mobilità in Svizzera;

⁴ Questo principio presuppone che i dati siano di libero accesso; chiunque può attingervi liberamente ma, se con i dati prelevati viene gestito un modello commerciale, è tenuto a propria volta a fornirne. I dati così arricchiti tornano quindi a disposizione e possono essere utilizzati per nuove applicazioni. Da ciò sono esclusi i “dati trattati”, ossia le informazioni. Queste possono continuare a essere negoziate sul mercato. Il confine tra dati e informazioni è oggetto di trattativa tra le controparti (ASTRA, 2018).

- sviluppo di idee e proposte per il potenziamento di forme collettive di mobilità (p.es. incentivi, privilegi/restrizioni, oneri su concessioni e omologazioni, informazioni o persuasione);
- sovranità dello Stato nel controllo del traffico.

Si propongono inoltre temi di ricerca, esperimenti pilota e test per generare ulteriori conoscenze e ottenere esperienze sugli effetti prodotti sulla circolazione, sul territorio e l'ambiente. Vengono considerati particolarmente importanti i lavori di ricerca che vertono sulla sicurezza. Con riferimento all'interazione uomo-macchina sono degne di interesse anche le questioni della "fiducia" nelle macchine e della percentuale di errore delle vetture automatizzate accettata dalla società svizzera. In riferimento alla sicurezza della circolazione occorre ancora una volta acquisire conoscenze empiriche, ad es. sulla velocità con cui le autovetture automatizzate possono viaggiare in un traffico misto su territori densamente edificati, su come gradi di automazione diversi possano convivere in sicurezza nella circolazione e su come possa funzionare la comunicazione sicura tra mezzi circolanti automatizzati e non automatizzati. Infine, oltre alle ricerche sui temi relativi alla sicurezza, sono auspicabili studi dedicati agli effetti della guida automatizzata sull'assetto territoriale, sulla politica energetica e quella climatica. Tra le domande di primo piano in questi campi si segnalano: come evitare effetti rebound? Come aumentare l'efficienza energetica con l'uso di vetture automatizzate e connesse in rete? Di quali norme hanno bisogno le città per preparare i provider di mobilità odierni e futuri a raggiungere gli obiettivi?

1. Selbstfahrende Fahrzeuge in der Schweiz

Die vorliegende Studie zur Technologiefolgenabschätzung nimmt ein zurzeit sowohl in der Fachwelt als auch in der breiten Bevölkerung diskutiertes Thema auf: autonome oder automatisierte Fahrzeuge bzw. selbstfahrende Autos. Der erste Abschnitt (1.1.) dieses Kapitels erläutert den konkreten Hintergrund sowie die Ziele der Studie und gibt die strategischen Grundlagen des Bundes wieder.

Der zweite Abschnitt (1.2.) gibt einen Überblick über den Stand des Wissens im Jahr 2018 und zur durchgeführten Literaturanalyse, in deren Rahmen die Grundlagen zum Thema selbstfahrender Autos aus allen tangierten Perspektiven (Politik, Recht, Ethik, Gesellschaft, Technologie, Wirtschaft) zusammengetragen wurden. Bei der Literaturanalyse wurden gezielt auch Erfahrungen aus dem Ausland mit einbezogen. Ergänzend zur groben Übersicht in Abschnitt 1.2. ist das detaillierte Wissen in umfangreichen Factsheets zu ausgewählten Themenkomplexen im Anhang dokumentiert.

1.1. Einleitung

1.1.1. Hintergrund der Studie

Das automatisierte Fahren hat das Potenzial, die Mobilität und den Verkehr von Personen und Gütern grundlegend zu verändern. Bereits heute sind teilautomatisierte Systeme zugelassen und auf dem Markt verfügbar. Deutliche Veränderungen werden aber mit den nächsten Automatisierungsstufen und unter Annahme einer zunehmenden Vernetzung von Fahrzeugen erwartet. Solche hoch- und vollautomatisierten Fahrzeuge werden von Fahrzeugherstellern derzeit entwickelt. Je nach Experteneinschätzung sollen diese ab 2025 bis 2050 zugelassen werden und ihren Durchbruch erfahren. In der internationalen Fachwelt werden die möglichen Effekte des automatisierten und vernetzten Fahrens auf zahlreiche Lebensbereiche breit diskutiert.

Zur Konkretisierung der Chancen und Risiken für die Schweiz fehlen bisher aber weitgehend qualitative und quantitative Aussagen. Solche sind insbesondere aus Sicht der staatlichen Akteure von grosser Wichtigkeit, da unter anderem auch die Rolle des Staates zu definieren und die Aufgabenteilung zwischen öffentlicher Hand und der Privatwirtschaft zu regeln ist. Das Zeitfenster für grundlegende Entscheide ist heute offen, dürfte sich aber hinsichtlich der erwarteten zeitlichen Entwicklung bald schliessen.

Aus heutiger Sicht scheint klar, dass mögliche (neue) Nutzungen von selbstfahrenden Fahrzeugen zahlreiche Chancen bieten. Beispielsweise können neue Personengruppen von einer individuellen Mobilität profitieren (Kinder, Seniorinnen und Senioren) und die Sicherheit im Verkehr kann steigen. Durch eine erhöhte Effizienz im Betrieb der Infrastrukturen können auch zusätzliche Kapazitäten geschaffen und die Erreichbarkeiten in der Schweiz verbessert werden. Weiter sind neue Möglichkeiten für die Verkehrssteuerung, Flächengewinne in Städten und neue verkehrliche Angebotsformen im öffentlichen resp. kollektiven Verkehr denkbar. Zum letzten Punkt werden in Schweizer Pilotprojekten bereits automatisierte Shuttles getestet (z.B. Sion, Fribourg, Meyrin, Neuhausen, Zug, Bern). Auch in der Logistik und im Güterverkehr sind durch die Anwendung automatisierter Systeme grosse Effizienz- und Attraktivitätsgewinne zu erwarten.

Auf der anderen Seite sind aber auch Risiken absehbar: Besonders relevant ist die potenzielle Zunahme der Verkehrs- und Fahrleistung. Selbstfahrende Fahrzeuge könnten beispielsweise eigenständig zwischen dem Wohn- und dem Arbeitsort oder der Schule verkehren und Güter ausliefern. Entsprechende Leerfahrten erhöhen die Fahrleistung. Mit der Nutzung der Reisezeit für andere Aktivitäten sinken zudem die Reisezeitkosten. Diese Vorteile könnten in längere und häufigere Fahrten reinvestiert werden und damit zu einer weiteren Zersiedelung führen. Zudem wird die wichtige Bedeutung des öffentlichen Verkehrs im heutigen Sinne durch neue konkurrierende Angebote infrage gestellt. Die drohende Zunahme der Fahrleistungen auf der Strasse widerspricht den Bundeszielen zur Aufrechterhaltung einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur, weil diese häufig nicht weiter ausgebaut werden kann oder dies nicht gewollt ist. Aus diesem Grund müssen frühzeitig nachfragelenkende Regulierungsansätze gefunden werden, beispielsweise Anreize oder Auflagen bei der Zulassung von automatisierten Fahrzeugen.

Weiter bestehen technologische und rechtliche Herausforderungen. Diese betreffen zum Beispiel die Ausrüstung der Strasseninfrastruktur, die Standardisierung im Bereich der V2X-Daten (Vehicle-to-Vehicle- bzw. Vehicle-to-Infrastructure-Daten) sowie die Einrichtung einer leistungsfähigen und sicheren Datenübertragungsinfrastruktur, die jederzeit auch die Informationssicherheit und den Datenschutz (ISDS) gewährleistet. Für den Datenschutz müssen Lösungen gefunden werden, wie verkehrliche Daten für die Optimierung der Verkehrsabläufe genutzt werden können, ohne den Schutz der Privatsphäre von Individuen einzuschränken.

Auch bezüglich der Sicherheit und Ethik stellen sich zahlreiche Fragen, beispielsweise wie ein möglichst risikoarmes Nebeneinander von verschiedenen Verkehrsformen und Automatisierungsstufen gewährleistet werden kann. Eingehend mit dieser Frage drängt sich der Bedarf nach Lösungen für eine intuitive Kommunikationsform z.B. zwischen Zufussgehenden sowie Velofahrenden und selbstfahrenden Fahrzeugen auf: Wie teilt beispielsweise das vollautomatisierte Fahrzeug einem Fussgänger mit, dass es ihn über die Strasse lässt? Solche Fragen lassen sich nur teilweise mittels Technologie beantworten. Es gilt zu entscheiden, ob sich die Strassenräume den selbstfahrenden Autos anzupassen haben oder ob die automatisierten Fahrzeuge sich den anderen Verkehrsteilnehmenden unterordnen sollen. Dazu gilt es, die Gesellschaft umfassend über die Stärken und Schwächen von automatisierten und vernetzten Systemen zu informieren und später für deren Gebrauch in geeigneter Form auszubilden. Hierzu gehört auch die Sensibilisierung auf das vielzitierte Entscheidungsdilemma selbstfahrender Fahrzeuge. Aktuelle Studien und Abschätzungen lassen vermuten, dass eine vermehrte Automatisierung im Verkehr nicht zwingend zu einem Sicherheitsgewinn führen wird, insbesondere nicht in Übergangszuständen. Als Gesellschaft müssen wir definieren, wie wir damit umgehen und welche Sicherheit wir anstreben.

1.1.2. Ziele der Studie

Trotz allen offenen Fragen und Herausforderungen werden die Chancen des vernetzten und automatisierten Fahrens die Risiken voraussichtlich überwiegen und solche technischen Systeme künftig eine grosse Bedeutung für die Mobilität und den Verkehr in der Schweiz haben, sowohl für Personen als auch für Güter. Von dieser Entwicklung sind zahlreiche Fachgebiete betroffen: Neben

rein technologischen Fragen ergeben sich auch zahlreiche Fragen zu Wirtschaft, Recht, Politik, Gesellschaft und Ethik.

Die vorliegende transdisziplinäre Technologiefolgenabschätzung soll eine Auslegeordnung ermöglichen, auf deren Basis wichtige Aspekte des vernetzten und automatisierten Fahrens aufgezeigt sowie die Chancen und Risiken des Technologieeinsatzes in der thematischen Breite diskutiert werden können. Darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen formuliert, um mit den richtigen Rahmenbedingungen die Chancen nutzen und die Risiken minimieren zu können. Hauptfragen der Studie zur Technologiefolgenabschätzung sind somit:

- Welche Chancen und Risiken sind für die Schweiz heute absehbar? Welche Rahmenbedingungen müssen erfüllt sein, damit der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge im Personen- und Güterverkehr einen positiven Einfluss auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft hat?
- Welche Massnahmen müssen ergriffen werden, um erwünschte Effekte herbeizuführen bzw. unerwünschte Effekte zu vermeiden? Müssen Regulierungen geändert oder neu erlassen werden?
- Wo gibt es für den Staat Handlungsbedarf und -optionen? Welche Entwicklungen sind durch die öffentliche Hand beeinflussbar und in welche Richtung soll es gehen? Welche Aufgaben müssen dabei die Kantone und Gemeinden übernehmen? Wie soll die Aufgabenteilung öffentliche Hand – Privatwirtschaft gestaltet werden?
- Welche Daten und welche Infrastruktur werden benötigt? Wer soll diese betreiben und bereitstellen? Wer ist für die Datenbeschaffung und -pflege verantwortlich?
- Wann sind automatisierte Fahrzeuge sicher genug, um von der Gesellschaft akzeptiert zu werden? Welcher Grad von Automatisierung beim Fahrzeug ist erwünscht/akzeptiert?

Das Ziel dieser Studie und damit die Beantwortung dieser Fragen geht darüber hinaus, sich im technischen Verständnis zu erschöpfen. Stattdessen wird die Technologie so beschrieben, dass die wesentlichen Zusammenhänge hervortreten und gesellschaftliche Kernfragen formuliert werden können. Aus einer Gesamtbeurteilung sollen Empfehlungen an Akteure auf allen staatlichen Ebenen, aber auch an Verkehrsunternehmen, Industrie und Branchenverbände abgeleitet werden können.

1.1.3. Strategische Grundlagen des Bundes

Die Handlungsoptionen zum automatisierten und vernetzten Fahren betreffen verschiedene Politikbereiche. Dabei müssen bestehende strategische Grundlagen berücksichtigt werden, insbesondere auf nationaler Ebene. Es handelt sich primär um folgende Themenbereiche und Grundlagen:

- **Verkehrsleistung und -infrastruktur**

Das prognostizierte Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft in der Schweiz dürfte auch zu bedeutenden verkehrlichen Zunahmen führen. Dies zeigt der Bund für die nächsten 20 Jahre in seinen Verkehrsperspektiven 2040 auf (ARE, 2016). Zwar verfügt der Bund über Entwicklungsprogramme für Schiene und Strasse, doch können diese allein den zusätzlichen Verkehr nicht aufnehmen. Das UVEK hat mit dem Orientierungsrahmen 2040 (ARE, 2017) strategische Zielformulierungen erarbeitet, wie die Herausforderungen bezüglich Mobilität und Verkehr angegangen werden sollen. Hauptziel ist ein in allen Aspekten effizientes Gesamtverkehrssystem der Schweiz 2040.

- **Energie und Umwelt**

Mit dem automatisierten Fahren sind unter anderem auch Veränderungen in Bezug auf Energiebedarf und Emissionen zu erwarten. Die Energiestrategie 2050 des Bundes (BFE, 2018) gibt hier nationale Ziele vor: Der Energieverbrauch ist zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und die erneuerbaren Energien sind zu fördern. Das entsprechende Energiegesetz sieht eine Verschärfung der Emissionsvorschriften bei Personenwagen sowie eine Ausweitung auf Lieferwagen und leichte Sattelschlepper vor.

- **Wirtschaft und Digitalisierung**

Der Einsatz von automatisierten Fahrzeugen hat auch makroökonomische Effekte im Personen- und Güterverkehr, beispielsweise bei der Veränderung der Verkehrsleistung, und ebenso Wirkungen auf den Wirtschaftsstandort Schweiz. Der Bund setzt Rahmenbedingungen für die Wirtschaft und möchte die Chancen von neuen Technologien nutzen. Im Rahmen seines Berichts «Rahmenbedingungen der digitalen Wirtschaft» (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2017) hat der Bundesrat eine Standortbestim-

mung innerhalb der Strategie «Digitale Schweiz» vorgenommen. Der Bundesrat zeigt dabei grundsätzlich eine positive und offene Haltung gegenüber der Digitalisierung. Er möchte die Schweiz entsprechend positionieren.

- **Raumordnung**

Siedlungsstruktur und Verkehr sind aufeinander abzustimmen. Automatisiertes und vernetztes Fahren kann die Erreichbarkeiten in der Schweiz verändern. Mit dem Raumkonzept Schweiz (UVEK, KdK, BPUK, SVV, SGV, 2012) verfügt der Bund über ein Zielbild für die zukünftige Raumentwicklung der Schweiz, das von allen Staatsebenen gemeinsam entwickelt und getragen wird.

- **Automatisiertes Fahren**

Der Bundesrat hat in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität. Fahren ohne Fahrerin oder Fahrer. Verkehrspolitische Auswirkungen» per Ende 2016 einen Bericht vorgelegt,⁵ der eine Auslegeordnung zur vernetzten Mobilität macht und die Aktivitäten des Bundes in diesem Bereich erläutert.

1.2. Aktueller Stand des Wissens

In diesem Abschnitt wird der aktuelle Stand des Wissens und der Handlungsspielraum der Schweiz zusammengefasst. Einen detaillierten Überblick über Definitionen und Begriffe, wichtige Zusammenhänge sowie relevante Aspekte von nationalen und internationalen Forschungsprojekten (siehe auch Abschnitt 1.3.) geben die Factsheets im Anhang. In einer Literaturanalyse und mittels gezielter Experteninterviews wurden die wichtigsten Erkenntnisse (Stand 2018) zusammengetragen und in zehn Factsheets zu unterschiedlichen Themenbereichen aufbereitet. Die Abgrenzung der wichtigsten Themenfelder erfolgt auf

⁵ https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strassennetzeallgemein/automatisiertesfahren.pdf.download.pdf/Automatisiertes%20Fahren%20%E2%80%93%20Folgen%20und%20verkehrspolitische%20Auswirkungen.pdf.

Basis der laufenden Fachdiskussion rund um das automatisierte Fahren sowie hinsichtlich der Studienziele.

Alle Factsheets sind nach einem einheitlichen Schema aufgebaut: Im Abschnitt «Hintergrund» erfolgt eine einleitende Erläuterung der Thematik. Eine Übersichtsdarstellung illustriert grundlegende Zusammenhänge des jeweiligen Themenfeldes. Unter «Thema» werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Forschung nach verschiedenen Unterthemen aufgeführt. Bei «Quellen» werden die Informationsgrundlagen aufgeführt und nach Möglichkeit verlinkt. Im Abschnitt «Situation im Ausland» werden wesentliche internationale Aspekte erörtert. Diese beziehen sich vor allem auf die EU und die USA, da dorthin enge Beziehungen bestehen und wichtige Impulse daraus erwartet werden. Im letzten Abschnitt «Situation und Handlungsspielraum der Schweiz» werden die Abhängigkeiten und Möglichkeiten für die Schweiz beschrieben.

1.2.1. Definitionen und Begriffe

In der Diskussion rund um selbstfahrende Fahrzeuge existieren unterschiedliche Begriffe. Je nach Quelle findet das Fahren «autonom», «automatisch» oder «automatisiert» statt. Hierzu ist ein Blick auf die sprachlichen Definitionen hilfreich (in Anlehnung an Maurer et al., 2015):

- «Autonom» steht für unabhängig, eigenständig, selbstbestimmt, nach eigenen Gesetzen lebend. Der Begriff wird üblicherweise im politischen Kontext verwendet. In Verbindung mit selbstlernenden Systemen wird oft das Wort «autonom» verwendet.
- «Automatisch» ist als Begriff aus der Technik bekannt und bedeutet in Bezug auf das Fahren «mit einer Selbstregelung ausgestattet, keine Bedienung erforderlich». Dementsprechend ist ein Automat eine Maschine, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig ausführt.
- «Automatisiert» beschreibt die technische Übertragung von Funktionen vom Menschen auf künstliche Systeme bzw. «das Ausrüsten einer Einrichtung, sodass sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen bestimmungsgemäss arbeitet».
- «Selbstfahrend» bezieht sich auf Fahrzeuge ab dem SAE-Level 4 (siehe Abschnitt 1.2.2.), bei welchem in gewissen Anwendungsfällen kein Fahrer resp. keine Fahrerin mehr an Bord sein muss.

Der Begriff «selbstfahrend» wird in der vorliegenden Studie als Synonym für hoch- und vollautomatisiert verwendet (siehe auch Abschnitt 1.2.2.). In einem umfassenderen Sinn wird in der Studie aber auch der Begriff «automatisiert» verwendet, da er die geringer automatisierten Stufen 1 bis 3 (assistiert sowie teil- und bedingt automatisiert) mit einschliesst.

Die Fachwelt verwendet im Zusammenhang mit dem Verkehr und automatisierten Fahren weitere Begriffe, zahlreiche Abkürzungen und Fachausdrücke. Die wichtigsten werden in den folgenden Abschnitten kurz erläutert. Eine Zusammenstellung findet sich auch im Glossar im Anhang.

1.2.2. Automatisierungsstufen und Fahrzeugzulassung

Es gibt verschiedene Stufen der Automatisierung bei Strassenfahrzeugen. Abbildung 1, Abschnitt 1.3.1. und Factsheet 01 im Anhang zeigen die normierte und heute verwendete Klassifikation der Automatisierungsstufen auf. Die Normierung (*Levels of driving automation*) erfolgt durch die Society of Automotive Engineers (SAE), dem internationalen Verband der Automobilingenieure aus der Luftfahrt-, Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie. Die SAE-Stufen differenzieren sechs Automatisierungsstufen von nicht automatisierten Fahrzeugen (Stufe 0) bis zu vollautomatisierten Fahrzeugen (Stufe 5).

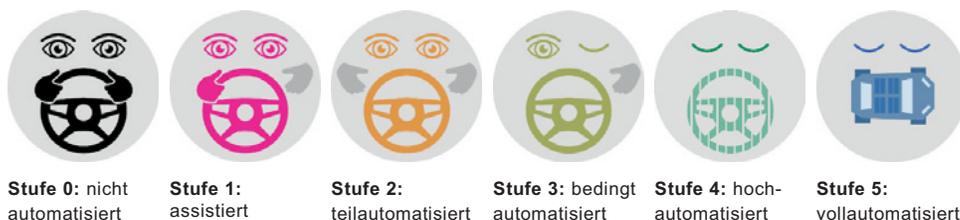


Abb. 1: Automatisierungsstufen nach SAE (eigene Darstellung)

Stufe 0 (nicht automatisiert) beschreibt das konventionelle Fahren ohne die Abgabe von Fahraufgaben an ein technisches System. Einzig die Unterstützung des Lenkenden durch Warnsysteme ist auf dieser Stufe möglich (z.B. Spurhaltungswarnung, Warnungen des Spurwechselassistenten, Kollisionswarnung).

Auf **Stufe 1 (assistiert)** wird mittels «Assistenzsystemen» die Längs- oder Querführung des Fahrzeugs an das System abgegeben, temporär und für spezifische Situationen. Die Fahrerin bzw. der Fahrer übernimmt alle verbleibenden Fahraufgaben und überwacht das System dauerhaft (z.B. Abstandsregeltempomaten oder Spurhalteassistenten).

Stufe 2 (teilautomatisiert) grenzt sich von Stufe 1 ab, indem sowohl die Längs- als auch die Querführung durch das System übernommen werden, jedoch weiterhin nur in temporären spezifischen Situationen (z.B. Stauassistenten oder Funktionen zum automatisierten Parkieren).

Ab **Stufe 3 (bedingt automatisiert)** kann das System alle Fahraufgaben übernehmen, die Fahrerin resp. der Fahrer muss keine dauerhafte Überwachung des Systems mehr vornehmen. Sie/er muss aber auf die Aufforderung des Systems zur Übernahme der Fahraufgaben bereit sein, was die Möglichkeiten für Nebentätigkeiten für Fahrerinnen und Fahrer einschränkt. Beispiele für Stufe 3 sind automatisiertes Fahren unter gewissen Bedingungen auf Autobahnen.

Ab **Stufe 4 (hochautomatisiert)** muss die Fahrerin bzw. der Fahrer das System nicht mehr überwachen und nicht mehr zwingend eingreifen können. Bei Stufe 4 kann das System im Rahmen eines definierten Anwendungsfalls (definiert durch Strassentyp, Geschwindigkeit, Wetter) jederzeit selbst einen risikominimalen Zustand erreichen. Kommt die Fahrerin bzw. den Fahrer der Aufforderung zur Übernahme der Fahraufgaben nicht nach, nimmt das Fahrzeug einen risikominimalen Zustand ein, indem es beispielsweise selbstständig anhält. Im Detail stellt sich die Frage, wie genau der «risikominimale Zustand» definiert wird. So ist Anhalten nicht in allen Situationen risikominimal und entsprechende Halteflächen müssten definiert sein (beispielsweise Pannestreifen auf Autobahnen).

Stufe 5 (vollautomatisiert) grenzt sich von Stufe 4 ab, indem das System keine Beschränkung auf Anwendungsfälle mehr kennt, sondern in jedem Umfeld sämtliche Fahraufgaben übernehmen kann, d.h. bei allen Strassentypen, Geschwindigkeiten und Wetterbedingungen. Es ist keine Fahrerin bzw. kein Fahrer an Bord mehr notwendig. Diese Stufe stellt in Anbetracht der unzähligen Kombinationsmöglichkeiten von Fahrbedingungen und Interaktionen von Verkehrsteilnehmenden sehr hohe technische Anforderungen.

Die Fahrzeugzulassung und damit auch die zugelassenen Automatisierungsstufen werden international geregelt. So dürfen heute Fahrzeuge, die beispielsweise

in der EU zugelassen sind, auch in der Schweiz fahren. Systeme der Stufe 1 («Assistenzsysteme») und 2 («Teilautomatisierung») sind heute bereits zugelassen und international im Einsatz.

Aus rechtlicher und technologischer Sicht stellt der Übergang zu den weiterführenden Stufen 3–5 besondere Anforderungen. Erst ab Stufe 3 übergibt die Fahrerin bzw. der Fahrer die Verantwortung über das Fahrzeug zeitweise dem System, von bestimmten Situationen mit Übernahmebereitschaft bis hin zum dauerhaften Betrieb ohne Fahrer resp. Fahrerin. Auch aus verkehrs- und raumplanerischer Sicht sind insbesondere diejenigen höheren Automatisierungsstufen von Interesse, bei denen eine Fahrerin/ein Fahrer an Bord überflüssig sind und – zumindest technisch gesehen – Leerfahrten möglich machen. Fahrerlose Fahrzeuge sind den Stufen 4 und 5 zuzuordnen und kommen teilweise auch ganz ohne Lenkrad aus. Ein Führerschein ist nicht mehr nötig. Die Schweiz muss ihre Interessen bezüglich der Zulassung dieser höheren Automatisierungsstufen in die internationale Diskussion um die Fahrzeugzulassung (insbesondere im europäischen Umfeld) einbringen.

Während klassische Autohersteller ihre Fahrzeuge evolutionär von einer Automatisierungsstufe zur nächsten entwickeln, befassen sich Technologieunternehmen von Anfang an nur mit selbstfahrenden Fahrzeugen der Stufe 5 (Hermann, 2018).

1.2.3. Entwicklung, Verbreitung und Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge

Eine Ausbreitung von automatisierten Fahrzeugen ist nur möglich, wenn entsprechende Bedürfnisse von Verkehrsteilnehmenden durch diese abgedeckt werden und die Fahrzeuge tatsächlich gekauft werden. Factsheet 02 zeigt die wesentlichen Zusammenhänge für die Durchdringung der Schweizer Fahrzeugflotte mit automatisierten Fahrzeugen von unterschiedlichen Automatisierungsstufen auf. Der Beschrieb geht auf die wichtigsten Kaufargumente sowie Hemmnisse ein und gibt Resultate von Durchdringungsmodellen wieder. Als wesentliche Einflussgrösse wird dabei die Fahrzeugzulassung identifiziert.

Kaufargumente und Hemmnisse für automatisierte Fahrzeuge

Für den Kauf automatisierter Fahrzeuge dürften für Käuferinnen und Käufer vor allem zwei Dimensionen relevant sein: die Erhöhung der Verkehrssicherheit (siehe auch Abschnitt 1.3.3. und Factsheet 06 Sicherheit) und die Möglichkeit eines «Zeitgewinns» resp. der Freiheit, während des Fahrens anderen Tätigkeiten nachgehen zu können. Die Kaufbereitschaft dürfte zusätzlich durch weitere erhoffte Nutzen wie einen erhöhten Reisekomfort, einer zeitlichen Flexibilität dank der Möglichkeit von fahrerlosen Transportfahrten und schliesslich durch die Chance auf einen erhöhten Wiederverkaufswert erhöht werden.

Auf der anderen Seite sind auch Hemmnisse für eine rasche Verbreitung auszumachen: Hierzu gehört eine (noch) geringe Akzeptanz von automatisierten Fahrzeugen. Fahrerinnen und Fahrer müssen mit zunehmender Automatisierung auch bereit sein, die Verantwortung über Fahraufgaben an ein System abzugeben. Mit positiven Erfahrungen wird das Vertrauen in ein automatisiertes System voraussichtlich wachsen. Unfälle, die auf automatisierte Systeme zurückzuführen sind, können das Vertrauen aber auch rasch wieder sinken lassen.

Bei automatisierten Fahrzeugen ab Stufe 3 kann sich die Fahrerin bzw. der Fahrer an Bord anderen Aktivitäten widmen, beispielsweise dem Arbeiten. Die Reisezeit wird damit anderweitig nutzbar. Dieser Gewinn führt zu reduzierten Reisezeitkosten, trotz insgesamt gleichbleibender Unterwegszeit. Bei der Nutzung automatisierter Fahrzeuge ist als Konsequenz damit auch mit entfernten Reisezielen zu rechnen. Dem individuellen Nutzen stehen die (Kauf-) Kosten gegenüber. Die Mehrausgaben beim Fahrzeugkauf dürften von Stufe zu Stufe deutlich variieren. Ein deutlicher Kostensprung dürfte mit dem Schritt von SAE-Stufe 2 zu SAE-Stufe 3 zu erwarten sein. Der Hauptgrund dafür ist, dass ab Stufe 3 Sensoren benötigt werden, die heute noch sehr teuer sind. Weiter ist absehbar, dass mit der steigenden Vernetzung auch eine zusätzliche Kommunikationsinfrastruktur mit entsprechenden Kosten für Investition, Betrieb und Unterhalt notwendig sein dürfte. Dem gegenüber zeigt die Erfahrung mit den beispielsweise technisch immer aufwendigeren Abgasnachbehandlungssystemen, dass die Mehrkosten sich wieder relativieren, wenn die Technologien ausgereift sowie im Fahrzeugdesign von Anfang an integriert sind und die Skaleneffekte zum Tragen kommen.

Marktdurchdringung bei Neuwagen und Gesamflotte

Zur zukünftigen Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen im Schweizer Markt gibt es verschiedene Studien, die jeweils auf unterschiedlichen Entwicklungsszenarien und Abschätzungen basieren. EBP (2017) geht davon aus, dass die Technologien zum automatisierten Fahren über das Premiumsegment in den Markt eindringen. Dank Skaleneffekten bleiben die Zusatzkosten in etwa stabil, obwohl der technische Aufwand mit jeder Stufe zunimmt. Infolge der zunehmenden Zahlungsbereitschaft (für die erhöhte Sicherheit und die reduzierten Reisezeitkosten) nimmt in der Folge der Marktanteil automatisierter Fahrzeuge zu. Es wird angenommen, dass die höheren SAE-Stufen die niedrigeren mit der Zeit jeweils ganz verdrängen. Sobald Fahrzeuge auf ersten Strassenabschnitten automatisiert fahren dürfen, wird dies am Neuwagenmarkt starke Auswirkungen haben, weil Autokäuferinnen und Autokäufer das Risiko vermeiden möchten, ein Fahrzeug später nicht einsetzen oder nur noch zu einem reduzierten Restwert weiterverkaufen zu können.

Situation und Handlungsspielraum der Schweiz

Die Schweiz hat relativ wenig Einfluss auf die Marktverfügbarkeit von automatisierten Fahrzeugen; diese Entwicklung ist weitgehend dem internationalen Markt bzw. privaten Firmen überlassen. Zudem sind in der Schweiz keine Fahrzeughersteller ansässig. Das Angebot an automatisierten Fahrzeugen wird folglich vor allem durch ausländische Akteure definiert.

Die Schweiz kann hingegen auf rechtlichem Weg Einfluss auf die Verbreitung automatisierter Fahrzeuge bzw. auf die Nutzung automatisierter Systeme ausüben (siehe auch Factsheet 03 Rechtliche Grundlagen). Einerseits kann die Schweiz über die Fahrzeugzulassungen Einfluss nehmen, indem internationale Normen rasch übernommen werden. Andererseits kann aber die Nutzung selbstfahrender Fahrzeuge räumlich oder zeitlich eingeschränkt werden, was je nach Ausmass eine hemmende Wirkung auf die Durchdringung haben kann.

1.2.4. Rechtliche Grundlagen

Für die Einführung von hoch- und vollautomatisiertem Fahren müssen zahlreiche rechtliche Grundlagen angepasst werden. Factsheet 03 zeigt die juristischen Herausforderungen und mögliche Wege auf, wie damit umgegangen werden kann.⁶ Dabei werden die Aspekte Strassenverkehrsgesetze, Fahrzeugzulassung, Führerausweise, Strafbarkeit, Haftung- und Versicherungsrecht, Datenschutz (siehe Abschnitt 1.2.5. und Factsheet 05 Daten) und rechtliche Grundlagen der Personenbeförderung (Abschnitt 1.2.10. und Factsheet 10 Anwendungen im Personenverkehr) adressiert.

Fahrzeugzulassung

Serienmässig hergestellte Motorfahrzeuge unterliegen in der Schweiz gemäss Strassenverkehrsgesetz (SVG) der Typengenehmigung. Das ASTRA als Bundesbehörde stellt dabei fest, ob die Fahrzeugtypen die schweizerischen Vorschriften einhalten. Trifft dies zu, stellt die Behörde eine schweizerische Typengenehmigung aus. Die Umsetzung der Zulassung erfolgt in den kantonalen Strassenverkehrsämtern.

Derzeit ist es den Zulassungsbehörden (noch) nicht möglich, in den Typengenehmigungsverfahren zu überprüfen, ob (noch zu definierende) Sicherheitsniveaus durch automatisierte Fahrzeugsysteme eingehalten werden. Daher dürfte die Gewährleistung der Produktesicherheit ausschliesslich in der Selbstverantwortung der Hersteller liegen. Über weitere Details des Zulassungsrechts in der Schweiz wurde ausgiebig geforscht (Lohmann, 2016).

Derzeit kontrovers diskutiert wird ein alternativer Vorschlag der International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA, 2019), wonach die Zertifizierung nach einem «Multi-Pillar»-Ansatz resp. auf den drei Säulen «typische Fahrsituationen» sowie «kritische Fahrsituationen» im realen Umfeld und «äusserst kritische Situationen» im Rahmen von Simulationen getestet werden.

⁶ Für die inhaltliche Erarbeitung wurde die Rechtsexpertin Prof. Dr. Melinda Lohmann beigezogen.

Führerausweise

Ein Führerausweis ist grundsätzlich so lange notwendig, wie eine Fahrerin bzw. ein Fahrer in das System eingreifen kann oder muss. Erst beim vollautomatisierten Fahren ohne Fahrmöglichkeit (SAE-Stufen 4/5) kann darauf verzichtet werden. Lohmann (2016) weist darauf hin, dass allenfalls aber andere Kompetenzen nachgewiesen werden müssen oder die Bewilligung des Fahrens mit automatisierten Fahrzeugen ab einer gewissen Automatisierungsstufe sinnvollerweise an eine spezielle Führerausweiskategorie mit spezifischen Entzugsregelungen zu knüpfen wäre. Die Bestimmungen betreffend Fahreignung und Ausweis (Art. 14 ff. SVG) wären somit anzupassen und automatisierungsbezogene Ausweiskategorien einzuführen. Zwischenformen sind gemäss Bund denkbar: Um gewisse Fahreignungsdefizite – beispielsweise von Betagten – auszugleichen, könnte die Zulassung von Fahrzeugführerinnen und Fahrzeugführern mit der Auflage verknüpft werden, teilautomatisierte Assistenzsysteme zu verwenden (ASTRA, 2016). Profitieren davon könnten beispielsweise Senioren und Seniorinnen, die heute aufgrund von Einschränkungen nicht mehr fahren dürfen.

Strafbarkeit

Das Strassenverkehrsgesetz (SVG) setzt voraus, dass jedes Fahrzeug eine Fahrerin oder einen Fahrer hat und diese/r das Fahrzeug ständig beherrschen muss (Art. 31). Für selbstfahrende Fahrzeuge ist eine Änderung des SVG nötig. Bei teilautomatisierten Systemen bleibt die Fahrerin oder der Fahrer strafbar, solange sie/er die Fahraufgabe selbst ausübt. Gibt man die Kontrolle vollständig an ein System ab, kann man bei bestimmungsgemäsem Gebrauch des Systems nicht strafbar gemacht werden. Dabei sind aber Ausnahmen zu beachten wie der Einsatz bei systemwidrigen Umständen, Manipulation oder für den Menschen erkennbare Fehlerhaftigkeit des Systems. In diesen Fällen wäre die Fahrerin oder der Fahrer strafbar. Zur Feststellung der Verantwortung geht das ASTRA davon aus, dass – wie in der Luftfahrt – Aufzeichnungsgeräte (Blackbox) mit detaillierten Übergabeprotokollen notwendig werden (ASTRA, 2016).

Haftung und Versicherung

Der Halter oder die Halterin haftet für den einer Person widerrechtlich, adäquat-kausal zugefügten Schaden, der durch den Betrieb eines Motorfahrzeugs verursacht wird (Gefährdungshaftung gem. Art. 58 SVG). Unfallschäden im Zusammenhang mit vollautomatisierten Fahrsystemen sind im Rahmen dieser Halterhaftung dem Betrieb des Fahrzeugs und damit dessen Betriebsgefahr zuzuordnen.

Die Haftung besteht grundsätzlich unabhängig davon, ob ein unaufmerksamer Lenker, eine defekte Bremse oder aber ein fehlerhaft funktionierendes automatisiertes Fahrsystem schadensstiftend war (Lohmann, Müller-Chen, 2017).

Hingegen führt der Einsatz vollautomatisierter Fahrzeuge zu einem Wandel der Haftpflicht des Lenkers, der gemäss OR Art. 41 (Verschuldenshaftung) haftet. Ein Verschuldensnachweis wird künftig in vielen Konstellationen nicht mehr gelingen (Lohmann, 2016). Da ein Unfall im Selbstfahrmodus tendenziell nicht durch einen Fehler der Fahrerin oder des Fahrers, sondern durch einen Fehler des Herstellers verursacht wird, rückt die Produkthaftung des Herstellers in den Vordergrund. Heute ist dieser Rückgriff gesetzlich noch nicht in allen Situationen gewährleistet, das Versicherungsvertragsgesetz wird derzeit jedoch revidiert (Lohmann, 2018).

1.2.5. Daten, IT, Datenschutz und Datensicherheit

Selbstfahrende Fahrzeuge nutzen und produzieren Daten. Das Factsheet 04 führt die wesentlichen Datenarten sowie ihre Akteure auf und beschreibt die Bedeutung der Vernetzung, des Datenschutzes und der Datensicherheit.⁷ Mit der Vernetzung von Fahrzeugen untereinander, mit der Infrastruktur und mit dem Internet entstehen neue Möglichkeiten, Daten in selbstfahrende Fahrzeuge zu übertragen, damit diese über bessere Informationen über ihre Umgebung verfügen. Nur so können die Verkehrssicherheit und die Effizienz des Gesamtverkehrssystems erhöht werden. Diesen Vorteilen stehen jedoch wichtige Herausforderungen gegenüber, beispielsweise beim Datenschutz.

Folgende Arten von Daten lassen sich im Umfeld des automatisierten Fahrens identifizieren und müssen künftig geregelt werden (EBP, 2018a): Sensordaten, C2X-Daten (Car-to-Car- und Car-to-Infrastructure-Kommunikation), aggregierte Sensordaten, topografische und verkehrliche Basisdaten, Ereignisdaten und behördliche Daten aus Erhebungen bzw. Messungen – mit unterschiedlicher Bedeutung in den verschiedenen Zuständen automatisierten Fahrens. Es lassen sich folgende rechtliche, aber auch politische Handlungsbereiche definieren:

⁷ Das Factsheet wurde in Zusammenarbeit mit dem Datenschutzbeauftragten des Kantons Zürich, Bruno Baeriswyl, erstellt.

Bereitstellung und Bezug von Daten, Datenhoheit und Datenzugriff, Datennutzung und Datenmanagement sowie von Ethik und Politik (v.a. Datenschutz).

Datenschutz

Die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander sowie mit anderen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur (Verkehrsanlagen, Kommunikationsanlagen und Güter) wird sowohl vom Bund wie auch vom europäischen Umfeld als wesentliche Voraussetzung angesehen, um die Potenziale des automatisierten Fahrens zu nutzen, beispielsweise die Steigerung von Effizienz und Sicherheit. Der damit verbundene intensive Datenaustausch eröffnet aber auch Möglichkeiten, umfassende Bewegungsprofile anzulegen, was aus datenschutzrechtlichen Überlegungen problematisch ist.

Laut europäischen Datenschutz- und vergleichbaren Regelungen der Schweiz müssen Verkehrsteilnehmende wissen, welche persönlichen Daten gesammelt werden, und sie sollen selber bestimmen können, ob und wie diese Daten verwendet werden (ASTRA, 2016). Für die Verarbeitung von personenbezogenen Daten braucht es eine Einwilligung der Betroffenen. Um diese Daten für die Verkehrssteuerung trotzdem nutzen zu können, müssen Lösungen gesucht werden. Notwendig sind Weiterentwicklungen resp. Erweiterungen des Bundesgesetzes zum Datenschutz, zum Beispiel eine feinere Steuerung erlaubter und nicht erlaubter Nutzung von Daten durch das Subjekt der Daten. Weitere Informationen hierzu finden sich im Factsheet 04 zu Daten und IT-Infrastrukturen.

1.2.6. Verkehrssicherheit

In einer ersten Phase geht das automatisierte Fahren vor allem mit einer höheren passiven Sicherheit einher. Bei tieferen Automatisierungsstufen (SAE-Stufen 1 bis 3) führen die Sensoren am Fahrzeug sowie die Eingriffe in die Längs- und Querführung zu einer Reduktion von Ausmass und Folgen von Unfällen. Dabei kommt es nicht darauf an, ob andere Verkehrsteilnehmende auch solche Technologien einsetzen. Bei den höheren Automatisierungsstufen dürfte auch die Vernetzung zwischen den Fahrzeugen zunehmen, sodass sich Fahrzeuge untereinander bzw. mit der Infrastruktur koordinieren können und damit viele Unfälle vermieden werden können (höhere aktive Sicherheit).

Eine Untersuchung des Fonds für Verkehrssicherheit zeigt, dass auf den SAE-Levels 1 und 2 der assistierten und teilautomatisierten Fahrzeuge die Sicher-

heitsgewinne die erwarteten Sicherheitsverluste des automatisierten Fahrens übersteigen dürften (FVS, EBP, 2018). Damit würde sich das automatisierte Fahren in diesen Automatisierungsstufen positiv auf die Verkehrssicherheit auswirken. Einen wesentlichen Beitrag leisten hier die Notbremsassistenzsysteme.

Es wird in der Studie jedoch auch ersichtlich, dass die Sicherzeit mit zunehmender Automatisierung nur eingeschränkt zunimmt. Mit dem Einsatz von bedingt automatisierten SAE-Level-3-Fahrzeugen kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Sicherheitsverluste die Sicherheitsgewinne vorübergehend sogar übersteigen. Um dies zu verhindern, müssten zusätzliche Fahrerassistenzsysteme, die den Lenkenden überwachen, weiterentwickelt und in den Fahrzeugen verbaut werden. Der Grund liegt hierfür vor allem in den neuen Unfallursachen im Bereich der Mensch-Fahrzeug-Interaktion. Möchte das Fahrzeug in einer bestimmten Situation die Steuerung wieder dem Fahrer oder der Fahrerin übergeben und ist diese/r nicht in der Lage, die Kontrolle innerhalb der dafür vorgesehenen Zeit zu übernehmen, kann es zu gefährlichen Situationen oder gar Unfällen aufgrund dieses Übernahmemechanismus kommen. Da die Fahrzeugzulassung international geregelt ist, ist auch international sowie im europäischen Kontext zu klären, ob die Stufe 3 allgemein zugelassen werden kann bzw. ob diese nicht übersprungen werden soll. Die Schweiz muss hier ihre Interessen in die internationale Diskussion um die Fahrzeugzulassung einbringen. Das ASTRA als zuständiges Bundesamt für die Fahrzeugzulassung ist skeptisch, ob die Stufe 3 sinnvoll umgesetzt werden kann.

Erst ab SAE-Level 4 dürften die Sicherheitsgewinne in Bezug auf Ermüdung, Ablenkung, Reaktionszeit des Fahrers resp. der Fahrerin die entsprechenden Verluste deutlich übersteigen. Aber auch dann sind die zu erwartenden Sicherheitsverluste beträchtlich. Dies ist vor allem auf die Folgen der neuen Unfallursache «Mischverkehr» zurückzuführen: eine zunehmende Zahl von Konflikten zwischen hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen mit konventionellen Fahrzeugen sowie Zufussgehenden, Velofahrenden und Motorrädern. Aber auch Eingriffe von aussen auf die Fahrzeugsteuerung («Hacking») können eine neue Unfallursache darstellen, die mit zunehmender Automatisierung gemäss der Studie an Bedeutung gewinnen wird.

Factsheet 05 gibt einen detaillierten Überblick, wie sich die Automatisierung des Strassenverkehrs auf das Unfallgeschehen auswirken könnte und welche neuen Unfalltypen bzw. Gefährdungsbilder sich ergeben könnten.

1.2.7. Auswirkungen auf Strassenkapazität, Leistungsfähigkeit und Ressourcen

Selbstfahrende Fahrzeuge könnten auf der Strasse geringere Abstände einhalten, da sie eine gegenüber dem Menschen verbesserte Reaktionsgeschwindigkeit aufweisen. Würden dies nicht nur einzelne, sondern zahlreiche vernetzte Fahrzeuge tun, besteht die Möglichkeit, dass in einem Zeitabschnitt die gleiche Infrastruktur von einer höheren Anzahl Fahrzeuge befahren werden kann. Verkehrstechnisch spricht man von Strassenkapazität oder Leistungsfähigkeit von Strassen. Im Factsheet 06 werden die langfristig prognostizierten Veränderungen von Folgezeitlücken und ihre Wirkungen auf die Strassenkapazität erörtert und gemäss Forschungsergebnissen quantifiziert. Dabei wird zwischen Hochleistungsstrassen (Autobahn, Autostrasse) und Strassen des untergeordneten Netzes unterschieden.

Auf Hochleistungsstrassen sind je nach Vernetzungsgrad und Flottendurchdringung mit automatisierten Fahrzeugen längerfristig Leistungsgewinne von 5–10 % (mittlerer bis hoher Anteil vollautomatisierter Fahrzeuge, ohne Vernetzung) oder sogar über 30 % (ausschliesslich vollautomatisierte Fahrzeuge, mit Vernetzung zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur) realistisch. Auf Stadtstrassen werden weiterhin die Verkehrsknoten die Leistungsfähigkeit bestimmen. Entsprechend werden auf diesen Strassen auch bei Vollautomatisierung geringere Leistungsgewinne im Bereich von 10–20 % erwartet.

Die positiven Wirkungen der Automatisierung auf die Strassenkapazität können aber erst bei einer gewissen Mindestdurchdringung der Fahrzeugflotte in der Schweiz bzw. auf bestimmten Strassentypen erwartet werden. Bis diese erreicht wird, dürfte die Kapazität durch den geringen Anteil hochautomatisierter Fahrzeuge zuerst zurückgehen. Dies dürfte für lange Zeit (Dekaden) der Fall sein, bis die notwendige Durchdringung mit vernetzten hochautomatisierten Fahrzeugen erreicht ist. Eine deutsche Studie geht davon aus, dass erst im Jahr 2060 der notwendige Fahrzeugmix auf den deutschen Autobahnen unterwegs sein wird, um eine gegenüber heute erhöhte Kapazität zu erreichen (FAT, 2017).

Durch die alternative Nutzung der Reisezeit, neue Nutzergruppen, Leerfahrten, neue Angebotsformen und die veränderte Verkehrsmittelwahl werden die Verkehrsleistungen (gemessen in Personenkilometern) und die Fahrleistungen (gemessen in Fahrzeugkilometern) unterschiedlich beeinflusst. Mit zunehmender Verbreitung von vollautomatisierten Fahrzeugen nehmen die Fahrzeug-

und Personenkilometer voraussichtlich zu, da sich verschiedene Nachfrageeffekte überlagern. Insbesondere durch Leerfahrten ist langfristig eine deutliche Erhöhung der Fahrleistung infolge der Automatisierung möglich. Dies führt zu entsprechenden Folgen für die Umwelt. Über die Auswirkungsdimensionen Energiebedarf, Emissionen, Ressourcen und Flächenbedarf hinweg stellen die mit der Automatisierung steigenden Möglichkeiten für das gemeinsame und gleichzeitige Nutzen von Fahrzeugen (Ridesharing) die grösste Chance für den Ressourcenverbrauch dar. Mit einem erhöhten Besetzungsgrad der Fahrzeuge können sowohl Verkehrs- und Fahrleistung verringert als auch der Fahrzeugbestand reduziert werden. Bedingung für den Markterfolg von Ridesharing-Angeboten sind regulatorische Begleitmassnahmen. Die ökonomischen Anreize für Ridesharing werden derzeit als zu gering eingeschätzt.

1.2.8. Gesellschaft und Ethik

Gesellschaftspolitische und ethische Fragestellungen sind vor allem dann zentral, wenn auf Basis von gesellschaftlichen Werten Abwägungen vorgenommen werden müssen. Gesellschaft und Ethik werden in diesem Sinne nicht nur in Bezug auf ethische Entscheidungsdilemmata von selbstfahrenden Autos, sondern als eigentlicher Kernbereich der Studie verstanden. Dementsprechend gehören ethische und gesellschaftspolitische Aspekte bei allen anderen Themenfeldern wie Verkehrssicherheit, Datenschutz, Recht, Mobilitätszugang im Personenverkehr etc. dazu.

Durch den Betrieb automatisierter Fahrzeuge bei tieferen Geschwindigkeiten könnten sowohl die negativen Umwelt- als auch die Sicherheitsfolgen des Verkehrs reduziert werden. Forscherinnen und Forscher stellen die Frage, ob diese Vorteile die längeren Fahrzeiten aufwiegen, die durch tiefere Höchstgeschwindigkeiten entstehen können. Zudem fragen sie, ob niedrigere Geschwindigkeiten dazu führen würden, dass automatisierte Systeme zurückhaltender eingesetzt würden. Dies würde wiederum die Sicherheitseffekte mindern. Sollen daher für automatisierte Systeme spezielle Infrastrukturen erstellt werden, womit auf Kosten anderer Verkehrsteilnehmenden positive Ergebnisse erzielt würden (Himmelreich 2018)?

Fleetwood (2017) vertritt aus Sicht der öffentlichen Gesundheit die Ansicht, dass es ethisch unerlässlich ist, die Fahrzeugautomatisierung voranzutreiben, um deren Vorteile zu realisieren. Die Frage, wie man die Priorität von Zufuss-

gehenden, Radfahrenden, öffentlichen Verkehrsmitteln, Autos mit Fahrer oder Fahrerin und selbstfahrenden Autos im urbanen Kontext ausbalancieren muss, könnte ein viel schwierigeres und wichtigeres ethisches Dilemma sein als die Lösung des Entscheidungsdilemmata für jede denkbare Situation. Aber auch die Frage, ob Menschen dazu gezwungen werden können resp. dürfen, automatisierte Systeme zu nutzen, hat einen ethischen Hintergrund und ist noch zu klären.

Zum Umgang mit diesen Fragen gibt es aktuell noch wenig Literatur, weswegen zur Vorbereitung der vorliegenden Studie im Factsheet 07 v.a. die wesentlichen Fragestellungen herausgeschält werden.⁸ Ein besonderer Fokus wird auf den Diskurs zu den von der Deutschen Ethik-Kommission formulierten Regeln in Bezug auf den schweizerischen Kontext gelegt.

Da es keine schnelle und einfache Antwort auf solche ethischen und gesellschaftspolitischen Fragen gibt, bleibt nur der Weg eines gesellschaftlichen Diskurses. Die Gesellschaft ist zusammen mit Politik und Wissenschaft aufgefordert, die Entwicklung zu reflektieren und eine umfassende Diskussion zu beginnen. Die vorliegende Studie soll als Grundlage dazu dienen.

1.2.9. Wirtschaftliche Aspekte

Der Verkehr ist ein gewichtiger Faktor der schweizerischen Volkswirtschaft. Die Einführung automatisierter Fahrzeuge dürfte weitreichende Auswirkungen auf die Wirtschaft haben, sowohl durch direkte und indirekte Wirkungen auf wirtschaftliche Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Verkehrssystem als auch durch die Änderung von Reisekosten und dem Reiseverhalten.

Automobilindustrie und Zulieferer

Die Automobilindustrie wird auf verschiedene Weisen von der Automatisierung betroffen sein, ihr Absatzmarkt wird sich verändern. Es ist heute allerdings noch nicht absehbar, ob der Gesamtfahrzeugbestand zu- oder abnehmen wird. Wahrscheinlich ist, dass sich die Lebensdauer von Fahrzeugen erhöht, was wiederum die Absatzmenge beeinflusst. Auch der Kaufpreis wird sich verändern, zumindest

⁸ Für die Diskussion von ethischen Fragen wurde als Experte Prof. Dr. Peter Kirchschräger beigezogen.

am Anfang der Entwicklung ist von höheren Preisen auszugehen. Es ist derzeit auch noch unklar, ob die klassischen Fahrzeughersteller ihre Fahrzeuge künftig an Flottenbetreiber verkaufen oder ob sie selbst Flotten betreiben und damit ihre Geschäftsmodelle stärker auf Verkehrs- und Datendienstleistungen ausrichten werden. Der Verkauf von Automobilen ist heute ein Geschäft mit relativ geringen Margen. Grosse Player gehen für die Zukunft von höheren Gewinnmargen bei ergänzenden Dienstleistungen aus. Veränderte Produktionszahlen von Fahrzeugherstellern werden sich auch auf die Umsätze der für die Schweizer Wirtschaft wichtigen Zulieferbetriebe auswirken.

Arbeitsmarkt

Eine vollständige Automatisierung des Güter- und Personenverkehrs könnte zudem erhebliche Auswirkungen auf die Belegschaft der Transportbranche haben. Arbeitnehmende, die als Lastwagenfahrer/in, lokale Zustellfahrer/in, Taxifahrer/in, Fahrer/in von öffentlichen Verkehrsmitteln, Lagerarbeiter/in, Terminalarbeiter/in etc. beschäftigt sind, wären mit automatisierten Alternativen nicht mehr konkurrenzfähig (ITF, 2017a). Die Automatisierung im Verkehr dürfte sich jedoch wie bei anderen historischen Automatisierungsschritten nicht nur negativ auf die Gesamtbeschäftigung auswirken, da viele neue Arbeitsplätze dazukommen könnten, beispielsweise für die Systemüberwachung oder neue Dienstleistungen. Die neuen Arbeitsplätze erfordern andere Fähigkeiten und haben andere Lohn- und Leistungsmerkmale als traditionelle Arbeitsplätze (ITF, 2017a, Viscelli, 2017).

Wenn die Automatisierung die Reisebereitschaft der Menschen erhöht, da sie pro zurückgelegtem Kilometer weniger bezahlen und die Reisezeit im Fahrzeug anderweitig nutzen können, könnte dies ihren Zugang zum Arbeitsmarkt erheblich erweitern. Fachpersonen sind möglicherweise eher bereit, aus der Ferne an einen zentralen Unternehmensstandort zu reisen. Dies erhöht das Einzugsgebiet der Unternehmen und dürfte einen Einfluss auf die Produktivität haben. Selbstfahrende Güterfahrzeuge können ähnliche Auswirkungen auf die Produktivität der Industrien haben. Diese können bessere und kostengünstigere Lieferanten und Produkte wählen. Die Automatisierung könnte zudem neue Reisemöglichkeiten für Menschen eröffnen, für die der Widerstand für eine Reise bisher zu gross war. Diese neuen Reisenden könnten als Verbraucher von Gütern und Dienstleistungen an weiteren Standorten zum Wachstum der Wirtschaft beitragen.

Neue Produkte und Dienstleistungen

In einem selbstfahrenden Auto braucht es eine zentrale Steuerungseinheit, die alle Fahrzeugfunktionen kennt und die gesamte Kommunikation steuert. Dieses System gewinnt mit zunehmender Automatisierung und Vernetzung an Bedeutung und wird zur zentralen Komponente im gesamten Fahrzeug, zumal auch alle Navigations- und Telematikdaten dort erfasst werden (Hermann, 2018). Daneben entwickeln die Unternehmen eine Vielzahl von ergänzenden Diensten, indem sie die Fahrzeuge immer mehr mit der Aussenwelt verbinden. Hieraus ergeben sich neue Geschäftsfelder für und Arbeitsplätze bei etablierten Fahrzeugherstellern und Zulieferern als auch für (neue) Technologiefirmen. Die Automatisierung im Verkehr hat bereits zur Gründung Dutzender Unternehmen und zu immensen Investitionen in Elektronik und Software geführt (Beiker et al., 2016). Zusätzlich zu den Start-up-Unternehmen haben etablierte Automobilhersteller und Zulieferfirmen viel Geld in Akquisitionen und Partnerschaften investiert (Kerry und Karsten, 2017).

Das Factsheet 08 erörtert diese und weitere wirtschaftlichen Aspekte im Detail.

1.2.10. Anwendungen im Personenverkehr

Durch vollautomatisierte Fahrzeuge entfällt längerfristig der Bedarf einer Fahrerin bzw. eines Fahrers. Im Personenverkehr werden dadurch neue nachfrageorientierte Angebote möglich, die sich im Übergangsbereich zwischen ÖV und MIV befinden und unter dem Begriff «öffentlicher Individualverkehr» (ÖIV) zusammengefasst werden (ARE, 2017). Gegenüber dem ÖV zeichnet sich der ÖIV durch eine Flexibilisierung der Abfahrtszeit (On-demand-Verkehr), der Route/Linie, variable Halte (ohne ortsfeste Haltestellen) oder eine Kombination dieser Elemente aus. Unter den ÖIV fallen auch kommerziell vermittelte Pooling-Angebote. Hier besteht ein fließender Übergang zum Privatverkehr und es entstehen neue Mischformen.

Unter «kollektivem Verkehr» werden umfassender alle bisherigen und neuen Angebotsformen verstanden, bei der eine Person ein von einem Unternehmen angebotenes Fahrzeug nutzt, welches auch von anderen Personen während seiner Fahrt (zeitweise) mitgenutzt werden kann (= simultanes Teilen des Fahrzeugs oder Ridesharing). Der kollektive Verkehr umfasst den konventionellen heutigen ÖV und den (neuen) ÖIV.

In der Schweiz wird davon ausgegangen, dass konventionelle Linienangebote mit zunehmend automatisierten Zügen, Trams und Bussen weiterhin das Grundgerüst des ÖV-Systems bilden (EBP, 2018b). Die Automatisierung und die Vernetzung eröffnen aber ein erhebliches Rationalisierungspotenzial, um mehr und attraktivere ÖV-Angebote günstiger anbieten zu können. Neue Angebotsformen werden das bestehende schweizerische ÖV-System insbesondere im Nahverkehrsbereich ergänzen. Im Factsheet 09 werden solche Angebotsformen detailliert beschrieben und es wird aufgezeigt, wo im Verkehrssystem welche Angebotsformen an Bedeutung gewinnen könnten. Neben den Hinweisen auf veränderte Kostenstrukturen und derzeitigen Testbetrieben werden die möglichen Folgen auf die Verkehrsmittelwahl beschrieben.

Auch im Schienenverkehr ist die Automatisierung mit neuen Chancen verbunden. Über die Verknüpfung von verschiedenen Angeboten über eine zentrale Plattform sind Konzepte zu Mobility-as-a-Service möglich.

In der Schweiz gibt es heute noch keine rechtliche Marktordnung für solche ÖV-Dienste. Angesprochen ist das Personenbeförderungsgesetz (PBG) und die Verordnung über die Personenbeförderung (VPB). Nachfrageorientierte öffentliche Angebote für den Transport von mehr als neun Personen, welche über das bisherige Grundversorgungsverständnis hinausgehen und über eine flexible Gestaltung von Abfahrtszeit, Route/Linie oder Haltepunkte verfügen, sind in den heutigen Gesetzen nicht vorgesehen. Es sind auch für private innovative Fahrdienste noch nicht alle strassenverkehrsrechtlichen und versicherungstechnischen Rahmenbedingungen geklärt (EBP, 2017).

Ein weiterer Aspekt sind verkehrsmittelübergreifende Transportketten, beispielsweise automatisierte Taxis in Ergänzung zum klassischen ÖV. Um die Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft zu verbessern, schlägt der Bundesrat vor, dass eine Anpassung der entsprechenden Rechtsgrundlagen geprüft wird, damit die Chancen der verkehrsmittelübergreifenden Mobilität hinsichtlich einer nachhaltigen und effizienten Transportkette genutzt werden können (SECO, 2017).

1.2.11. Anwendungen im Güterverkehr

Der Transport stellt für viele güterproduzierende Industrien einen wesentlichen Teil der Logistikkosten dar. Die Fahrerinnen und Fahrer von Lastwagen machen etwa die Hälfte der Transportkosten aus. Berücksichtigt man Fahrzeitbeschränkungen, die sicherstellen, dass die Fahrerinnen und Fahrer die Fahr-

zeuge sicher bedienen, so entfällt mit der Automatisierung ein noch grösserer Teil der Logistikkosten. Dies ermöglicht Sendern und Empfängern, Kosten zu senken oder die Lieferketten zu erweitern und damit die Effizienz ihrer Produktion zu verbessern.

Der Transport von Waren dürfte mit zunehmender Automatisierung vereinfacht und vergünstigt werden. Der Bedarf für innovative Güterversorgungskonzepte und eine Bündelung der Transporte insbesondere in Städten steigt. Die zu erwartende Verkehrszunahme erhöht zusammen mit der absehbaren höheren baulichen Dichte den Druck, City-Logistik-Konzepte umzusetzen. Eine Entlastung des städtischen Strassennetzes vom Güterverkehr kann dann erreicht werden, wenn Warenströme gebündelt werden und Fahrzeuge auf Hin- und Rückfahrt ausgelastet sind. City-Logistik-Konzepte sehen entsprechend u.a. auch Kommissionierungszentren am Stadtrand oder am Rand der Innenstadt vor. Eine optimale Auslastung aller Fahrzeuge setzt eine freiwillige oder verordnete Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen zur Koordination dieser Verkehrsströme voraus. Dies widerspricht dem Trend zu mehr Wettbewerb. Um Synergien erzielen zu können, sind Standardisierungen hilfreich (branchenspezifische Lösungen, Behältersysteme, Softwareschnittstellen etc.). Diese Herausforderungen im Güterverkehr stehen jedoch unabhängig von automatisierten Fahrzeugen an. Bei der Feinverteilung sind aber aufgrund der Automatisierung neue Geschäftsmodelle denkbar. Möglicherweise werden sich in Quartieren kleine Paketstationen oder automatisch zugestellte «Paketfachboxen» mit Selbstbedienungsfunktion etablieren. Hier stellen sich dann aber neue gesellschaftspolitische Fragen, beispielsweise wie der Zugang zu Gütern durch mobilitätseingeschränkte Personen erfolgt, falls Lieferungen an die Wohnungstür nicht mehr standardmässig erfolgen sollten.

Im Factsheet 10 werden denkbare Konzepte für selbstfahrende Güterfahrzeuge auf den Autobahnen, auf der «letzten Meile» (Feinverteilung) und auf den «letzten Metern» (Strassenkante bis zum Bezugsort) inkl. ihrer Auswirkungen auf das Verkehrssystem und den Raum beschrieben.

1.3. Parallel laufende Forschungsarbeiten

Im Rahmen des SVI-Forschungspaketes «Verkehr der Zukunft» wird derzeit untersucht, wie die Mobilität im Jahr 2060 gestaltet werden könnte – nicht nur in Bezug auf selbstfahrende Fahrzeuge, sondern allgemein. Im Jahr 2016 gab es hierzu ein Initialprojekt, welches die Forschungsthemen festgelegt hat:

- Demografische Alterung und ihre Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems
- Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft
- Langfristige Wechselwirkungen Verkehr – Raum
- Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage
- Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem
- Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr
- Neue Angebotsformen, Organisation und Diffusion

Ergebnis ist eine umfassende Analyse jener Faktoren, die bis im Jahr 2060 einen Einfluss haben könnten auf die künftige Entwicklung der Mobilität im Allgemeinen sowie auf die schweizerische Verkehrsnachfrage und das Angebot im Speziellen. Fünf Treiber stehen im Zentrum des Interesses: Demografie, Raumentwicklung, natürliche Ressourcen, Finanzierbarkeit und Technologie. Der Abschluss und Publikation des Forschungspaketes sind im Jahr 2020 vorgesehen.

Konkreter mit der Frage von automatisiertem Fahren in der Schweiz hat sich das Initialprojekt «Automatisiertes Fahren: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs» vom ASTRA beschäftigt. Im Jahr 2017 wurde der Schlussbericht⁹ vorgelegt, welcher den Forschungsbedarf ausgehend vom Bericht des Bundesrates «Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen» benannte.

⁹ <http://www.mobilityplatform.ch/de/webviewer/download/24328/dHash/f9934b120674f2e6a2d2472b7f331e98d268e8b2/?tu=0>.

Daraus wurde das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»¹⁰ mit sechs Teilprojekten geschnürt, die derzeit in Erarbeitung sind:

- Teilprojekt 1 «Nutzungsszenarien und Auswirkungen»,
- Teilprojekt 2 «Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Infrastrukturen»,
- Teilprojekt 3 «Umgang mit Daten»,
- Teilprojekt 4 «Neue Angebotsformen»,
- Teilprojekt 5 «Mischverkehr» und
- Teilprojekt 6 «Räumliche Auswirkungen».

Die Ergebnisse des Forschungspakets 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. Voraussichtlicher Abschluss und Publikation des Forschungspakets: 2020.

Im Jahr 2018 wurde vom Bundesamt für Raumentwicklung die Vorstudie zur Abschätzung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung in der Mobilität vorgestellt. Diese Machbarkeitsstudie zeigt auf, wie die volkswirtschaftlichen Folgen der Digitalisierung in der Mobilität abgeschätzt werden können. Die Hauptstudie startet voraussichtlich Ende 2019 und wird als Ergebnis u.a. die Kostensenkungspotenziale selbstfahrender Fahrzeuge im Güter- und Personenverkehr abschätzen.

Eine neu geschaffene Arbeitsgruppe in der Verkehrsforschung des ASTRA wird sich zudem ab Januar 2020 unter dem Titel «Mobilität 4.0» mit verschiedenen Aspekten selbstfahrender Fahrzeuge auseinandersetzen. Auf weitere, für Teilbereiche relevante Forschungsanstrengungen wird in den jeweiligen Factsheets im Anhang verwiesen.

¹⁰ <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet/forschung.html>.

2. Wie selbstfahrende Fahrzeuge in den Markt eindringen könnten

Um die mögliche Spannweite der künftigen Nutzung von automatisierten Fahrzeugen aufzuzeigen, werden in der vorliegenden Studie drei Szenarien eingesetzt. Auch wenn die Digitalisierung im Verkehrsbereich derzeit schnell voranschreitet, ist die weitere Entwicklung keineswegs determiniert: Technologische Durchbrüche und politische Weichenstellungen könnten scheinbar gegebene Pfadabhängigkeiten künftig durchaus infrage stellen. Für die vorliegende Studie interessieren in erster Linie spätere Zustände mit vollautomatisierten Fahrzeugen, wenn die Lenkerin oder der Lenker die Kontrolle über das Auto vollständig abgeben kann. Noch ist unklar, wann und unter welchen Bedingungen diese Stufe erreicht wird.

Im ersten Abschnitt (2.1.) dieses Kapitels werden der Kontext der Nutzungsszenarien sowie die für die Studie als relevant eingestuften Merkmale ausgeführt. Auf dieser Basis erfolgt der Beschreib der drei erarbeiteten Szenarien. Im zweiten Abschnitt (2.2.) wird Bezug genommen zu anderen Szenarien der Schweiz, die derzeit in Forschungsprojekten und verkehrlichen Studien eingesetzt werden.

2.1. Nutzungsszenarien

2.1.1. Einleitung

In der Schweiz treibt einerseits die technologische Entwicklung die Digitalisierung in allen Lebensbereichen voran, andererseits findet auch ein kultureller und gesellschaftlicher Wertewandel statt. Von prägender Relevanz für die künftige Mobilität der Schweiz sind folgende Trends (EBP, 2016):

- Bevölkerungszunahme und Alterung
- Individualisierung und Pluralisierung der Lebensstile
- Reurbanisierung und Abnahme der Haushaltsgrößen

- Zunehmende Bedeutung von Datenschutz und Privatsphäre
- Weltweite Vernetzung von Wirtschaft und Finanzmärkten
- Zunehmende Bedeutung von Informations- und Kommunikationstechnologien
- Etablierung der künstlichen Intelligenz
- Zunehmende Bedeutung von Nachhaltigkeit und Klimawandel

Auch die Mobilität in der Schweiz ist von diesen Trends betroffen. So machen beispielsweise neue digitale Dienste die Konsumation von Mobilitätsdienstleistungen einfacher und verändern damit unser Mobilitätsverhalten. Mit neuen Technologien werden auch neue Formen der Mobilität von Menschen und Gütern möglich, beispielsweise mit dem Einsatz von Drohnen oder mit Projekten wie Cargo Sous Terrain, welches ein unterirdisches Transportsystem für Güter vorsieht.

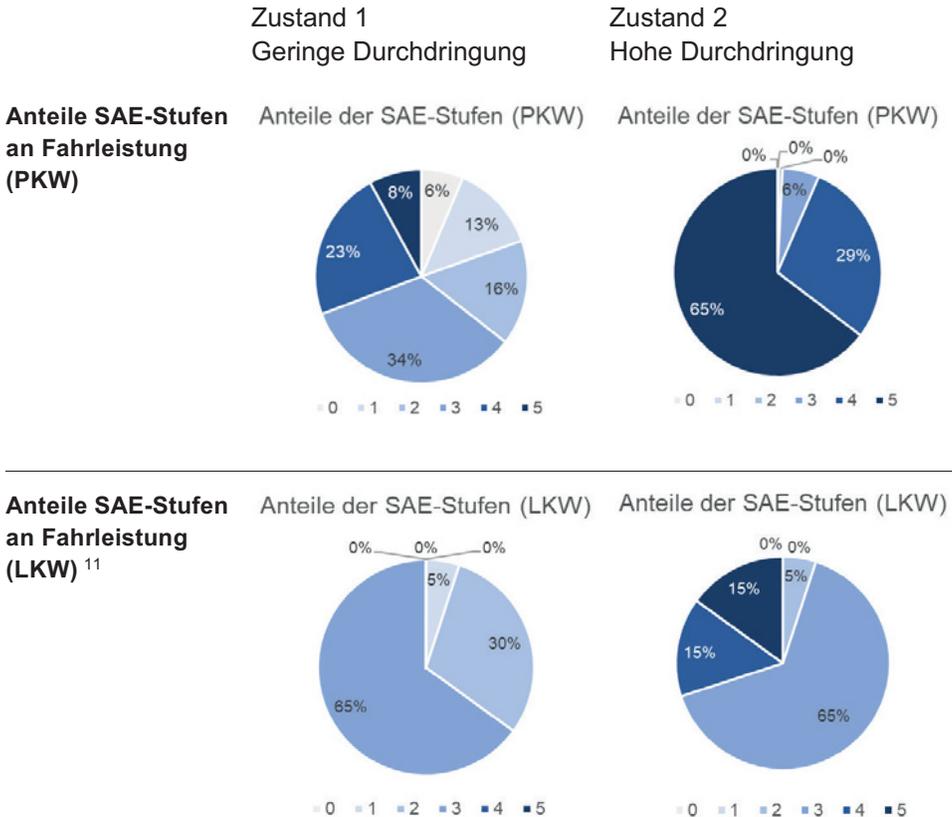
Die verschiedenen Trends überlagern sich und die Entwicklung kann je nach Werthaltung in unterschiedliche Richtungen laufen. Zudem sind die Anforderungen aus rechtlicher, technologischer und infrastruktureller Sicht gross. Es zeigt sich daher eine komplexe Ausgangslage, um die mögliche(n) Entwicklung(en) in der Schweiz zu beschreiben. Um die Komplexität zu reduzieren, werden in dieser Studie Szenarien eingesetzt, die auf unterschiedlichen Annahmen basieren, wie automatisierte Fahrzeuge in der Schweiz zukünftig genutzt werden könnten.

In allen drei Szenarien wird davon ausgegangen, dass die oben aufgeführten Trends die Entwicklung beeinflussen werden. Je nach Szenario gewinnt allerdings der eine oder andere Trend mehr an Bedeutung oder schreitet schneller voran (z.B. Anforderungen an die Privatsphäre vs. globale Datenströme bei der Nutzung von Mobilitätsapplikationen). Das Bundesamt für Raumentwicklung hat in den Verkehrsperspektiven für das Jahr 2040 (ARE, 2016) geschätzt, um wie viel der Verkehr aufgrund der oben beschriebenen Trends zunehmen wird (Referenzszenario). In den vorliegenden Szenarien ist jeweils dargelegt, ob sich diese Prognose unter den getroffenen Annahmen einstellt oder ob die Verkehrszunahme höher oder tiefer ausfallen wird.

2.1.2. Entwicklung der Nutzungsszenarien

Die Nutzungsszenarien wurden gemäss folgenden Prinzipien erarbeitet:

- Angestrebt sind keine zu detaillierten, quantifizierten Angaben, sondern «Gesamtbilder», die sich für den weiteren Verlauf der Studie auch einem Nicht-Fachpublikum gut vermitteln lassen.
- Die Szenarien sollen den möglichen Entwicklungsraum für die Schweiz aus heutiger Sicht möglichst realistisch abstecken. Szenarien sollen mit schweizerischen Werten vereinbar und unter Berücksichtigung internationaler Einflüsse auch möglich sowie in sich konsistent sein. Extremszenarien werden vermieden.
- Über die Eintretenswahrscheinlichkeit der einzelnen Szenarien wird keine Aussage gemacht. Statt Jahreszahlen wird die Durchdringung mit automatisierten Fahrzeugen für die Unterscheidung von zwei Zuständen verwendet (vgl. Tabelle 1). Der erste Zustand weist eine grosse Diversität verschiedener Automatisierungsstufen (SAE-Stufen 1 bis 5) auf und wird als «geringe Durchdringung» bezeichnet. Der zweite Zustand mit (nahezu) vollständiger Durchdringung mit Fahrzeugen der Stufen 4 und 5 wird als «hohe Durchdringung» bezeichnet. Je nach Szenario kann der Zeitpunkt unterschiedlich sein, wann diese Durchdringung eintritt.
- Unterstellt wird, dass auch bereits bei einer geringen Durchdringung Fahrzeuge der SAE-Stufe 5 für den Betrieb zugelassen sind.
- Es wird von einer Zunahme des Verkehrs im öffentlichen und motorisierten Individualverkehr insgesamt gemäss Referenzszenario der Verkehrsperspektiven 2040 (ARE, 2017) ausgegangen, die Verteilung zwischen den Verkehrsmitteln kann sich je nach Szenario jedoch ändern. Der Fuss- und Veloverkehr wird im Szenarienbeschrieb nicht berücksichtigt.
- Zur Etablierung der Szenarien notwendige Regulierungen werden nur soweit ausgeführt, wie sie für das Verständnis der Szenarien relevant sind – ein Ziel der Szenarien ist es, den Regulierungsbedarf und entsprechende Handlungsoptionen abzuleiten.

Tab. 1: Unterscheidung von zwei Zuständen im Szenarienbeschrieb

¹¹ Es wird für beide Zustände angenommen, dass Fahrzeuge der SAE-Stufe 3 auf Autobahnen erlaubt sind. Der Unterschied zu den PKW ergibt sich hauptsächlich aus dem Umstand, dass die Hauptfahrleistung durch neue LKW auf Autobahnen erbracht wird und sich Technologien bei LKW sehr schnell durchsetzen, vor allem wenn sich damit Arbeits-/Lenkzeit einsparen lässt.

Die drei Nutzungsszenarien werden textlich als «Gesamtbild» beschrieben, visualisiert, auch aus der Sicht von künftigen Nutzerinnen und Nutzern erklärt und grafisch vereinfacht dargestellt.¹² Im Anhang werden die Nutzungsszenarien zudem nach den folgenden Merkmalen ausführlich tabellarisch charakterisiert:

- Prägende Trends
- Vernetzung
- Regulierungen
- Verkehrsbeeinflussung/-management
- Rolle Fahrzeughersteller und (Daten-)Industrie
- Preis der Mobilität
- Motorisierter Individualverkehr (MIV): Besitzer/innen und Nutzende, Räumliche Verbreitung, Verkehrsleistung
- «Traditioneller» ÖV (Bahn, Trams, Busse): Rolle, Angebot, Nutzende, Räumliche Verbreitung, Verkehrsleistung
- Öffentlicher Individualverkehr (ÖIV¹³): Rolle, Angebot, Nutzende, Räumliche Verbreitung, Verkehrsleistung
- Güterverkehr (GV): Räumliche Verbreitung, Verkehrsleistung
- Verkehrssicherheit
- Herausforderungen
- Ausmass des staatlichen Eingriffs

¹² Diese Darstellung umfasst zur Reduktion der Komplexität nur den Personenverkehr.

¹³ Öffentlich im Sinne der kollektiven Nutzung, nicht in Bezug auf die Finanzierung. Wichtig für das Verständnis der Szenarien ist, dass Fahrzeuge des ÖIV nicht im Besitz von Privatpersonen sind, sondern von Flottenanbietern betrieben werden. Diese können sowohl privat als auch öffentlich sein und sie können zeitweise auch leer oder nur mit einer Person an Bord verkehren, wenn sich die Nachfrage entsprechend einstellt.

2.1.3. Szenario 1: Stark individualisierte Nutzung

Im Nutzungsszenario 1 sind die automatisierten Fahrzeuge v.a. in Privatbesitz und werden im Personenverkehr stark individuell genutzt – sowohl in Städten und Agglomerationen als auch in peripheren Gebieten. Dementsprechend gibt es wenig Bündelung von Fahrten und einen geringen Anteil kollektiv genutzter automatisierter Sammeltaxis. Viele Fahrzeuge sind leer unterwegs. Der Datenaustausch wird durch Fahrzeughersteller organisiert und ist dem Einflussbereich der öffentlichen Hand weitgehend entzogen. Der Bund hat keine aktive Rolle und lässt die Bürger und Bürgerinnen frei entscheiden, welche Verkehrsmittel sie nutzen. Auch im Güterverkehr sind keine gemeinsamen Lösungen mit gebündelten Güterströmen absehbar, es haben sich vielmehr wenige grosse Anbieter im Güterverkehr mit ihren eigenen Lösungen durchgesetzt.

Auch wenn eine stark individualisierte Nutzung und ein marktwirtschaftliches Verständnis vorherrscht, dürfte es auf gewissen Netzabschnitten bzw. zu gewissen Zeiten trotzdem Einschränkungen der freien Mobilität geben, um die Funktion des Gesamtsystems aufrechtzuerhalten. So ist denkbar, dass auf wichtigen Achsen (z.B. Autobahnen stadtein-/auswärts) auch eine Pflicht herrschen kann, automatisierte Fahrsysteme zu verwenden, um Verkehrszusammenbrüche zu Hauptverkehrszeiten zu verhindern.

Eine Visualisierung des Szenarios 1 ist in Abbildung 2 aufgeführt: Auf dem gesamten Strassennetz verkehren selbstfahrende Privatfahrzeuge mit wenigen oder ohne Personen an Bord. Der traditionelle ÖV hat eine unbedeutendere Rolle als heute, er wird aufgrund der abnehmenden Passagierzahl aber etwas teurer, obwohl er subventioniert bleibt. Auch weitere (neue) kollektive Mobilitätsangebote werden nur punktuell angeboten und genutzt.

Die subjektive Wahrnehmung dieses Szenarios aus der Sicht von Nutzerinnen und Nutzern wird im Folgenden erörtert. Die Tabelle im Anhang erläutert die detaillierten Merkmale des Nutzungsszenarios.

Beispiel aus der Perspektive von Nutzerinnen und Nutzern

Personenverkehr: *Ich besitze nun endlich auch ein selbstfahrendes Fahrzeug. Der Fahrzeughersteller hat mir ein gutes Angebot gemacht. Er ist auch für den Datenaustausch zuständig; die Vorteile eines verringerten Unfallrisikos sowie die besseren Verkehrsinformationen haben mich überzeugt. Meist bin ich allein unterwegs mit meinem Auto. Die Reisezeit nutze ich für das, wozu ich gerade*

Lust habe, z.B. um zu lesen, entspannen oder arbeiten. Manchmal schicke ich mein Auto los, um die Kinder abzuholen, dann gibt es auch Leerfahrten. Wenn ich jeweils in die anderen Fahrzeuge schaue, scheint es mir häufig, dass diese ohne Passagiere unterwegs sind. Auf den Hauptverkehrsachsen dürfen zu gewissen Zeiten alle Autos nur noch automatisiert fahren. Die Menge an Fahrzeugen, die unterwegs sind, ist eindrucklich. Es treten Staus auf.

Güterverkehr: Auf Autobahnen fahren einzelne Lastwagen schon, ohne dass der Fahrer eingreifen muss. Manchmal bringt mir ein selbstfahrender Lieferwagen einer grossen Logistikfirma meine Bestellungen. Die Lieferzeit ist abhängig vom Preis, den ich bezahle. Die Zuverlässigkeit ist oft nicht zufriedenstellend.

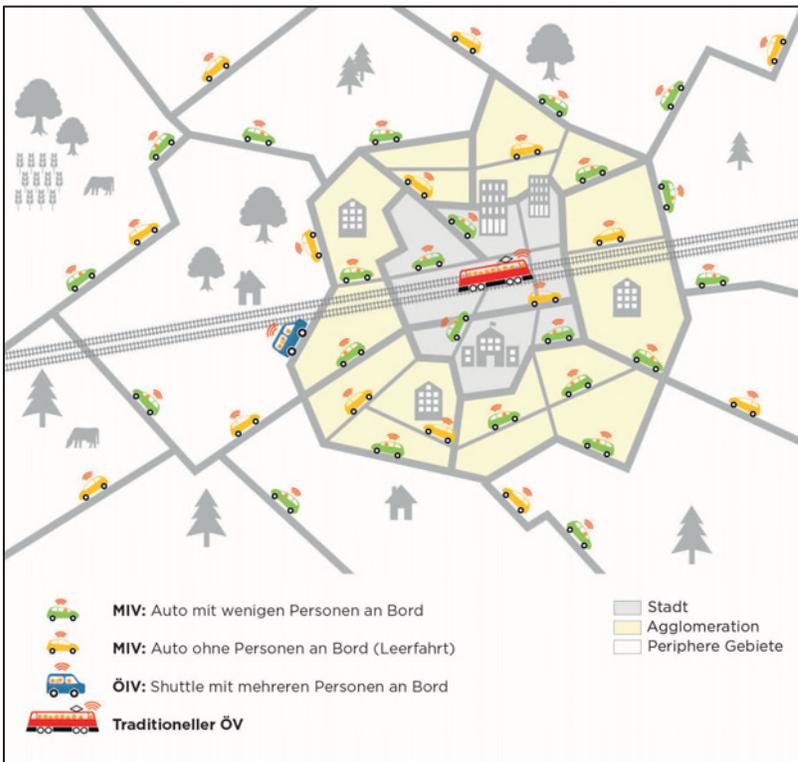


Abb. 2: Visualisierung des Szenarios 1 «Stark individualisierte Nutzung» (eigene Darstellung)

2.1.4. Szenario 2: Neue Angebote in Städten und Agglomerationen

Im Nutzungsszenario 2 gibt es neue Angebote im kollektiven Personenverkehr von privaten und öffentlichen Unternehmen, die automatisierte Fahrzeugflotten betreiben, welche mittels App buch- und zahlbar sind. Diese konzentrieren sich auf Räume mit grosser Nachfrage und werden dort als Ergänzung zum konventionellen ÖV gut genutzt. Sie kommen v.a. zu Randzeiten und auf Routen mit weniger Passagieren zum Einsatz (z.B. periphere Stadtquartiere oder abends an S-Bahnstationen in der Agglomeration). Grosse Personenströme in und zwischen Städten werden weiterhin über die klassischen ÖV-Gefässe wie Züge, Trams und Trolleybussen abgewickelt. In ländlichen Gebieten überwiegt in diesem Szenario die unbeeinflusste individuelle Nutzung automatisierter Fahrzeuge im Privatbesitz.

In Agglomerationen wird der Verkehr durch die öffentliche Hand gesteuert und die Auslastung des Strassennetzes optimiert. Dies bedingt eine Vernetzung der automatisierten Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur. Der Staat hat insofern eine aktive Rolle, als dass er vorgibt, welche Fahrzeuge zu welcher Zeit und mit welcher Belegung auf welchen Routen verkehren dürfen. So werden Leerfahrten minimiert. Dieses Verkehrsmanagement umfasst neben dem Personen- auch den Güterverkehr und bedingt, dass die Fahrzeuge Daten zu ihrem Standort, ihrem Ziel und ihren Insassen abliefern müssen. Diese werden soweit als möglich anonymisiert.

Eine Visualisierung des Szenarios 2 ist in Abbildung 3 aufgeführt: Auf dem Strassennetz in Städten und Agglomerationen ist die kollektive Mobilität vorherrschend, insbesondere durch den klassischen ÖV und neue Sammeltaxis. Diese sind im Regelfall mit mehreren Personen besetzt, auch wenn sie ausnahmsweise aus betrieblichen Gründen oder aufgrund geringer Nachfrage leer oder nur mit einer Person an Bord verkehren. Ausserhalb der Agglomeration verkehren selbstfahrende Privatfahrzeuge mit wenigen oder auch ohne Personen an Bord. Die subjektive Wahrnehmung aus der Sicht von Nutzerinnen und Nutzern wird im Folgenden erörtert. Die Tabelle im Anhang gibt die detaillierten Merkmale des Nutzungsszenarios an.

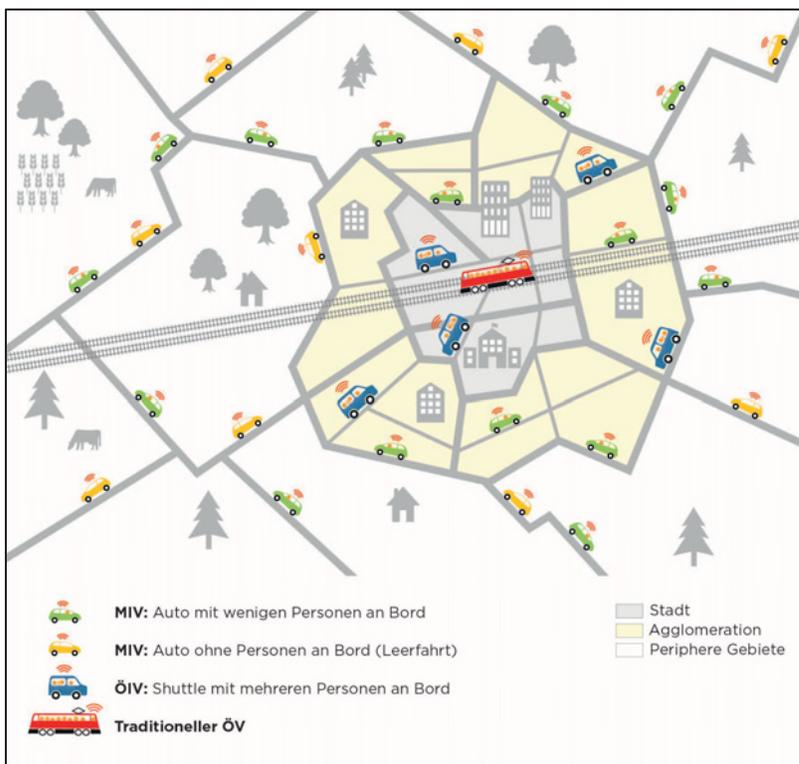


Abb. 3: Visualisierung des Szenarios 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen» (eigene Darstellung)

Übersicht aus der Perspektive von Nutzerinnen und Nutzern

Personenverkehr: *Um mich in den Agglomerationen zu bewegen, benutze ich den ÖV sowie die neuen selbstfahrenden Sammeltaxis, insbesondere dort, wo das traditionelle ÖV-Angebot wie Trams oder Busse fehlt oder ich schneller unterwegs sein will. Dabei bin ich nicht an ÖV-Haltestellen gebunden. Ich teile das Fahrzeug mit anderen, die ich nicht kenne. Manche Anbieter erlauben mir, Grundkriterien an Personen für meine Fahrgemeinschaft zu definieren. Mit meinem eigenen selbstfahrenden Fahrzeug kann ich in der ganzen Schweiz unterwegs sein. Wenn ich mich in die Innenstädte fahren lasse, muss ich ganz schön viel bezahlen oder muss warten. Ich darf zudem die Infrastruktur nur*

benützen, wenn mein Fahrzeug sich in den Datenaustausch integriert. Selbst fahren in dichten Räumen ist gar nicht mehr möglich.

Güterverkehr: *In den Agglomerationen bringen mir selbstfahrende Lieferwagen meine Bestellungen, manchmal auch von unterschiedlichen Firmen gemeinsam. Der Preis der Dienstleistung ist dabei abhängig von der Belastung auf dem Strassennetz. In abgelegenen Gebieten gibt es nicht die gleiche Angebotsqualität in der Feinverteilung, schnelle Sendungen sind meist nicht möglich.*

2.1.5. Szenario 3: Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr

Im Nutzungsszenario 3 ist der Personenverkehr schweizweit stark kollektiv geprägt. Sowohl in den Agglomerationen als auch in ländlichen Räumen gibt es öffentliche Flotten und kollektive Mobilitätsangebote, die via App buch- und bezahlbar sind. Der Güterverkehr auf Autobahnen und im Bereich City-Logistik ist weitgehend automatisiert und zwischen Anbietern abgestimmt bzw. gebündelt. Der Staat lässt sich diese Angebote einiges kosten, private Anbieter sind von untergeordneter Bedeutung.

Das in Szenario 2 beschriebene Verkehrsmanagement zur Optimierung der Netzauslastung und zur Vermeidung von Leerfahrten wird von der öffentlichen Hand in diesem Szenario auch ausserhalb von dichten Räumen betrieben. Alle Fahrzeuge und die ganze Infrastruktur sind miteinander vernetzt und kommunizieren über eine gesamtschweizerische Datenplattform. Dies stellt hohe Anforderungen an den Datenschutz und die Datensicherheit. Im Sinne der Optimierung des Verkehrsablaufs in gewissen Gebieten und zu gewissen Zeiten gibt es Pflichten zum vernetzten und automatisierten Fahren.

Eine Visualisierung des Szenarios 3 ist in Abbildung 4 aufgeführt: Auf dem gesamten Strassennetz ist die kollektive Mobilität vorherrschend, sowohl durch den klassischen ÖV als auch durch neue Sammeltaxis. Der Besetzungsgrad der Fahrzeuge ist entsprechend hoch, es kann bei geringerer Nachfrage und aus Betriebsgründen aber auch mal vorkommen, dass diese Fahrzeuge einmal leer oder mit nur einer Person an Bord verkehren. Die subjektive Wahrnehmung aus der Sicht von Nutzerinnen und Nutzern wird im Folgenden erörtert. Die Tabelle im Anhang gibt die detaillierten Merkmale des Nutzungsszenarios an.

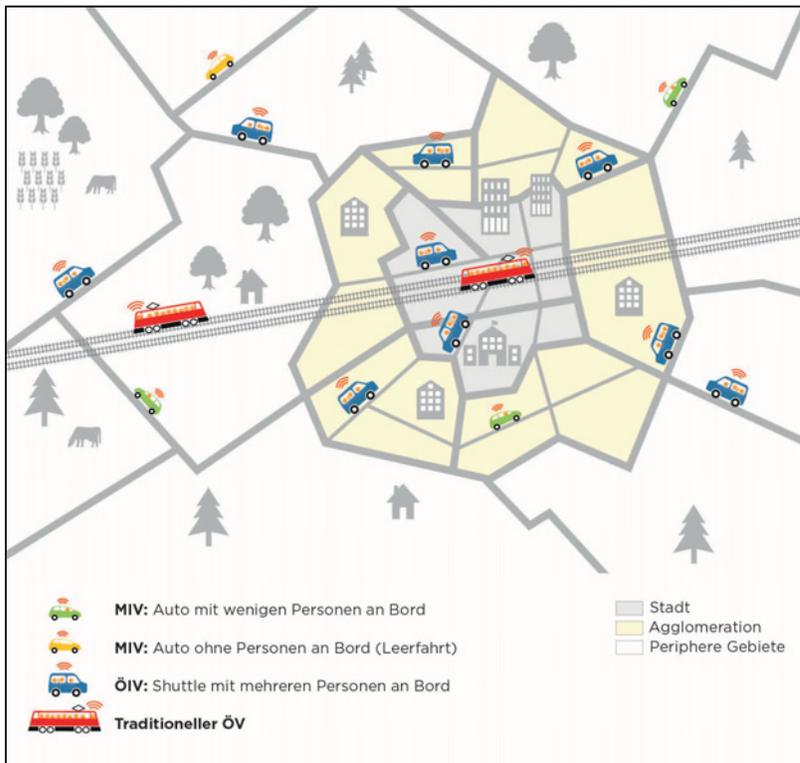


Abb. 4: Visualisierung des Szenarios 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr» (eigene Darstellung)

Übersicht aus der Perspektive von Nutzerinnen und Nutzern

Personenverkehr: *In der ganzen Schweiz setze ich mich in gemeinschaftlich genutzte selbstfahrende Fahrzeuge, wenn ich einmal nicht Züge, Trams oder Busse benutze. Dabei bin ich stets mit ein paar anderen Menschen im selben Fahrzeug unterwegs. Die Fahrzeuge gehören Flottenbetreibern, die meine angemeldeten Fahrtwünsche optimal zu erfüllen versuchen. Durch die Bündelung kostet mich die Mobilität wenig. Nur noch wenige Menschen in der Schweiz haben eigene Fahrzeuge und ihre Benutzung ist sehr unattraktiv, da man nur dann auf dem Strassennetz fahren darf, wenn es sonst wenig Verkehr hat. Alle Fahrzeuge tauschen ihre Daten über eine Plattform umfassend aus, sodass die Infrastrukturen optimal genutzt und betrieben werden können.*

Güterverkehr: *Auf Autobahnen sind selbstfahrende Lastwagen der Normalfall. In den Agglomerationen werden mir und meinen Nachbarn die Bestellungen zusammen in Grossboxen an die Quartierstelle geliefert. In abgelegenen Gebieten kommen selbstfahrende Verteilfahrzeuge. Es geht eine Weile, bis ich meine Ware habe, dafür kostet der Versand wenig.*

2.1.6. Gegenüberstellung der Szenarien

Die drei Szenarien unterscheiden sich vor allem in zwei Variablen. Einerseits wird zwischen einer stark individualisierten und einer kollektiven Nutzung der selbstfahrenden Fahrzeuge unterschieden, andererseits werden die verschiedenen Räume in der Schweiz differenziert. Im Szenario 1 herrscht in allen Räumen eine individualisierte Nutzung vor, die Entwicklung verläuft marktgetrieben und weitgehend ohne Einflussnahme durch die Politik. Automobilhersteller und Datenlieferanten/-verarbeiter sind die wesentlichen Treiber. Nur dort, wo es zu Sicherheitsproblemen oder Engpässen kommt, greift der Staat mit minimalen Regeln ein.

Im Szenario 2 nimmt die öffentliche Hand bei der Einführung selbstfahrender Fahrzeuge eine aktivere Rolle ein. Mittels geeigneter (neuer) Regulierungen verschafft sie dem kollektiven Verkehr in dichten Räumen Marktvorteile. Sie erlässt zudem Vorschriften über den Datenaustausch und greift steuernd in den Verkehrsfluss ein. Dieser Eingriff soll Überlastungen der Verkehrsnetze in Städten und Agglomerationen verhindern und weiterhin eine attraktive Mobilität für alle ermöglichen. Ausserhalb dieser Räume, wo die Netzauslastung geringer ist, sieht die Politik keine Notwendigkeit für einen Eingriff und überlässt die Entwicklung den marktwirtschaftlichen Treibern.

Das dritte Szenario bedingt eine sehr aktive Einflussnahme durch den Staat. Kollektive Verkehrsangebote auch bei geringer Nachfrage sicherzustellen, benötigt hohe Abgeltungen und eine konsequente Gesetzgebung. Auch die dazu notwendige schweizweite lückenlose Abdeckung mit zuverlässiger Kommunikationsinfrastruktur ist aufwendig. In diesem Szenario werden Energie- und Umweltziele von der Politik sehr hoch gewichtet.

2.2. Andere Szenarien für die Schweiz

Einige Aspekte dieser Nutzungsszenarien lassen sich auch in Szenarien, die im Rahmen von anderen Forschungsvorhaben und verkehrlichen Studien für die Schweiz erarbeitet wurden, wiederfinden. Der wichtigste Aspekt ist die Differenzierung zwischen individueller und kollektiver Fahrzeugnutzung. Im Gegensatz zu anderen Studien wird hier zudem eine unterschiedliche Entwicklung für verschiedene Verkehrsräume angenommen.

Folgende Szenarien lagen zum Zeitpunkt der Erarbeitung der TA-SWISS Studie im Jahr 2018 im Rahmen von anderen aktuellen Forschungsvorhaben und verkehrlichen Studien für die Schweiz vor:

- Im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) hat Ecoplan (2018) eine Machbarkeitsstudie zur Abschätzung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung in der Mobilität erarbeitet. Hierfür werden drei Szenarien verwendet, die sich in den beiden Dimensionen «Durchdringung mit vollautomatisierten Fahrzeugen» und «Durchdringung der Sharing Economy» unterscheiden. Die Szenarien lauten dementsprechend «Automatisiertes Fahren», «Sharing» sowie «Mobilitäts-Servicewelt» (Kombination von automatisiertem Fahren und Sharing Economy). Die Szenarien werden sowohl für den Personenverkehr als auch für den Güterverkehr, jeweils auf Strasse und Schiene, verwendet. Der Zeithorizont ist bis ins Jahr 2040 und darüber hinausgehend, die Szenarien nehmen Trends auf.
- Im laufenden SVI-Forschungspaket «Verkehr der Zukunft» wurden mit einem Zeithorizont bis 2060 drei Szenarien entwickelt. Diese unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Durchdringung von Technologien und der Fahrzeugnutzung. Sie heissen «Evolution ohne Disruption», «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» und «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices». Die Unterschiede der Szenarien beziehen sich auf die Treiber Technologie, Gesellschaft, Raumentwicklung, Organisationsformen, Infrastruktur und Regulativ. In Teilprojekten werden die Szenarien ausgearbeitet und auf Personen- sowie Güterverkehr bezogen (Strasse und Schiene). Die Szenarien schliessen regulatorische Massnahmen ein, weisen aber keinen normativen Aspekt auf. Daher sind die Szenarien von «Verkehr der Zukunft» weder Trend- noch Zielszenarien.

- Im laufenden ASTRA-Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» wurden im Teilprojekt 1 zwei Nutzungsszenarien für das automatisierte Fahren erarbeitet, die sich auf das Jahr 2050 beziehen. Die Nutzungsszenarien variieren in Bezug auf die Angebots- und Nutzungsformen. Das Szenario A beschreibt eine stark individuelle, vorwiegend monomodale Mobilität mit wenig differenzierten Angebots- und Organisationsformen. Das Szenario B nimmt vor allem kollektive und multimodale Mobilität mit differenzierten Angebots- und Organisationsformen auf. Die beiden Szenarien können mit den Szenarien des SVI-Forschungspakets «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» und «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» verglichen werden, sind aber stärker auf das automatisierte Fahren ausgerichtet. Die ASTRA-Nutzungsszenarien beschreiben sowohl den Personen- als auch den Güterverkehr. Aus den Folgen der beiden Szenarien, die derzeit erforscht werden, soll schliesslich ein Zielszenario definiert werden.
- Im Rahmen einer Studie des Städteverbands mit verschiedenen weiteren Partnern von Städten und Kantonen hat EBP (2017) einen Entwicklungspfad für das automatisierte Fahren in der Schweiz skizziert, wie er aus heutiger Sicht von Verkehrsfachleuten als realistisch eingeschätzt wird. Dieser Entwicklungspfad ist als ein mögliches Szenario zu verstehen und adressiert sowohl den Personen- als auch Güterverkehr, jeweils auf Strasse und Schiene. Für den motorisierten Individualverkehr werden sechs Zustände beschrieben, die ausgehend vom heutigen Zustand eine zunehmende Automatisierung auf Hochleistungsstrassen, Strassen in Städten und Agglomerationen und schlussendlich Überlandstrassen aufnehmen. Auf die Angabe eines konkreten Zeithorizontes wird unter der Annahme, dass die zeitliche Entwicklung in den verschiedenen Zuständen variabel sein kann, bewusst verzichtet. Während die ersten Zustände eine Trendentwicklung wiedergeben, wird mit zunehmender Entwicklung eine grössere Einflussnahme gemäss verkehrlichen Zielen abgebildet.

3. Was selbstfahrende Fahrzeuge in der Schweiz bewirken könnten

Es wird in allen drei Szenarien davon ausgegangen, dass selbstfahrende Fahrzeuge von der Bevölkerung und Logistikbetrieben genutzt werden und in deren Folge sich Mobilität in der Schweiz gegenüber heute verändert. Ausgang bildet das heutige Mobilitätsverhalten und das bestehende Verkehrssystem, welche mit einigen wichtigen Kenngrössen beschrieben werden können (Abschnitt 3.1.). Die Entwicklung des Verkehrssystems kann jedoch nicht losgelöst von den verkehrspolitischen Zielen des Bundes betrachtet werden. Diese setzen einen wichtigen Rahmen für prospektive Aussagen zur Schweiz (Abschnitt 3.2.). Die Grundlagen weisen jedoch Zielkonflikte auf, die kurz erörtert werden. Der Einfluss automatisierter und vernetzter Fahrzeuge wird anschliessend für die drei Nutzungsszenarien in Bezug auf die in 3.1. beschriebenen Kenngrössen qualitativ eingeschätzt und grafisch dargestellt (Abschnitt 3.3.).

3.1. Mobilität heute

Die heutige Mobilität in der Schweiz kann statistisch mit verschiedenen Kenngrössen beschrieben werden. Diese werden im Folgenden aufgeführt.

3.1.1. Verkehrsleistung: Anzahl Wege und Weglänge

Die Verkehrsleistung ist die Transportleistung des Verkehrssystems und wird definiert als Produkt aus der Menge von Personen oder Gütern und der zurückgelegten Strecke. Dementsprechend wird die Verkehrsleistung in Personenkilometern (Pkm) oder Tonnenkilometern (tkm) ausgewiesen.

Im Personenverkehr wurden auf dem schweizerischen Strassen- und Schienennetz im Jahr 2017 rund 134.6 Mrd. Pkm zurückgelegt. Dabei entfielen rund 21.3 Mrd. Pkm auf Eisen- und Spezialbahnen, 4.5 Mrd. Pkm auf den öffentlichen Strassenverkehr (Busse und Trams), 100.8 Mrd. Pkm auf den privaten motorisierten Verkehr und 8.1 Mrd. Pkm auf den Fuss- und Veloverkehr (BFS,

2018). Abbildung 5 zeigt die Entwicklung dieser Verkehrsleistung seit 1970 auf, der vermeintliche Rückgang zwischen 1990 und 1995 ist durch die veränderte Schätzungsmethode begründet. Die Verkehrsleistung hat seit 1970 stetig zugenommen. Absolut gesehen ist der motorisierte Strassenverkehr am stärksten gewachsen.

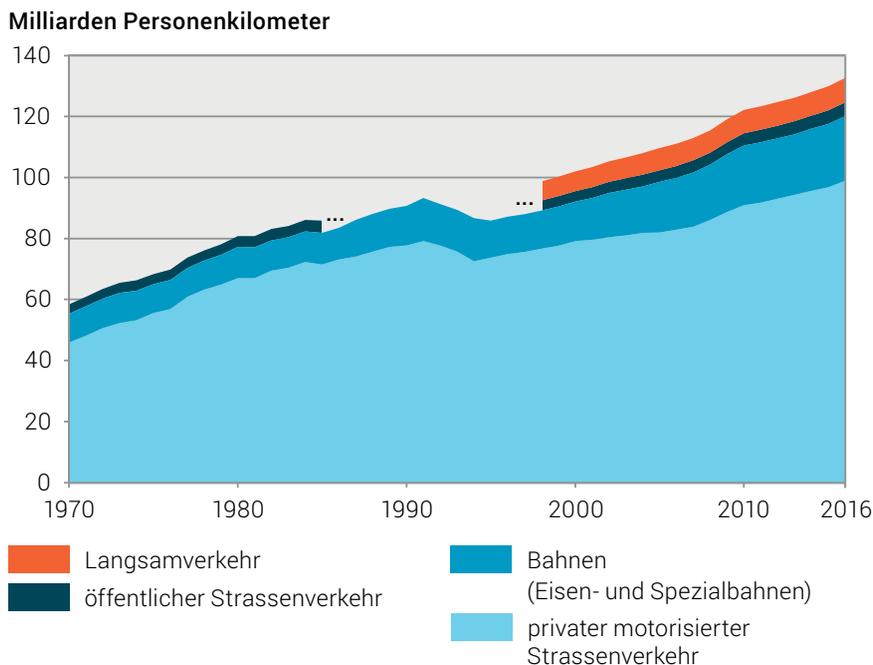


Abb. 5: Verkehrsleistungen im Personenverkehr (Quelle: BFS, 2018)

Die Gesamtverkehrsleistung ist von zwei wesentlichen Grössen abhängig: einerseits von der Anzahl der zurückgelegten Wege und andererseits von der Länge dieser Wege. Die mittlere Anzahl der Wege betrug 2015 in der Schweiz rund 3.4 pro Person und Tag. Die mittlere Tagesdistanz pro Person belief sich auf rund 36.8 km (BFS, ARE, 2017).

Im Güterverkehr wurden auf dem schweizerischen Strassen- und Schienennetz im Jahr 2017 rund 27.29 Mrd. tkm zurückgelegt. Dabei entfielen 17.22 Mrd. tkm auf die Strasse und 10.07 Mrd. tkm auf die Schiene (BFS, 2018). Abbildung 6

zeigt die Entwicklung der Transportleistung im Güterverkehr seit 1980 auf. Sowohl der Güterverkehr auf der Strasse als auch derjenige auf der Schiene haben zwischen 1980 und 2017 zugenommen, absolut gesehen hat der Strassengüterverkehr mehr zugenommen. Der Anteil der Schiene hat insbesondere in den Jahren von 1980 bis 2000 abgenommen.

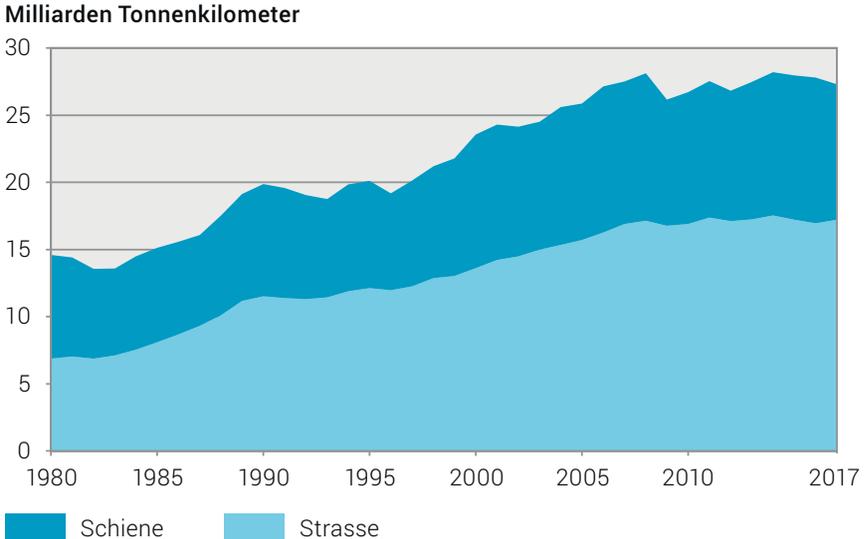


Abb. 6: Transportleistung im Güterverkehr (Quelle: BFS, 2018)

3.1.2. Modal Split

Der Modal Split zeigt die Verteilung des Personenverkehrs auf die verschiedenen Verkehrsmittel auf. Grundsätzlich können dabei verschiedene Bezugsgrössen verwendet werden (Anzahl Wege oder Etappen, Tagesdistanz bzw. Verkehrsleistung, Unterwegszeit). In Bezug auf die Verkehrsleistung betrug 2017 der Modal Split in der Schweiz 75 % MIV, 19 % ÖV (Schiene und Strasse) und 6 % Fuss- und Veloverkehr (BFS, 2018). Bezogen auf die persönliche Tagesdistanz beträgt der Modal Split in der Schweiz: MIV 66 %, 24 % ÖV, 8 % Langsamverkehr, 2 % übrige (BFS, ARE, 2017).

Beim Güterverkehr wird naturgemäss nicht die Verteilung der Verkehrsleistung auf die Verkehrsmittel, sondern auf die beiden Verkehrsträger Strasse und Schiene betrachtet. Im Jahr 2018 betrug die Verkehrsleistung im Landverkehr in der Schweiz rund 27.3 Mrd. tkm. Diese wurde zu 37 % auf der Schiene und zu 63 % auf der Strasse erbracht (BFS, 2018).

3.1.3. Fahrleistung und Besetzungsgrad

Zur Bemessung der bereitzustellenden Verkehrsinfrastruktur ist nicht die Verkehrsleistung massgebend, sondern die Fahrleistung. Diese umfasst alle Wegstrecken, die von Fahrzeugen zurückgelegt wurden. Im Personenverkehr spielt dabei der Besetzungsgrad der Fahrzeuge, also die Anzahl Personen pro Fahrzeug, die zentrale Rolle. Je höher der durchschnittliche Besetzungsgrad, desto weniger Fahrleistung (Fzkm) ist für die gleiche Menge an Verkehrsleistung (Pkm) erforderlich. Ebenso im Güterverkehr: Je stärker die Güter gebündelt werden und je stärker die Güterfahrzeuge ausgelastet sind, desto weniger Fahrleistung ist für die gleiche Transportleistung notwendig.

Im Personenverkehr wurden 2017 in der Schweiz im MIV 60.9 Mrd. Fahrzeugkilometer (Fzkm) zurückgelegt. Seit 2000 hat diese Zahl um 28 % zugenommen. Im ÖV mit naturgemäss höherer Besetzung der Fahrzeuge wurden 2017 rund 198 Mio. Zugkilometer bzw. 340 Bus- und Tramkilometer zurückgelegt. Seit 2000 haben diese Zahlen um 40 % bzw. 33 % zugenommen (BFS, 2018).

Der mittlere Besetzungsgrad im MIV beträgt in der Schweiz je nach Grundlage 1.66 (Statistik Verkehrs- und Fahrleistung, 2017) bzw. 1.56 (Mikrozensus, 2015).

Im Strassengüterverkehr wurden 2017 in der Schweiz rund 2.2 Mrd. Fzkm mit schweren Güterfahrzeugen über 3.5 t Gesamtgewicht und 4.4 Mrd. Fzkm von leichten Güterfahrzeugen unter 3.5 t Gesamtgewicht zurückgelegt (BFS, 2018). Im Mittel beträgt die Belastung somit 2.6 t pro Strassengüterfahrzeug, jedoch gilt es zu beachten, dass rund 95 % der Tonnenkilometer im Strassenverkehr mit schweren Güterfahrzeugen erbracht werden (BFS, 2018).

3.1.4. Siedlungsstruktur

Verkehrliche und räumliche Entwicklungen sind stark voneinander abhängig. Menschen achten beispielsweise bei der Wahl ihres Wohnortes auf die Erreich-

barkeit. Diese ist definiert als ein Produkt von sozialen sowie ökonomischen Möglichkeiten und des Widerstands, zu diesen Möglichkeiten zu gelangen. Letzteres wird meist auf Basis von Reisezeiten beschrieben.

Je besser insbesondere periphere Gebiete erreichbar sind, desto höher ist die Reisebereitschaft und damit die Gefahr einer Zersiedelung. Menschen dürften dann grössere Reisedistanzen zwischen Arbeits- und Wohnort zurücklegen. Je schlechter periphere Gebiete erreichbar sind, desto eher stellt sich eine Zentralisierung mit einer höheren Siedlungsdichte im Zentrum ein. Die MIV-Reisezeiten zu den sechs wichtigsten Kernstädten werden in Abbildung 7 aufgeführt (ARE, 2010).

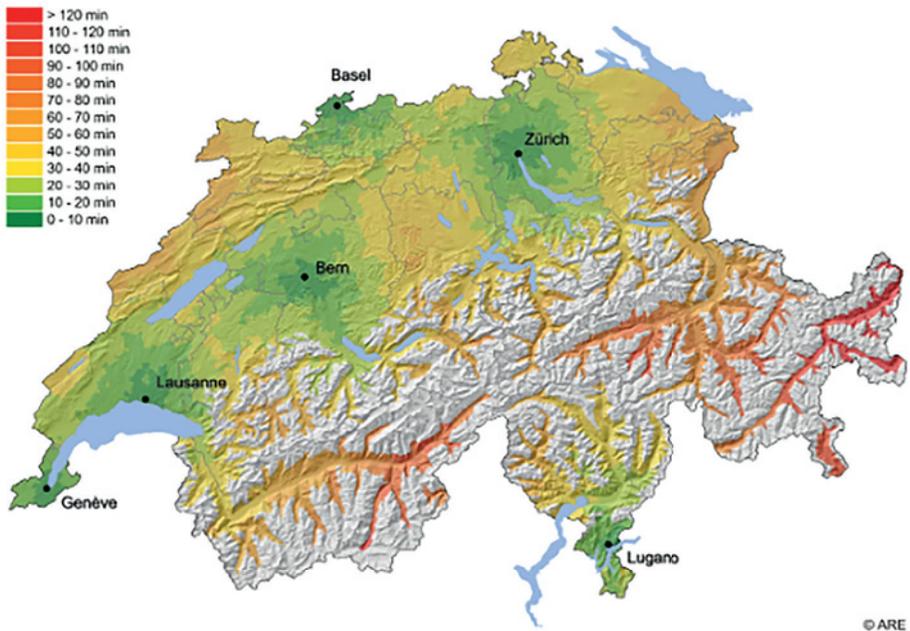


Abb. 7: Reisezeit 2011 mit dem MIV zu einer der sechs Kernstädte Zürich, Genf, Basel, Bern, Lugano, Lausanne (Quelle: ARE, 2019¹⁴)

¹⁴ <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/grundlagen-und-daten/fakten-und-zahlen/erschliessung-und-erreichbarkeit-der-kernstaedte.html>.

3.1.5. Energie, Ressourcen und Umwelt

Für den Verkehr sind vor allem folgende Ressourcen und Umweltbereiche massgebend:

- **Energiebedarf:** Dieser umfasst die für die Fortbewegung eingesetzte Energie (Bewegen, Beschleunigen, Bremsen) sowie die für die Produktion der Fahrzeuge benötigte Energie (graue Energie). Direkt davon abhängig sind die Treibhausgasemissionen, im Verkehr sind dies die CO₂-Emissionen (BFS, 2019).
- Aber auch die **Energieeffizienz** ist ein zentrales Thema, gemäss Experteneinschätzung kann die Automatisierung Beiträge leisten durch kleinere Fahrzeuge (vehicle right sizing), Eco Drive, Potenziale zum Leichtbau wegen Reduktion passiver Sicherheitselemente, weniger Staus und allenfalls auch geringeren Leistungsbedarfs.
- **Ressourcen in Fahrzeugen:** Darunter werden in Fahrzeugen gebundene Materialressourcen, materielle Güter verstanden, die nötig sind, um die Verkehrsleistung zu erbringen. Wesentliche Kenngrösse ist hier der Fahrzeugbestand. 2018 waren in der Schweiz rund 6.1 Mio. Strassenmotorfahrzeuge zugelassen, davon sind 4.6 Mio. Personenkraftwagen. Zwischen den Jahren 2000 bis 2018 ist der Fahrzeugbestand um 33 % gestiegen (BFS, 2019).
- **Weitere Abgase und Lärm:** Hierzu werden der erzeugte Lärm und die lokal schädlichen Abgase aus dem Betrieb der Fahrzeuge gezählt – beispielsweise Verbrennungsabgase wie Kohlenwasserstoffe, Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide (BAFU, 2010) – sowie aus der Produktion und Entsorgung von Fahrzeugen und Infrastruktur (PSI, 2018 bzw. Treeze, 2018).

3.1.6. Flächenbedarf

Der Flächenbedarf von Verkehrsinfrastrukturen kann im Wesentlichen unterteilt werden in:

- **Rollender Verkehr Strasse:** Flächenbedarf von Strecken (Fahrspuren inkl. Sicherheitszuschläge) und Verkehrsknoten. Das öffentliche Strassennetz in der Schweiz wies 2017 eine Länge von 71'557 km auf. Davon entfallen 1855 km auf Nationalstrassen, 17'843 km auf Kantonsstrassen und 51'859

km auf Gemeindestrassen (BFS, 2018). Im Rahmen des strategischen Entwicklungsprogramms (STEP) entwickelt der Bund das Nationalstrassennetz weiter. Kantone und Gemeinde verfügen über weitere Programme bzw. Projekte für die Anpassung und Erweiterung ihrer Netze.

- **Ruhender Verkehr Strasse:** Flächenbedarf der für das Abstellen der Strassenfahrzeuge (ruhender Verkehr) notwendigen Areale. Eine umfassende und aktuelle statistische Grundlage hierfür ist derzeit nicht verfügbar.
- **Schiene:** Flächenbedarf für die Schieneninfrastruktur (Gleisanlagen inkl. Sicherheitszuschläge, Haltestellen, weitere Betriebsanlagen). Das Schienennetz der Eisenbahnen in der Schweiz wies 2015 eine Länge von 5177 km auf. Dazu kommen Zahnradbahnen mit 127 km und Tramabschnitte von 327 km. Die Eisenbahnen verfügen in der Schweiz über 1735 Bahnhöfe und Haltestellen, Zahnradbahnen über 103 Stationen und Trams über 527 Haltestellen (BFS, 2018). Im Rahmen des strategischen Entwicklungsprogramms (STEP) entwickelt der Bund die Bahninfrastruktur in verschiedenen Ausbausritten weiter.

3.1.7. Datenbedarf

Für die Verkehrsabwicklung sind heute bereits verschiedene Datentypen von Bedeutung. Dazu gehören Fahrzeugdaten, Nutzerdaten und Infrastrukturdaten. Die heutige Vernetzung im Verkehr kann nicht quantifiziert werden. Sie ist in Anbetracht der zukünftig verfügbaren Technologien noch bescheiden, aber doch meist schon grösser, als gemeinhin angenommen wird. Beispielsweise werden heute GPS-Daten von Navigationsgeräten und Smartphones zentral bei Herstellern gesammelt und verwendet, um die Belastung des Strassennetzes zu ermitteln. Diese Daten werden den Endgeräten zurückgespielt, um die Routenwahl der Fahrzeuge zu verbessern.

3.1.8. Verkehrssicherheit

Auf dem schweizerischen Strassennetz wurden im Jahr 2018 gemäss Unfallstatistik 54'378 Unfälle registriert. Bei 18'033 Unfällen kamen Personen zu Schaden. Dabei wurden 233 Personen getötet, 3873 schwer verletzt und 17'958 leicht verletzt (ASTRA, 2019). Seit 1970 ist die Zahl der Strassenverkehrsunfälle deut-

lich zurückgegangen. Detailuntersuchungen zeigen, dass rund 90 % der Strassenverkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind.

Im Schienenverkehr haben sich im Jahr 2017 82 Unfälle bei Eisenbahnen (mit 61 Schwerverletzten und Getöteten), 35 Unfälle bei Trams (mit 52 Schwerverletzten und Getöteten) und zwei Unfälle bei Zahnradbahnen (mit einem Schwerverletzten) ereignet (BFS, 2018). Eisenbahnen gelten im Vergleich zum Strassenverkehr als besonders sichere Verkehrsmittel.

3.1.9. Individuelle Mobilitätskosten

Individuelle Mobilitätskosten bestehen aus verschiedenen Teilen: Im ÖV sind dies die Besitzkosten eines Abonnements bzw. die Kosten einer Einzelfahrt. Beim MIV gehören sowohl Fixkosten (Autokauf, Abschreibung, Steuern, Versicherungen, Service und Reparaturen etc.) wie auch variable Kosten (Treibstoff, Wertminderung etc.) dazu sowie die Kosten für die Benutzung von Parkplätzen.

Für die Verkehrsmittelwahl spielen zudem vor allem die Reisezeitkosten eine grosse Rolle: Neben der eigentlichen Unterwegszeit, welche verschiedene Qualitäten in der Form von Lenk- oder Nutzzeit haben kann, sind auch die Vorbereitungszeit (für die Fahrbereitschaft des Autos, für Erwerb von Abo oder Fahrkarte/Sitzplatzreservierungen) sowie die Warte-, Umsteige- und Reservezeit relevant (Grundberg, 2004).

Exkurs: Unsichere Entwicklung der Mobilitätskosten im automatisierten Verkehr

Viele Experten erwarten, dass automatisierte Fahrzeuge die Transportkosten pro Kilometer senken. Anwendungen wie Platooning sowie eine homogenere Beschleunigung und Verzögerung reduzieren den Benzinverbrauch. Sicherheitsgewinne automatisierter Fahrzeuge dürften zudem die Unterhalts- und Versicherungskosten senken (siehe auch Factsheet 09 Wirtschaftliche Aspekte). Bessere Instandhaltungspraktiken könnten dazu führen, dass Fahrzeuge vor der Ausserbetriebnahme deutlich mehr Kilometerleistung erbringen. Zum Beispiel fahren die Taxis in New York City während mindestens 5 bis 6 Jahren mehr als 90'000 Kilometer pro Jahr – mehr als doppelt so viel wie die meisten individuell genutzten Fahrzeuge während ihrer ganzen Lebensdauer (NYC, TLC 2014, NYC, TLC 2018).

Auch der Betrieb von gemeinschaftlich genutzten Fahrzeugflotten dürfte die Betriebskosten senken, ohne die individuelle Mobilität zu beeinträchtigen. Dabei wird erwartet, dass eine deutlich verminderte Fahrzeuganzahl benötigt wird, wenn Menschen nicht mehr ihre eigenen Fahrzeuge benutzen. Erste optimistische Schätzungen gehen davon aus, dass die Gesamtzahl der Fahrzeuge um bis zu 80–90 % sinken könnte (Kornhauser et al., 2016; Fagant und Kockelman, 2015; ITF, 2017b).

Einige dieser Kosteneinsparungen werden dazu führen, dass sie von Individuen reinvestiert werden und eine zusätzliche Reisebereitschaft entsteht. Diese zusätzlichen oder längeren Fahrten könnten wiederum zu gleichbleibenden oder höheren individuellen Transportkosten führen.

Bösch et al. (2017) weisen aber darauf hin, dass in vielen internationalen Studien zu Fahrzeugflotten einzelne Kostenanteile nicht berücksichtigt werden. Die ETH untersuchte in dieser Studie sowohl die Kostenseite als auch die resultierenden Preise der Verkehrsmittel infolge der (Voll-)Automatisierung für die Schweiz. Dabei werden fixe und variable Kostenanteile sowie Flotteneffekte beschrieben. Für die Verkehrsmittelwahl müssen die entscheidungsrelevanten Kosten resp. Preise berücksichtigt werden. Diese berücksichtigen neben den variablen Fahrzeugkosten auch weitere Kosten, die auf den Preis umzulegen sind. Dazu zählen bei geteilten Fahrzeugen z.B. Kosten für Management und Wartung von Fahrzeugflotten, Gewinnmargen, Gebühren und Mehrwertsteuer. Bösch et al. weisen dabei eine neue Konkurrenzsituation der Verkehrsmittel aus. Im urbanen Raum ist der vollautomatisierte, durchschnittlich belegte öffentliche Bus substanziell günstiger als einzeln belegte vollautomatisierte Taxis oder Einplatz-Sharing-Fahrzeuge. Im regionalen Kontext sind diese Taxis allerdings günstiger als vollautomatisierte Busse. Weiter wird bei den neuen Angeboten (Sharing/Pooling) die Passagieranzahl berücksichtigt, welche die Preise weiter senken kann. Je mehr Passagiere befördert werden, desto geringer fallen – in Abhängigkeit der Gefässgrösse – die Preise aus.

Bei den Privatfahrzeugen sind in beiden Räumen die Gesamtkosten höher, die für die Verkehrsmittelwahl entscheidungsrelevanten variablen Kosten fallen allerdings immer tiefer aus. Vollautomatische Privatfahrzeuge bleiben somit attraktiv. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass diese auch künftig einen hohen Komfort aufweisen und Leerfahrten zulassen. Seitens der Fahrzeughersteller dürfte zudem weiterhin eine emotionale Bindung der Nutzenden zum privaten Fahrzeug gefördert werden. Andere Gründe für ein privates vollauto-

matisiertes Fahrzeug sind, dass man persönliche Dinge (wie z.B. Sportausrüstung) im Kofferraum lagern und sein Fahrzeug individuell ausstatten kann.

Weiter führen Bösch et al. auf, dass gepoolte Fahrzeuge eher tiefe Besetzungsgrade aufweisen dürften und damit die Kostenvorteile nicht vollständig ausgeschöpft werden (Bösch et al., 2017). Durch Pooling müssen grössere Umwege gefahren werden, was die Reisezeit erhöht. Zudem werden fremde Personen in einem Fahrzeug zusammengeführt, was auf Ablehnung der Nutzenden stossen kann. Diese Effekte müssen bei der Verkehrsmittelwahl berücksichtigt werden.

Der ÖV wird durch die Automatisierung günstiger, erhält aber Konkurrenz insbesondere von gepoolten Taxis. Gepoolte vollautomatisierte Taxis sind in Bezug auf Kosten nicht so vorteilhaft wie in publizierten, internationalen Studien angenommen, da viele Kostenanteile nicht berücksichtigt wurden (Bösch et al., 2017). Dazu gehören Overhead der Unternehmen, Parkkosten sowie ein erhöhter Aufwand für Unterhalt und Reinigung, da die Sorgfalt der Nutzenden tief sein dürfte. Trotzdem bestehen interessante Perspektiven für Betreiber, insbesondere als Zubringer zum ÖV und im ländlichen Raum. Der ÖV bleibt – insbesondere bei Aufrechterhaltung der staatlichen Abgeltungen – sehr attraktiv, sei es wegen der Möglichkeit zu Tarifsenkungen oder zur Ausweitung des Angebotes

Während in einigen internationalen Studien dem Übergangsbereich von MIV und ÖV ein grosses Potenzial zugeschrieben wird, müssen die Kosteneffekte relativiert werden (Bösch et al., 2017). Allerdings müssen bei der Verkehrsmittelwahl alle Angebotseigenschaften betrachtet werden (z.B. auch die Verfügbarkeit). Der Vergleich oben geht davon aus, dass nur die variablen Kosten entscheidungsrelevant sind, weil bereits ein Personenwagen vorhanden ist. Steht aber eine Ersatzbeschaffung eines Fahrzeugs an oder die Frage, ob man sich erstmals ein Personenwagen anschafft, dann sind die hohen Gesamtkosten zu berücksichtigen. In diesem Moment spielt es eine Rolle, welche alternativen Angebote interessieren. Bestehende funktionierende Pooling- und gute ÖV-Systeme können dann ein Grund sein, um auf einen eigenen Personenwagen zu verzichten, so wie dies heute ja bereits mit Carsharing als Möglichkeit besteht.

Erste Experten diskutieren, ob Mobility-on-demand-Angebote sogar mit einem werbefinanzierten Medienmodell gratis angeboten werden könnten. Dabei könnten Stopps entlang der Route vorgeschlagen werden oder Reisende werden Werbung ausgesetzt. In der Verknüpfung mit ortsbezogenen Daten und allfälligen persönlichen Benutzerdaten könnte zudem personalisierte Werbung ge-

schaltet werden. Auch rund um die gesammelten Daten wird eine Industrie mit verschiedenen (personalisierten) Services entstehen.

Der Preis für öffentliche Transportleistungen wird zudem weiterhin auch davon abhängig sein, welche Bestellungen und Abgeltungen von der öffentlichen Hand gesprochen werden. Dies wiederum ist abhängig von der gesetzlichen Ausgangslage und damit im Einflussbereich allfälliger (neuer) Anreizsysteme oder Regulierungen. Aufgrund der vielen Unsicherheiten in der preislichen Entwicklung kann zu den einzelnen Szenarien deshalb keine Aussage über die Entwicklung der individuellen Mobilitätskosten gemacht werden.

3.2. Entwicklungsziele

Die zukünftige Mobilität und das Verkehrssystem in der Schweiz sollen sich an verschiedenen Zielen ausrichten. Dafür hat das UVEK mit dem Orientierungsrahmen 2040 (ARE, 2017) strategische Ziele erarbeitet. Hauptziel ist es, dass das Gesamtverkehrssystem der Schweiz im Jahr 2040 in allen Aspekten effizient ist. Zur Erreichung dieses übergeordneten Ziels wurden Handlungsfelder mit entsprechenden strategischen Zielen festgelegt. Diese werden in Abbildung 8 aufgeführt.

Verkehrsvorhaben von nationaler Bedeutung müssen zudem Anforderungen an die Nachhaltigkeit erfüllen, damit diese durch den Bund realisiert werden. Das «Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr» des UVEK (ZINV-UVEK, 2008) stellt für die Beurteilung von Verkehrsvorhaben aus Sicht der Nachhaltigkeit eine verbindliche Grundlage dar. Der Katalog führt Teilziele für die drei Bereiche Ökologie, Wirtschaft und Gesellschaft auf.

Zudem existieren je nach Aufgabenstellung und Tätigkeitsbereich sowohl auf Bundes- als auch auf anderen Staatsebenen weitere Entwicklungsvorgaben und Zielsysteme. Allen ist gemein, dass sie sich an einer nachhaltigen Entwicklung orientieren. Die Gewichtung einzelner Aspekte ist jedoch unterschiedlich, weswegen immer auch Zielkonflikte auftreten, sowohl innerhalb einzelner Zielsysteme als auch zwischen verschiedenen sektoralen Zielen und Programmen. Diese werden zum bestmöglichen Interessenausgleich jeweils sorgfältig abgewogen.

Handlungsfelder und strategische Ziele

Rahmenbedingungen und Voraussetzungen

- Ziel 1: Bei der Anwendung von Innovationen im Bereich der Mobilität nimmt die Schweiz eine internationale Spitzenposition ein.
- Ziel 2: Die Zusammenarbeit der verschiedenen Staatsebenen im Verkehrsbereich ist gestärkt.
- Ziel 3: Die internationale Einbindung des Schweizer Gesamtverkehrssystems ist optimiert.
- Ziel 4: Eine klar definierte Grundversorgung stellt eine zeitlich und räumlich angemessene Erreichbarkeit in allen Regionen des Landes und für alle Bevölkerungsgruppen sicher.

Nachfrage, Angebot und Infrastrukturen

- Ziel 5: Die Verkehrsnachfrage wird so gelenkt, dass die Leistungsfähigkeit des bestehenden Gesamtverkehrssystems vor der Realisierung von weiteren Aus- oder Neubauten ausgeschöpft wird.
- Ziel 6: Das Gesamtverkehrssystem ist sicher, verlässlich, hoch verfügbar und einfach zugänglich.
- Ziel 7: Verkehrsteilnehmende in der Schweiz können frei entscheiden, welche Mobilitätsangebote sie nutzen und kombinieren.

Finanzierung

- Ziel 8: Mit den verfügbaren öffentlichen Mitteln werden das Mobilitätsangebot und die Verkehrsinfrastrukturen kosteneffizient finanziert.
- Ziel 9: Die Nutzenden aller Mobilitätsangebote tragen die von ihnen verursachten internen und externen Kosten vermehrt selber.

Umwelt, Energie und Raum

- Ziel 10: Die Belastung der Umwelt durch Emissionen des Verkehrs ist markant reduziert.
- Ziel 11: Die Verkehrsinfrastrukturen werden flächen- und bodenschonend realisiert, sind gut in Landschaft und Siedlungsräume integriert und ihre Trennwirkung ist reduziert.
- Ziel 12: Die Energieeffizienz des Verkehrs ist markant erhöht.
- Ziel 13: Der Landverkehr funktioniert weitgehend CO₂-neutral und möglichst ohne fossile Energien.
- Ziel 14: Die angestrebte polyzentrische Siedlungsentwicklung wird durch das Gesamtverkehrssystem konsequent gefördert.

Abb. 8: Handlungsfelder und strategische Ziele des UVEK-Orientierungsrahmens 2040 (Quelle: ARE, 2017)

Auch für den Einsatz von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen müssen Zielkonflikte diskutiert und verschiedene Interessen gegeneinander abgewogen werden. Besonders hervorzuheben sind dabei:

- **Nutzerfreiheit vs. Systemoptimum:** Auf der einen Seite sollen Verkehrsteilnehmende eine möglichst grosse individuelle Freiheit geniessen und ihre Mobilität soweit wie möglich selbst gestalten können. Auf der anderen Seite sollen die Verkehrssysteme so ausgelegt werden, dass diese möglichst effizient betrieben werden können. Dies führt zu geringeren Investitionen seitens der öffentlichen Hand. Diese Systemsicht widerspricht der individuellen Freiheit bei einigen Aspekten (z.B. Verkehrsmittelwahl, Verkehrsmanagement, Vernetzung).

- **Wirtschaftliche Entwicklung vs. Umweltschutz:** Eine prosperierende Wirtschaft ist auf gut funktionierende Infrastrukturen angewiesen, auch im Verkehr. Verkehr erzeugt zudem wirtschaftlichen Nutzen. Diesen wirtschaftlichen Argumenten stehen in der Nachhaltigkeitsbetrachtung verschiedene Umweltaspekte gegenüber, beispielsweise in Bezug auf Emissionen, Lärm oder Flächenverbrauch.

3.3. Auswirkungen selbstfahrender Fahrzeuge

Die Auswirkungen der drei Nutzungsszenarien werden in Bezug auf die im Abschnitt 3.1. aufgeführten Aspekte und statistischen Grössen im Folgenden qualitativ beschrieben. Die Ausführungen stellen eine fachliche Einschätzung des Projektteams unter Berücksichtigung der Verkehrsliteratur dar. Da die Auswirkungen auf die Mobilitätskosten, wie in Abschnitt 3.1.9. dargelegt, besonders abhängig sind vom noch zu definierenden Regulierungsrahmen, werden sie hier nicht aufgeführt.

3.3.1. Szenario 1: Stark individualisierte Nutzung

Die stark marktwirtschaftlich getriebene und individualisierte Nutzung automatisierter Privatfahrzeuge führt im Szenario 1 im Personenverkehr zu einer verkehrlichen Verlagerung vom ÖV hin zum MIV. Zudem dürften ohne Restriktionen Leerfahrten entstehen, beispielsweise aufgrund des Abholens und Bringens von Personen. Auch im Güterverkehr ist eine Verlagerung hin zu kleineren Sendungsgrössen zu erwarten. Die Bündelung der Verkehrsnachfrage nimmt damit sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr ab und die Fahrzeugbewegungen steigen in allen Räumen. Abbildung 9 visualisiert die Bewältigung der Verkehrsnachfrage mit den entsprechenden Verkehrsmitteln im Personenverkehr. Analoge Wirkungen sind auch beim Güterverkehr zu erwarten.

Insbesondere in Zentren dürfte die Nachfrage die Kapazitäten übersteigen; Verkehrszusammenbrüche sind zu erwarten. Dadurch nimmt die Erreichbarkeit der Zentren ab, was zu einem erhöhten Druck auf Agglomerationen und auf periphere Gebiete führt. Die Gesamtverkehrsleistung in der Schweiz steigt sowohl infolge der Bevölkerungszunahme bzw. infolge des Wirtschaftswachstums als auch durch verlängerte Wege infolge der räumlichen Verteilung. Es dürfte zu einer

grösseren Zersiedelung kommen, die räumlichen Wirkungen sind aber im Gesamtzusammenhang von Bevölkerungsentwicklung und Raumplanung, die in den Szenarien auch unterschiedlich sein wird, einzuordnen.

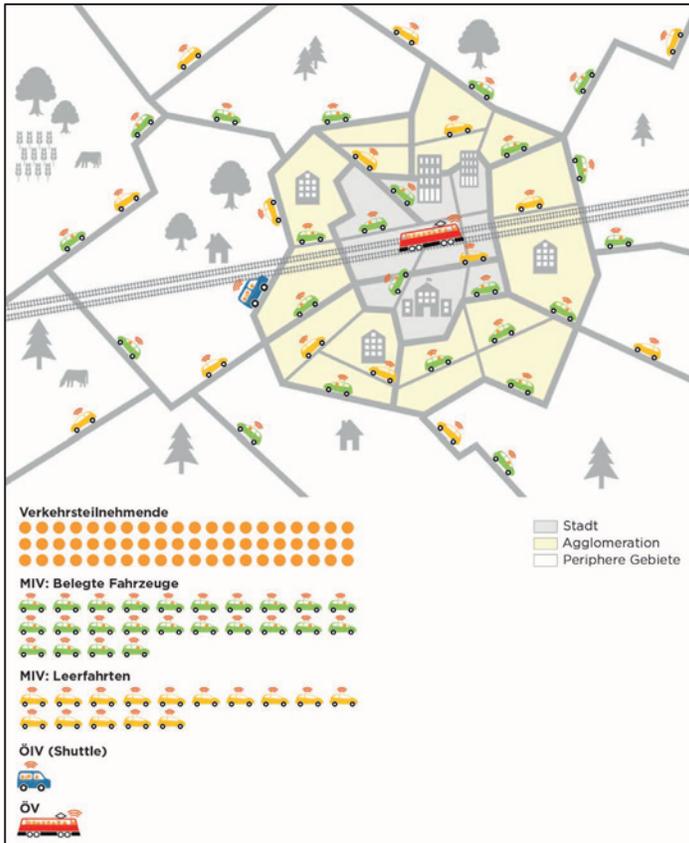


Abb. 9: Visualisierung der verkehrlichen Auswirkungen im Szenario 1 (eigene Darstellung)

Durch die geringe Bündelung der Verkehrsnachfrage steigt auch der Bedarf an Infrastrukturen sowie Fahrzeugen und damit Energie. Damit sind erhöhte Emissionen zu erwarten. Da der Staat die Vernetzung vorwiegend Fahrzeugherstellern und Datenlieferanten überlässt, muss er keine aufwendigen öffentlichen Dateninfrastrukturen realisieren. Die Übersicht der qualitativen Auswirkungen ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Übersicht der qualitativen Auswirkungen im Nutzungsszenario 1

(* Anstelle des in Abschnitt 3.1.3. beschriebenen Besetzungsgrades wird hier die Umkehrgrösse «Anzahl leere Plätze im Personenwagen» abgebildet, um aufzuzeigen, dass eine steigende Anzahl leerer Plätze auch eine erhöhende Wirkung auf die Fahrleistung hat. ** Aufgrund der gleichen Überlegung wird anstelle der Energieeffizienz gemäss Abschnitt 3.1.5. dargestellt, wie sich der Anteil nicht effizient genutzter Energie verändert.)

		Szenario 1		
		Stark individualisierte Nutzung		
		Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung	
Personenverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+	++	
	Anzahl Personenwege	+	+	
	Weglänge	+	++	
	Modal Split			
	Anteil MIV (Strasse)	+	++	
	Anteil ÖIV (Strasse)	+/-	+	
	Anteil ÖV (Strasse)	-	--	
	Anteil ÖV (Schiene)	-	--	
	Fahrleistung MIV	+	++	
	Gesamte Verkehrsleistung	+	++	
Anteil MIV (Strasse)	+	++		
Anzahl leere Plätze im PW *	+	++		
Güterverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+	+	
	Anzahl Gütertonnen	+	+	
	Weglänge	+/-	+/-	
	Modal Split			
	Anteil Strasse	+	++	
	Anteil Schiene	-	--	
	Fahrleistung Strasse	+	++	
	Gesamte Verkehrsleistung	+	+	
	Anteil Strasse	+	++	
	Niedrige Güterbündelung	+	++	
Siedlungsstruktur	Nutzung der Reisezeit	+	++	
	Räumliche Konzentration	-	--	
	Energie, Ressourcen, Umwelt	Energiebedarf und Treibhausgas	+	++
		nicht effizient genutzte Energie **	+/-	-
		Fahrzeugbedarf	+	++
		Weitere Abgase und Lärm	+	++
	Flächenbedarf	Rollender Verkehr	+	++
		Ruhender Verkehr	+	+
	Datenbedarf	Datenmengen durch Vernetzung	+	+
		Öffentliche Dateninfrastrukturen	+/-	+/-
Verkehrssicherheit	-	+		

Legende
Gegenüber Zustand heute...

++	Starke Erhöhung
+	leichte Erhöhung
+/-	gleichbleibend
-	leichte Reduktion
--	starke Reduktion

3.3.2. Szenario 2: Neue Angebote in Städten und Agglomerationen

Durch die neuen Angebote erhält der kollektive Verkehr eine grosse Bedeutung in dichten Räumen. Für diese Räume sind im Personenverkehr Abnahmen beim MIV zu erwarten. In peripheren Gebieten hat der Kollektivverkehr hingegen eine geringe Bedeutung. Zudem kommen dort Leerfahrten dazu, v.a. durch das Abholen und Bringen von Personen oder Gütern. Während also die Bündelung in den Städten und Agglomerationen eher zunimmt, nimmt diese in weniger dichten Räumen ab. Schweizweit betrachtet könnten sich die zunehmenden und abnehmenden Fahrzeugbewegungen in etwa ausgleichen. Abbildung 10 visualisiert die Bewältigung der Verkehrsnachfrage mit den entsprechenden Verkehrsmitteln im Personenverkehr. Analoge Wirkungen sind auch beim Güterverkehr zu erwarten.

Durch die hoheitliche Verkehrsbeeinflussung in Städten und Agglomerationen werden dort Nachfrage und Angebot aufeinander ausgerichtet. Die Erreichbarkeiten bleiben gegenüber heute ungefähr konstant oder verbessern sich gar leicht. Da die Reisezeit in selbstfahrenden Fahrzeugen mit anderen Aktivitäten genutzt werden kann, ist aber ein erhöhter Druck auf die peripheren Gebiete auszumachen. Die Gesamtverkehrsleistung in der Schweiz steigt sowohl infolge der Bevölkerungszunahme bzw. infolge des Wirtschaftswachstums als auch durch verlängerte Wege. Im Szenario 2 gibt es solche allerdings nur ausserhalb der Agglomerationen, weswegen die gesamte Zunahme auch bei hoher Durchdringung etwas tiefer ausfallen wird als im Szenario 1.

Der Bedarf an Fahrzeugen und Energie verändert sich vorerst nicht massgebend. Erst wenn es bei einer hohen Durchdringung gelingt, in den Städten und Agglomerationen viele Verkehrsteilnehmende vom MIV auf den ÖIV zu bringen, könnte der Bedarf an Fahrzeugen sinken. Mit weniger Fahrzeugen könnten dann die gleichen Personenbewegungen sichergestellt werden, wodurch sich jedoch nur der Energiebedarf zur Herstellung der Fahrzeuge mindert, nicht aber die Betriebsenergie und die zu erwartenden Emissionen. Mit dem Verkehrsmanagement in Städten und Agglomerationen wird die bestehende Infrastruktur möglichst effizient genutzt, sodass bedeutende Ausbauten nicht notwendig sind. Hierfür muss die öffentliche Hand die Vernetzung sicherstellen. Allenfalls dürften sich infolge einer bedeutenden Nutzung von Sammeltaxis die benötigten Parkierungsflächen in dichten Räumen etwas reduzieren. In den peripheren Gebieten

sind lokal Ausbauten der Verkehrsinfrastruktur zur Bewältigung der erhöhten Verkehrsnachfrage denkbar. Die Übersicht der Auswirkungen ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

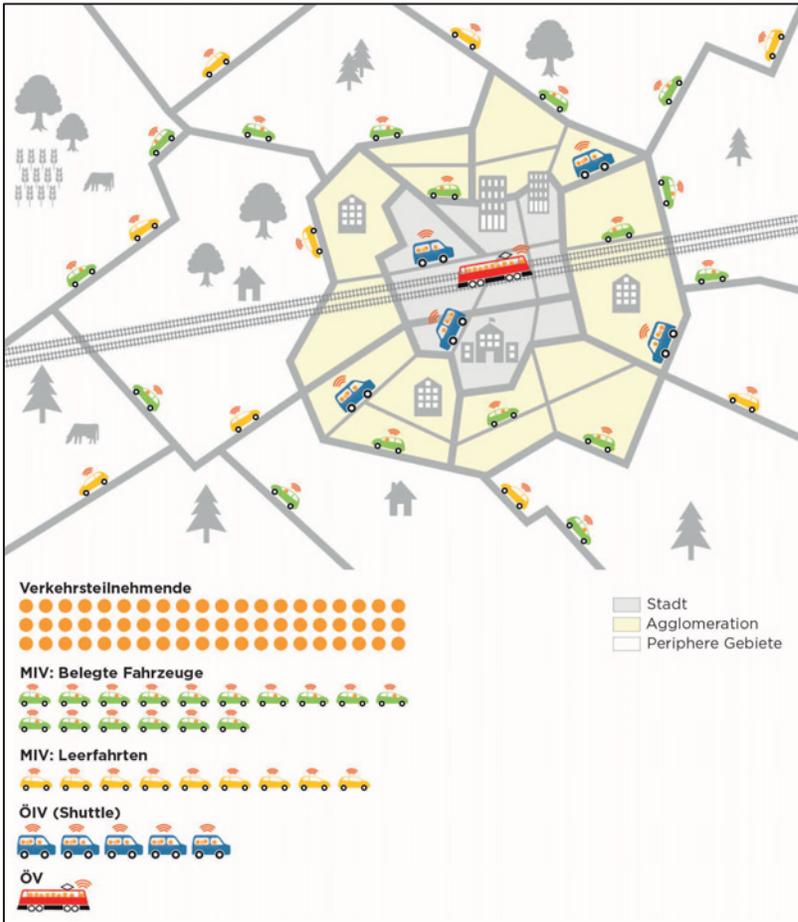


Abb. 10: Visualisierung der verkehrlichen Auswirkungen Szenario 2 (eigene Darstellung)

Tab. 3: Übersicht der qualitativen Auswirkungen im Nutzungsszenario 2
 (* Anstelle des in Abschnitt 3.1.3. beschriebenen Besetzungsgrades wird hier die Umkehrgrösse «Anzahl leere Plätze im Personenwagen» abgebildet, um aufzuzeigen, dass eine steigende Anzahl leerer Plätze auch eine erhöhende Wirkung auf die Fahrleistung hat. ** Aufgrund der gleichen Überlegung wird anstelle der Energieeffizienz gemäss Abschnitt 3.1.5. dargestellt, wie sich der Anteil nicht effizient genutzter Energie verändert.)

		Szenario 2	
		Neue Angebote in Städten und Agglomerationen	
		Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung
Personenverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+	+
	Anzahl Personenwege	+	+
	Weglänge	+/-	+
	Modal Split		
	Anteil MIV (Strasse)	-	-
	Anteil ÖV (Strasse)	+	+
	Anteil ÖV (Strasse)	+/-	+/-
	Anteil ÖV (Schiene)	+/-	+/-
	Fahrleistung MIV	+/-	+/-
	Gesamte Verkehrsleistung	+	+
Anteil MIV (Strasse)	-	-	
Anzahl leere Plätze im PW *	+/-	-	
Güterverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+	+
	Anzahl Gütertonnen	+	+
	Weglänge	+/-	+/-
	Modal Split		
	Anteil Strasse	+/-	+/-
	Anteil Schiene	+/-	+/-
	Fahrleistung Strasse	+/-	+/-
	Gesamte Verkehrsleistung	+	+
	Anteil Strasse	+/-	+/-
	Niedrige Güterbündelung	+/-	-
	Siedlungsstruktur		
	Nutzung der Reisezeit	+	+
	Räumliche Konzentration	+/-	+/-
Energie, Ressourcen, Umwelt			
Energiebedarf und Treibhausgas	+/-	+/-	
nicht effizient genutzte Energie **	+/-	-	
Fahrzeugbedarf	+/-	-	
Weitere Abgase und Lärm	+/-	+/-	
Flächenbedarf			
Rollender Verkehr	+/-	+/-	
Ruhender Verkehr	+/-	-	
Datenbedarf			
Datenmengen durch Vernetzung	+	++	
Öffentliche Dateninfrastrukturen	+	+	
Verkehrssicherheit	-	+	

Legende

Gegenüber Zustand heute...

++	Starke Erhöhung
+	leichte Erhöhung
+/-	gleichbleibend
-	leichte Reduktion
--	starke Reduktion

3.3.3. Szenario 3: Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr

Die grosse Bedeutung des kollektiven Verkehrs geht einher mit deutlichen Abnahmen der individuellen Mobilität in allen Räumen. Leerfahrten treten nur in begrenztem Rahmen und bei Sammeltaxis auf, die zwischen Fahrten mit Nutzerinnen und Nutzern unterwegs sind. Die Bündelung ist allgemein hoch, sodass eine deutlich geringere Anzahl an Fahrzeugbewegungen ausreicht, um die Verkehrsnachfrage zu befriedigen. Abbildung 11 visualisiert die Bewältigung der Verkehrsnachfrage mit den entsprechenden Verkehrsmitteln im Personenverkehr. Analoge Wirkungen sind auch beim Güterverkehr zu erwarten.

Durch die hoheitliche Verkehrsbeeinflussung in allen Räumen werden Nachfrage und Angebot aufeinander ausgerichtet. Die Erreichbarkeiten in peripheren Räumen gehen zurück, da durch eine optimierte und kollektive Nutzung von automatisierten Fahrzeugen Wartezeiten auftreten, wo eine disperse Nachfrage vorhanden ist und die Preise für die Mobilität steigen könnten. Die Zunahme der Verkehrsleistung infolge der Bevölkerungszunahme bzw. des Wirtschaftswachstums wird durch verkürzte Wege überkompensiert, sodass die Gesamtverkehrsleistung bei hoher Durchdringung schweizweit sinkt.

Der Bedarf an Fahrzeugen wird deutlich geringer. Durch eine verringerte Gesamtverkehrsleistung nehmen auch der Energiebedarf sowohl für Herstellung als auch Betrieb und die zu erwartenden Emissionen ab. Mit dem Verkehrsmanagement in allen Räumen wird die bestehende Infrastruktur möglichst effizient genutzt, Ausbauten sind keine nötig. Dafür muss die öffentliche Hand die Vernetzung intensiv sichern. Infolge einer bedeutenden Nutzung des kollektiven Verkehrs mindert sich der Bedarf an Parkierungsflächen in allen Räumen deutlich. Die Übersicht der Auswirkungen ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tab. 4: Übersicht der qualitativen Auswirkungen im Nutzungsszenario 3
 (* Anstelle des in Abschnitt 3.1.3. beschriebenen Besetzungsgrades wird hier die Umkehrgrösse «Anzahl leere Plätze im Personenwagen» abgebildet, um aufzuzeigen, dass eine steigende Anzahl leerer Plätze auch eine erhöhende Wirkung auf die Fahrleistung hat. ** Aufgrund der gleichen Überlegung wird anstelle der Energieeffizienz gemäss Abschnitt 3.1.5. dargestellt, wie sich der Anteil nicht effizient genutzter Energie verändert.)

		Szenario 3	
		Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr	
		Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung
Personenverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+/-	-
	Anzahl Personenwege	+	+
	Weglänge	-	--
	Modal Split		
	Anteil MIV (Strasse)	-	--
	Anteil ÖIV (Strasse)	+	++
	Anteil ÖV (Strasse)	+	+
	Anteil ÖV (Schiene)	+	+
	Fahrleistung MIV	-	--
	Gesamte Verkehrsleistung	+/-	-
Anteil MIV (Strasse)	-	--	
Anzahl leere Plätze im PW *	-	--	
Güterverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+/-	-
	Anzahl Gütertonnen	+	+
	Weglänge	-	--
	Modal Split		
	Anteil Strasse	-	-
	Anteil Schiene	+	+
	Fahrleistung Strasse	-	--
	Gesamte Verkehrsleistung	+/-	-
	Anteil Strasse	-	--
	Niedrige Güterbündelung	-	--
	Siedlungsstruktur		
	Nutzung der Reisezeit	+	+
	Räumliche Konzentration	+	++
	Energie, Ressourcen, Umwelt		
	Energiebedarf und Treibhausgas	-	--
	nicht effizient genutzte Energie **	-	--
	Fahrzeugbedarf	-	--
Weitere Abgase und Lärm	-	--	
Flächenbedarf			
Rollender Verkehr	-	--	
Ruhender Verkehr	-	--	
Datenbedarf			
Datenmengen durch Vernetzung	++	++	
Öffentliche Dateninfrastrukturen	++	++	
Verkehrssicherheit	-	+	

Legende
 Gegenüber Zustand heute...

++	Starke Erhöhung
+	leichte Erhöhung
+/-	gleichbleibend
-	leichte Reduktion
--	starke Reduktion

3.3.4. Übersicht

Die folgende Tabelle 5 stellt die geschilderten qualitativen Auswirkungen der drei Nutzungsszenarien einander gegenüber.

Tab. 5: Übersicht der qualitativen Auswirkungen der selbstfahrenden Fahrzeuge in den drei Nutzungsszenarien
 (* Anstelle des in Abschnitt 3.1.3. beschriebenen Besetzungsgrades wird hier die Umkehrgrösse «Anzahl leere Plätze im Personenwagen» abgebildet, um aufzuzeigen, dass eine steigende Anzahl leerer Plätze auch eine erhöhende Wirkung auf die Fahrleistung hat. ** Aufgrund der gleichen Überlegung wird anstelle der Energieeffizienz gemäss Abschnitt 3.1.5. dargestellt, wie sich der Anteil nicht effizient genutzter Energie verändert.)

		Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3		
		Stark individualisierte Nutzung		Neue Angebote in Städten und Agglomerationen		Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr		
		Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung	
Personenverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+	++	+	+	+/-	-	
	Anzahl Personenwege	+	+	+	+	+	+	
	Weglänge	+	++	+/-	+	-	--	
	Modal Split							
	Anteil MIV (Strasse)	+	++	-	-	-	--	
	Anteil ÖV (Strasse)	+/-	+	+	+	+	++	
	Anteil ÖV (Strasse)	-	--	+/-	+/-	+	+	
	Anteil ÖV (Schiene)	-	--	+/-	+/-	+	+	
	Fahrleistung MIV	+	++	+/-	+/-	-	--	
	Gesamte Verkehrsleistung	+	++	+	+	+/-	-	
Anteil MIV (Strasse)	+	++	-	-	-	--		
Anzahl leere Plätze im PW *	+	++	+/-	-	-	--		
Güterverkehr	Gesamte Verkehrsleistung	+	+	+	+	+/-	+	
	Anzahl Gütertonnen	+	+	+	+	+	+	
	Weglänge	+/-	+/-	+/-	+/-	-	--	
	Modal Split							
	Anteil Strasse	+	++	+/-	+/-	-	-	
	Anteil Schiene	-	--	+/-	+/-	+	+	
	Fahrleistung Strasse	+	++	+/-	+/-	-	--	
	Gesamte Verkehrsleistung	+	+	+	+	+/-	-	
	Anteil Strasse	+	++	+/-	+/-	-	--	
	Niedrige Güterbündelung	+	++	+/-	-	-	--	
Siedlungsstruktur	Nutzung der Reisezeit	+	++	+	+	+	+	
	Räumliche Konzentration	-	--	+/-	+/-	+	++	
	Energie, Ressourcen, Umwelt	Energiebedarf und Treibhausgas nicht effizient genutzte Energie **	+	++	+/-	+/-	-	--
		Fahrzeugbedarf	+/-	-	+/-	-	-	--
		Weitere Abgase und Lärm	+	++	+/-	+/-	-	--
			+	++	+/-	+/-	-	--
	Flächenbedarf							
	Rollender Verkehr	+	++	+/-	+/-	-	--	
	Ruhender Verkehr	+	+	+/-	-	-	--	
	Datenbedarf							
Datenmengen durch Vernetzung	+	+	+	++	++	++		
Öffentliche Dateninfrastrukturen	+/-	+/-	+	+	++	++		
Verkehrssicherheit	-	+	-	+	-	+		

Legende
 Gegenüber Zustand heute...
 ++ Starke Erhöhung
 + leichte Erhöhung
 +/- gleichbleibend
 - leichte Reduktion
 -- starke Reduktion

4. Die Sicht von Laien auf automatisierte Fahrzeuge

Heute ist ein starkes Bewusstsein vorhanden, dass sich die Technologiefolgenabschätzung nicht nur auf Expertenwissen stützen darf, sondern auch die Sichtweise der Bürgerinnen und Bürger einzubeziehen hat. Dieser Einsicht folgend wurden im Rahmen von Fokusgruppen zentrale Aspekte von automatisierten Fahrzeugen mit Laien diskutiert. In Fokusgruppen wurde das heutige Meinungsspektrum zum Thema selbstfahrende Autos in der Zivilgesellschaft erfasst und dabei wurden die Fragen der Akzeptanz sowie gesellschaftliche und ethische Aspekte diskutiert.

Im ersten Abschnitt (4.1.) werden Ziele und Ablauf dieser Fokusgruppen vorgestellt. Danach folgen die Ergebnisse der Diskussionen zu den Szenarien (4.2.), den gesellschaftlichen und ethischen Fragen (4.3.) sowie zu Fragen des Datenschutzes und der Datensicherheit (4.4.). Das Kapitel schliesst mit einem Fazit (4.5.).

4.1. Ziele und Ablauf der Fokusgruppen

Die Fokusgruppen fanden am 24. Januar 2019 in Luzern im Rahmen einer zweieinhalbstündigen Abendveranstaltung statt. Die 14 von Demoscope rekrutierten Diskussionsteilnehmenden¹⁷ (Tabelle 6) versammelten sich zuerst im Plenum, wo sie über Ziel und Zweck der Abendveranstaltung informiert wurden, einen kurzen Fragebogen ausfüllten sowie mittels eines Fachinputs ins Thema eingeführt wurden.

Anschliessend fanden drei Fokusgruppen statt. Um den Anwesenden den Zugang zur Diskussion zu erleichtern, wurden vorgängig die drei im Projekt ent-

¹⁷ Bei der Rekrutierung wurde auf eine ausreichende Varianz hinsichtlich des Geschlechts, des Alters, der Sprachregion (deutsch/französisch) und des Bildungsniveaus geachtet.

wickelten Nutzungsszenarien (vgl. Abschnitt 2.1.) in einer vereinfachten Form vorgestellt (für Beschreibungen der Szenarien vgl. weiter unten). Pro Szenario wurde eine Fokusgruppe mit vier bis fünf Personen durchgeführt. Jede der drei Fokusgruppen dauerte rund 45 Minuten. Daran anschliessend kamen die Teilnehmenden zurück ins Plenum. Die Moderatorinnen und Moderatoren präsentierten die Ergebnisse der jeweiligen Gruppen und die drei Szenarien wurden im Plenum im Vergleich diskutiert. In einem letzten Teil wurde die Diskussion ausgeweitet auf Fragen der Datensicherheit, des Datenschutzes und der Ethik. Die Veranstaltung wurde abgeschlossen mit einer kurzen Zusammenfassung des Abends sowie dem zweiten Teil des Fragebogens, welcher nach den Vor- und Nachteilen selbstfahrender Autos sowie allfälligen Meinungsänderungen aufgrund der Diskussionen fragte.

Alle Diskussionen wurden von den Moderatorinnen und Moderatoren protokolliert, und es wurden Flipcharts erstellt, welche die wichtigsten Punkte der Diskussionen zusammenfassten.

Tab. 6: Soziodemografische Merkmale der von Demoscope für die Fokusgruppen rekrutierten Personen

Total	14
Geschlecht:	
– männlich	7
– weiblich	7
Alter:	
– max. 25 Jahre	4
– 26–35 Jahre	3
– 36–45 Jahre	2
– 46–55 Jahre	3
– min. 56 Jahre	2
Muttersprache:	
– Deutsch	11
– Französisch	3
Bildung:	
– Nicht-Akademiker	11
– Akademiker	3

4.2. Einstellungen der Laien vor der Fokusgruppe

Ganz am Anfang der Veranstaltung und noch vor dem fachlichen Input wurde allen Teilnehmenden ein Fragebogen gegeben, mittels welchem die Einstellungen zum automatisierten Fahren vor den Gruppendiskussionen abgefragt wurden.

Konkret lauteten die Fragen:

- Glauben Sie, dass in Zukunft (innerhalb der nächsten paar Jahrzehnte) die Mehrheit der Fahrzeuge automatisiert fahren wird?
- Angenommen, selbstfahrende Fahrzeuge werden im Jahr 2035 auf den Schweizer Strassen unterwegs sein: Können Sie sich vorstellen, dann ein selbstfahrendes Fahrzeug zu nutzen?
- Welche positiven (Chancen, Hoffnungen) und negativen Punkte (Ängste, Risiken) verbinden Sie mit selbstfahrenden Autos?

Im Hinblick auf die persönliche Einstellung erwies sich die Gruppe als sehr heterogen zusammengesetzt (vgl. Tabelle 7). Bei der Frage, ob man glaube, dass in Zukunft die Mehrheit der Autos automatisiert fahren wird, gaben je vier Personen «Ja» oder «Eher ja» an.

Fünf Personen kreuzten «Eher nein» an, eine Person «Nein». Vier Personen konnten es sich vorstellen, in Zukunft ein selbstfahrendes Auto zu nutzen, drei Personen konnten es sich «Eher» vorstellen. Vier Personen kreuzten bei dieser Frage «Eher nein», drei Personen «Nein» an.

Tab. 7: Einstellung zu selbstfahrenden Autos vor der Diskussion

	Ja	Eher ja	Eher nein	Nein
Glauben Sie, dass in Zukunft (innerhalb der nächsten paar Jahrzehnte) die Mehrheit der Fahrzeuge automatisiert fahren wird?	4	4	5	1
Angenommen, selbstfahrende Fahrzeuge werden im Jahr 2035 auf den Schweizer Strassen unterwegs sein: Können Sie sich vorstellen, dann ein selbstfahrendes Fahrzeug zu nutzen?	4	3	4	3

Quelle: Fokusgruppe vom 24. Januar 2019, Fragebogen Teil 1

Praktisch alle Personen nannten sowohl positive als auch negative Punkte, die sie mit selbstfahrenden Fahrzeugen verbanden. Einzig drei Personen äusseren ausschliesslich Ängste und/oder Risiken im Zusammenhang mit dem Thema. Am häufigsten wurden der Sicherheits- (weniger Unfälle) sowie der Komfortgewinn (alternative Nutzung der Fahrzeit, mehr Entspannung) als positive Punkte genannt (je sechs Personen, vgl. Tabelle 8). Gleichzeitig rangierte das Stichwort «Sicherheit» jedoch auch bei den Ängsten und Risiken an erster Stelle (acht Personen). Dabei wurde auf neue Sicherheitsrisiken verwiesen (Risiko des Hacking, Gefahr eines Stromausfalls). Drei Personen stellten grundsätzlich infrage, dass automatisiertes Fahren zu mehr Sicherheit führe, und äusserten ihre Befürchtung, dass selbstfahrende Autos die Unfallgefahr erhöhen. Weitere häufiger genannte Risiken und Ängste waren ethische Bedenken, die zunehmende Bequemlichkeit, die Abgabe von Verantwortung sowie die Befürchtung, dass es Mehrverkehr geben werde (je vier Personen). Nur vereinzelt angegeben wurden Ängste und Risiken in Zusammenhang mit dem Datenschutz oder dem Verlust des Fahrspasses.

Tab. 8: Häufigste vor der Diskussion genannte positive und negative Punkte in Zusammenhang mit selbstfahrenden Autos

<i>Positive Punkte (Chancen, Hoffnungen)</i>	<i>Negative Punkte (Risiken, Ängste)</i>
Weniger Unfälle/höhere Sicherheit (6)	Weniger Sicherheit (8)
Nutzung der Zeit während des Fahrens/ mehr Entspannung/mehr Komfort (6)	Ethische Fragen (Auto entscheidet) (4)
Positiver Effekt auf Umwelt/weniger Stau (4)	Zunahme IV, Abnahme ÖV (4)
Autonomes Fahren generell (1)	Bequemlichkeit/Faulheit (2)
Im Alter grosse Vorteile (1)	Weniger Eigenverantwortung (2)
Pünktlichkeit (1)	Haftungsfragen (2)
Tiefere Kosten (1)	Individualität geht verloren (2)
Vertrauen in Technologie (1)	Jobs gehen verloren (2)
Wirtschaftlichkeit (1)	Kosten (1)
	Kontrollverlust (1)
	Autofahrprüfung fällt weg (1)
	Fahrspass geht verloren (1)
	Übermacht der Technik (1)
	Überwachung der Autofahrer (1)
	Staatliche Eingriffe (1)

Quelle: Fokusgruppe vom 24. Januar 2019, Fragebogen Teil 1 Hinweis: Anzahl Personen in Klammern

4.3. Diskussion zu den einzelnen Szenarien

Nach der Beantwortung des Fragebogens und einem kurzen Fachinput zu den wichtigsten in Abschnitt 1.2. dargestellten Punkten wurden drei Fokusgruppen durchgeführt, in welchen in Gruppen von vier bis fünf Personen die unterschiedlichen Szenarien zur Nutzung der selbstfahrenden Autos in der Schweiz präsentiert und diskutiert wurden. Zuerst führte die Moderatorin resp. der Moderator in das Szenario ein. Hierfür wurde den Teilnehmenden zuerst ein Bild zum Szenario sowie ein Blatt mit den wichtigsten Angaben in Form von Fragen und Antworten verteilt. Anschliessend leitete der Moderator resp. die Moderatorin zur Diskussion über. Im Vordergrund stand die Frage, welche positiven (Chancen, Hoffnungen) und negativen Gedanken (Risiken, Ängste) die Teilnehmenden mit selbstfahrenden Autos im Allgemeinen und mit dem Szenario im Speziellen verbanden. Die einzelnen Angaben zum Szenario dienten zusätzlich als Leitfaden für die Diskussion. Nachfolgend gehen wir im Einzelnen auf die Diskussionen zu den drei Szenarien ein.

4.3.1. Szenario 1: «Stark individualisierte Nutzung»

Das Szenario «Stark individualisierte Nutzung» wurde in den Unterlagen, die den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt wurden, wie folgt charakterisiert (vgl. Tabelle 9). Zudem wurde auch die Visualisierung des Szenarios aus Abschnitt 2.1.3. abgegeben.

Tab. 9: Zentrale Charakteristika des Szenarios 1 «Stark individualisierte Nutzung»

<i>Frage zum Szenario</i>	<i>Antwort</i>
Wem gehört das selbstfahrende Fahrzeug?	Privatpersonen
Wie bin ich unterwegs?	Allein oder mit mir bekannten Personen (Partner/-in, Kinder usw.)
Wie buche und zahle ich meine Fahrt?	Bezahlung wie heute privat (Kauf, Unterhalt, Steuern, Zulassung), keine Buchung notwendig, da mein persönliches Fahrzeug
Welche Alternativen habe ich?	Es wird weiterhin einen subventionierten öffentlichen Verkehr geben. Allenfalls wird der etwas teurer, weil es weniger Passagiere gibt.
Welche Rolle spielt der Staat?	Keine aktive Rolle, er lässt die Bürger und Bürgerinnen entscheiden, mit welchen Verkehrsmitteln und Fahrzeugen sie rumfahren.
Welche Rolle spielen private Unternehmen?	Eine grosse Rolle. Sie verkaufen die Fahrzeuge und sind auch für den Datenaustausch und damit den Datenschutz zuständig. Sie sammeln die Daten, die während der Fahrt produziert werden, und nutzen diese auch anderweitig.
Was bedeutet dies für die Belastung der Strassen? Gibt es mehr oder weniger Stau?	Die Anzahl der Autos, die auf den Strassen unterwegs sind, wird zunehmen. Es wird auch leere Fahrzeuge auf den Strassen haben. Es wird zu mehr Staus kommen.

Die Diskussionsgruppe zu Szenario 1 äusserte sich in der Mehrheit eher bis sehr kritisch zu einer individualisierten Nutzung selbstfahrender Autos. Über die gesamte Diskussionsrunde hinweg gesehen überwogen die von der Gruppe genannten Nachteile gegenüber den Vorteilen (vgl. Tabelle 10).

Tab. 10: Vor- und Nachteile von Szenario 1 aus Sicht der Fokusgruppen-Teilnehmenden (wichtigste Aspekte)

<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Komfort (alternative Tätigkeiten während Fahren möglich)	Fehlendes Vertrauen in die Technik (Anspruch einer hundertprozentigen Sicherheit kann nicht erfüllt werden)
Weniger Unfälle im Vergleich zu durch Menschen gesteuerten Autos	Fehlende Kontrolle (Horror szenarien, wenn Technik versagt)
	Individualisierte Nutzung führt zu Mehrverkehr
	Bequemlichkeit/Faulheit
	Haftungsfrage bei Unfällen ist ungeklärt

Ergebnisse der Fokusgruppe vom 24. Februar 2019 in Luzern

Die mehrheitliche Skepsis gegenüber selbstfahrenden Autos im Allgemeinen und Szenario 1 im Speziellen gründete in erster Linie darin, dass man zu wenig Vertrauen in die Technik hat und man es sich kaum bis gar nicht vorstellen kann, dass ein selbstfahrendes Auto je ausreichend sicher unterwegs sein wird. Verbunden mit diesem fehlenden Vertrauen in die Technik war ein Gefühl der Machtlosigkeit, wenn die Technik versagen sollte. Zwar wurde mehrheitlich eingestanden, dass der Faktor Mensch heutzutage ein gewisser Unsicherheitsfaktor im Verkehr ist und die Technik hier durchaus Potenzial für Sicherheitsgewinne birgt. Die Diskussion entwickelte sich aber nicht so, dass das Sicherheitsniveau selbstfahrender Autos mit dem heutigen Sicherheitsniveau von durch Menschen gesteuerten Fahrzeugen verglichen wurde. Viel eher wurde an die selbstfahren-

den Autos der Anspruch gestellt, dass diese zu hundert Prozent sicher sein müssen. Und da dieser Anspruch nie erfüllt werden könne, seien selbstfahrende Autos so oder so abzulehnen.

Während die Diskussion zum Thema Sicherheit auf eine allgemeine Skepsis gegenüber selbstfahrenden Autos hindeutete, wurden weitere Vorbehalte genannt, die in einer Zukunftswelt wie in Szenario 1 besonders zum Tragen kämen. Vereinzelt wurde zwar ein gewisser Komfortgewinn in diesem Szenario erkannt (Fahrzeit kann für alternative Tätigkeiten genutzt werden). Allgemein wurde dieser aber nicht hoch gewichtet. Viel eher wurde eine Zunahme der «Bequemlichkeit» und der «Faulheit» befürchtet, wenn jede und jeder über ein eigenes selbstfahrendes Auto verfügt und dieses jederzeit überall hinschicken kann. Dies ist eine Entwicklung, die im Kontext allgemeiner gesellschaftlicher Entwicklungen gesehen wurde: Nachdem uns das Smartphone schon immer mehr Aufgaben des alltäglichen Lebens abgenommen hat, nehme diese Entwicklung mit den selbstfahrenden Autos weiter ihren Lauf, was gemäss der Mehrheit der Teilnehmenden negativ zu beurteilen sei.

Ein Aspekt, der im Hinblick auf eine individualisierte Nutzung von selbstfahrenden Autos ebenfalls kritisch hervorgehoben wurde, ist die befürchtete Zunahme von Verkehr. Die Teilnehmenden sahen darin eine Zunahme der Umweltprobleme und eine Entwicklung, die in die falsche Richtung ziele. Auch wenn der Umweltgedanke nicht hauptverantwortlich war für die ablehnende Haltung gegenüber selbstfahrenden Autos, bestärkte eine individualisierte Mobilität gemäss Szenario 1 die Teilnehmenden noch zusätzlich in ihrer Skepsis.

In der Diskussionsgruppe fand sich keine Person, welche das Besitzen eines Autos als besonders wichtig erachtete. Niemand erkannte in einem Auto für sich persönlich ein Statussymbol, weshalb eine individuelle Mobilität nicht zwingend gegenüber einer kollektiven Mobilität (wie in Szenario 3 und zum Teil in Szenario 2) bevorzugt wurde. Viel eher wurde für Szenario 1 ein Problem für Haftungsfragen erkannt. Die Diskussionsteilnehmenden lehnten es ab, für Fehler des eigenen selbstfahrenden Fahrzeugs zu haften. Schliesslich sei es die Technik und nicht der Mensch, die für einen Unfall verantwortlich sei. Umgekehrt erachtete man es aber als wenig plausibel, dass die Fahrzeughersteller dafür haften werden. Eine Person bedachte, dass Autos in Zukunft deutlich teurer werden dürften, da die Fahrzeughersteller ihr Haftungsrisiko an den Konsumenten weitergeben würden.

4.3.2. Szenario 2: «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»

Das Szenario «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen» wurde in den Unterlagen, die den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt wurden, wie folgt charakterisiert (vgl. Tabelle 11) und gemäss Visualisierung in Kapitel 2.1.4. dargestellt.

Tab. 11: Zentrale Charakteristika des Szenarios 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»

<i>Frage zum Szenario</i>	<i>Antwort</i>
Wem gehört das selbstfahrende Fahrzeug?	Im ländlichen Raum sind die Fahrzeuge weiterhin eher im Privatbesitz, in städtischen Gebieten werden die Flotten von Organisationen (privat oder öffentlich) betrieben.
Wie bin ich unterwegs?	Allein oder mit mir bekannten Personen (Partner/-in, Kinder usw.). In städtischem Raum auch mit anderen, mir nicht bekannten Personen
Wie buche und zahle ich meine Fahrt?	Auf dem Land: Bezahlung wie heute, keine Buchung notwendig In der Stadt: Buchung/Bezahlung mit einer App
Welche Alternativen habe ich?	Auf dem Land wird es weiterhin ÖV geben, allenfalls mit reduziertem Angebot. In der Stadt ist die Verwendung eines privaten Autos mit Auflagen und Mehrkosten verbunden.

<i>Frage zum Szenario</i>	<i>Antwort</i>
Welche Rolle spielt der Staat?	Er setzt die Vorgaben für die Mobilität in städtischen Räumen und bestellt das Angebot, auf dem Land lässt er die Bürgerinnen und Bürger frei entscheiden, wie sie rumfahren wollen.
Welche Rolle spielen private Unternehmen?	Eine grosse Rolle. Sie verkaufen die Fahrzeuge und sind auch für den Datenaustausch und damit den Datenschutz zuständig. Sie sammeln die Daten, die während der Fahrt produziert werden, und nutzen diese auch anderweitig.
Was bedeutet dies für die Belastung der Strassen? Gibt es mehr oder weniger Stau?	Die Anzahl der Autos, die auf den Strassen ausserhalb der Städte unterwegs sind, wird zunehmen. Da dort das Aufkommen insgesamt geringer ist, wird es nicht mehr Staus geben. In der Stadt wird es etwa sein wie heute.

Die Diskussionsgruppe zu Szenario 2 äusserte sich sehr kontrovers zu diesem Szenario und allgemein zum automatisierten Fahren. Über die gesamte Diskussionsrunde hinweg gesehen hielten sich die von der Gruppe genannten Vor- und Nachteile die Waage (vgl. Tabelle 12).

Tab. 12: Vor- und Nachteile von Szenario 2 aus Sicht der Teilnehmenden
(wichtigste Aspekte)

<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Veränderung des Mobilitätsverhaltens, von Gewohnheiten	Eingriff des Staates in die persönliche Freiheit, Alternativen für die persönliche Wahl/Entscheidung sind zwingend
Abgestufte Preismodelle möglich (z.B. nach Zonen oder auch ganz gratis in Städten)	Mehrverkehr auf dem Land
Mehr Kapazitäten auf den städtischen Strassen	Stadt-Land-Graben verstärkt sich, es bildet sich eine «Zweiklassengesellschaft» in Bezug auf Mobilität
Lebensqualität in den Städten wird besser	Buchung von kollektiven Angeboten «mühsam»
Mehr Bequemlichkeit/ mehr Komfort	Zersiedelung

Ergebnisse der Fokusgruppe vom 24. Februar 2019 in Luzern

Bevor das vorgestellte Szenario 2 hinsichtlich seiner Vor- und Nachteile besprochen wurde, wurden allgemeine Einschätzungen zu selbstfahrenden Autos geäußert. Ein Teil der Gruppe war der Meinung, dass sich unser Mobilitätsverhalten ohnehin ändern müssen und sich die Gewohnheiten über die Generationen auch ändern werden – mit oder ohne automatisiertes Fahren. Insbesondere für jüngere Vertreterinnen der Gruppe war es undenkbar, dass wir uns in 30 Jahren noch so bewegen werden wie heute. Es war den Teilnehmenden aber auch bewusst, dass diese Veränderungen nur langsam vorangehen, weil Gewohnheiten sehr stark sind. Im Gegensatz dazu wurde die Vermutung geäußert, dass sich nichts am Modal Split ändern wird und dass man heute schon in den Ausbau der Kapazitäten investieren muss, um künftige Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen. Autos werden auch heute nicht «zum

Spass» gekauft, sondern weil die Leute darauf angewiesen sind – dies wird sich auch in Zukunft nicht ändern.

In Bezug auf das Szenario 2 wurde von einzelnen Teilnehmenden deutlich betont, dass es im ganzen Land Alternativen braucht und weiterhin jede Person freiwillig entscheiden können soll, welches Verkehrsmittel sie benutzt. Die öffentliche Infrastruktur soll von allen genutzt werden dürfen. Ein Verbot von privaten Fahrzeugen in Städten wurde dann auch nur von wenigen gutgeheissen. Diese konnten sich das vorstellen, insbesondere auch wenn das Angebot im kollektiven Verkehr mit einer attraktiven Bepreisung (z.B. für Zonen) oder gar gratis zur Verfügung gestellt würde. Sie sahen, dass damit eine Verkehrsabnahme in Städten und eine höhere Lebensqualität verbunden sein könnte. Auf der anderen Seite würde es zu einer Vertiefung des bereits heute spürbaren Stadt-Land-Grabens führen. Ein Teilnehmer ging sogar so weit zu sagen, dass er im Falle dieses Szenarios nicht mehr in die Stadt gehen würde. Er geniesse die Zeit allein im Auto und würde sein privates Fahrzeug am Stadtrand nicht eintauschen wollen gegen einen automatisierten Shuttle, den er mit anderen teilen müsste. Zudem wurde der Buchungsvorgang als «mühsam» empfunden. Ein «Gratis-ÖV» in Städten resp. allgemein eine Steuerung der Mobilität über den Preis wurde von einem Teil der Gruppe abgelehnt. Für das Land hingegen wurde befürchtet, dass die höhere Bequemlichkeit im eigenen selbstfahrenden Auto zu Mehrverkehr führen könnte. Dies könnte aus Sicht eines Teilnehmers auch eine weitere Zersiedelung begünstigen.

Zum Schluss wurden Aspekte des Datenschutzes und der Sicherheit besprochen. Den Teilnehmenden war es wichtig, dass die gesammelten Daten anonymisiert werden. Zudem wollte man wissen, wer hinter der Datensammlung steckt. Eine Person fand es weniger schlimm, wenn die Daten von privaten Akteuren gesammelt werden anstelle des Staates. Alle meinten, dass es eine absolute Sicherheit vor Terrorangriffen nicht geben kann. Auch war das Vertrauen nicht vorhanden, dass die Sicherheit jederzeit gewährleistet sein wird. Bei so vielen involvierten Akteuren (Autohersteller, Datenbetreiber, Infrastrukturbereitsteller, internationale Player usw.) werde immer etwas schiefgehen. Es wurde auch gesagt, dass ein Unfall weniger schlimm sei, wenn man ihn selbst verursacht hat, als wenn ein automatisiertes System dafür verantwortlich ist. Die Teilnehmenden verlangten deshalb auch, dass man die automatisierten Systeme jederzeit abstellen und nach Wunsch weiterhin analog unterwegs sein kann. Auf die Frage, wann automatisierte Systeme genügend sicher sind, um zugelassen zu werden, wurden keine eindeutigen Antworten gegeben. Aber man war sich einig, dass

mithilfe von Tests u.a. auch Sicherheitsfragen frühzeitig angegangen werden müssen.

4.3.3. Szenario 3: «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»

Das Szenario «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr» wurde in den Unterlagen, die den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt wurden, wie folgt charakterisiert (vgl. Tabelle 13) und zusätzlich gemäss Visualisierung in Kapitel 2.1.5. dargestellt:

Tab. 13: Zentrale Charakteristika des Szenarios 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»

<i>Frage zum Szenario</i>	<i>Antwort</i>
Wem gehört das selbstfahrende Fahrzeug?	Betrieb von Flotten durch private oder öffentliche Organisationen.
Wie bin ich unterwegs?	Praktisch ausschliesslich mit anderen, mir nicht bekannten Personen (entweder in On-demand-Shuttles oder in klassischem ÖV).
Wie buche und zahle ich meine Fahrt?	Buchung und Bezahlung schweizweit via App.
Welche Alternativen habe ich?	Ich kann weiterhin mein privates Fahrzeug verwenden, dies ist jedoch mit Auflagen (z.B. Sperrzeiten, Verbot von Leerfahrten) und Mehrkosten verbunden. Klassischen ÖV wie grosse Busse, Trams und Züge wird es weiterhin geben.
Welche Rolle spielt der Staat?	Eine aktive Rolle: er bestimmt und bestellt das Mobilitätsangebot für die ganze Schweiz und setzt die Regeln für die Benutzung und damit auch den Datenaustausch und -schutz.

Welche Rolle spielen private Unternehmen?	Eine untergeordnete Rolle, da sie ein vom Staat definiertes Angebot erbringen und sich an die Vorgaben halten müssen.
Was bedeutet dies für die Belastung der Strassen? Gibt es mehr oder weniger Stau?	Die Anzahl der Autos, die auf den Strassen unterwegs sind, wird abnehmen. Es wird zu weniger Staus kommen.

Die Teilnehmenden in dieser Fokusgruppe konnten sich gut auf die Diskussion dieses Szenarios einlassen und unterschieden dabei stark zwischen einer persönlichen Perspektive und einer Perspektive der allgemeinen gesellschaftlichen Akzeptanz. Letztere wurde allgemein als sehr gering betrachtet. Dass sich heute an der Urne eine Mehrheit für ein solches Szenario finden liesse, hielten die Teilnehmenden für ausgeschlossen. Sie begründeten dies mit dem unbedingten Willen einer Mehrheit, allein und in jeder Situation flexibel im eigenen Auto unterwegs zu sein. Und dieses Auto sollte, wenn möglich, noch über ein Steuerrad verfügen.

Aus einer persönlichen Perspektive waren die Teilnehmenden aber durchaus bereit, sich auf das Szenario einzulassen und reflektiert über die verschiedenen Vor- und Nachteile zu diskutieren. Tabelle 14 fasst die wichtigsten Diskussionspunkte stichwortartig zusammen. Als Vorteile wurden für Szenario 3 insbesondere Effizienzgewinne und positive Auswirkungen auf die Umwelt gesehen. Kollektive Mobilität könne helfen, die Anzahl Fahrzeugkilometer zu reduzieren und damit einen positiven Beitrag zur Reduktion von Staus zu leisten. Strassen könnten so effizienter genutzt und grosse Infrastrukturbauten eingespart werden. Aufgrund der Abnahme der Staus wurden ausserdem positive Effekte auf die Zuverlässigkeit des Verkehrssystems als Ganzes gesehen. Mobilität werde planbarer und verlässlicher.

Weiter wurden positive Punkte im Hinblick auf gesellschaftliche Aspekte genannt. Gerade für ältere Menschen würden selbstfahrende Autos neue Möglichkeiten der Mobilität eröffnen und deren Autonomie stärken. Eine kollektive Form der automatisierten Mobilität kann ausserdem die Attraktivität einer Fahrt erhöhen, indem zum Beispiel Fahrten mit gleichgesinnten Personen organisiert werden können (z.B. mittels einer Filterfunktion bei der App); eine Möglichkeit, die der klassische ÖV heutzutage nicht bietet. Gleichzeitig wurde jedoch auch zu bedenken gegeben, dass Fahrgemeinschaften die Mobilität wohl komplizierter machen.

Das Bestellen einer Fahrgemeinschaft per App stellten sich die Diskussionsteilnehmenden komplizierter vor als eine Mobilität, bei welcher jede Person einfach über ihr eigenes Fahrzeug verfügt. Letztendlich werde damit auch die individuelle Freiheit eingeschränkt.

Tab. 14: Vor- und Nachteile von Szenario 3 aus Sicht der Fokusgruppen-Teilnehmenden (wichtigste Aspekte)

<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Weniger Stau	Individuelle Freiheit nimmt ab
Effizienzgewinne	Datenschutz kann nicht gewährleistet werden
Mit Gleichgesinnten fahren können (mit einer App könnte angegeben werden, mit welchen Typen von Personen man mitfahren möchte und mit wem nicht)	Kompliziertere Abläufe als mit dem eigenen Auto
Planungssicherheit (durch weniger Stau höhere Verlässlichkeit des Systems)	Erhöhter Planungsaufwand
Weniger Beton (dank effizienterer Nutzung der Strasseninfrastruktur)	Abhängigkeit von Technik wird erhöht
Daten lieber dem Staat geben als Google	«Babykrankheiten» in der Anfangsphase sind zu erwarten
Höhere Sicherheit	Bestehende Jobs gehen verloren
Neue Jobs entstehen	
Mehr Autonomie für ältere Menschen	

Ergebnisse der Fokusgruppe vom 24. Februar 2019 in Luzern

Die starke Rolle des Staates in Szenario 3 wurde in der Tendenz eher positiv bewertet. Es sei zu bevorzugen, dass die Daten, welche unweigerlich preisgegeben und vernetzt werden müssen, vom Staat und nicht von einem grossen Wirtschaftsspieler wie Google gehortet werden, obwohl in der Gruppe auch beim Staat Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes geäussert wurden.

Das Thema Sicherheit wurde nicht besonders kontrovers diskutiert. Allgemein erwartete man einen Sicherheitsgewinn, wenn Autos automatisiert unterwegs sein werden. Zwar wurde zu bedenken gegeben, dass mit selbstfahrenden Autos die Abhängigkeit von der Technik weiter zunehme. Konkrete Gefahren wurden jedoch keine diskutiert und das Thema Sicherheit wurde insgesamt eher als Pluspunkt für die automatisierte Mobilität betrachtet.

4.4. Ethische und gesellschaftspolitische Fragen

Zunächst wurde den Teilnehmenden die folgende Frage gestellt: *Sollen selbstfahrende Autos so programmiert werden, dass in bestimmten Fällen Individuen ungleich behandelt werden (z.B. wenn zwischen dem Überfahren eines älteren Mannes und eines kleinen Mädchens entschieden werden muss)?*

Die Teilnehmenden wichen der Beantwortung dieser Frage trotz mehrfachen Nachhakens konsequent aus. Konsens war aber, dass kein Algorithmus entsprechend programmiert werden dürfe, allenfalls sei hier ein Zufallsgenerator vorzusehen. Es dürfen aber, wenn immer möglich, keine Situationen geschaffen werden, in denen sich solche Frage stellen.

Insgesamt zeigte sich, dass diese Frage im Rahmen einer partizipativen Debatte nicht zielführend diskutiert werden kann.

Anschliessend wurden die folgenden Fragen diskutiert:

Selbstfahrende Autos können positive Effekte auf die Umwelt und die Verkehrssicherheit haben. Soll der Staat hier eine aktive Rolle einnehmen, um selbstfahrende Autos zu fördern, auch wenn dies auf Kosten anderer Verkehrsteilnehmer geht? Darf der Staat die Menschen gar zwingen, selbstfahrende Autos zu nutzen?

Über die Rolle des Staates wurde sehr kontrovers diskutiert. Auf der einen Seite wurde gefordert, der Staat solle sich aus diesen Fragen so weit wie möglich her-

aushalten. Die privaten Unternehmen würden die positiven Potenziale des automatisierten Fahrens ohne staatliche Eingriffe besser und effizienter nutzen. Es sei nicht Staatsaufgabe, den Bürgerinnen und Bürgern vorzuschreiben, wie sie sich fortzubewegen hätten. Der Staat würde sich ja beispielsweise auch nicht in die Ernährung der Bevölkerung einmischen.

Ebenso vehement wurde aber auch die Gegenmeinung vertreten, wonach eine starke Stellung des Staates im Bereich des automatisierten Fahrens durchaus wünschenswert sei. Die Interessen der privaten Unternehmen würden keineswegs mit den gesamtgesellschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Interessen übereinstimmen.

Daneben zeigte sich eine dritte, mittlere Position, wonach der Staat zwar keinen direkten Zwang ausüben, aber entsprechende Erwartungen äussern dürfe, allenfalls auch verbunden mit konkreten positiven Anreizen, nicht aber mit restriktiven Massnahmen. Es wurden insbesondere die Städte in der Pflicht gesehen, den kollektiven und automatisierten Verkehr entsprechen zu fördern.

Wie wichtig ist Ihnen die Meinung von Fachleuten (Ethikerinnen und Ethikern)?

Eine Delegation der gesellschaftspolitischen und ethischen Fragen an Fachleute wurde von den Teilnehmenden mehrheitlich abgelehnt, obwohl Einigkeit herrschte, dass diese Fragen sehr komplex sind und von Laien nur teilweise adäquat diskutiert werden können. Letztlich wäre eine Übertragung von Entscheiden an Expertinnen und Experten jedoch aus Sicht der Teilnehmenden nur eine Problemverlagerung, ein Abschieben der Verantwortung, welche in unserem direktdemokratischen System nur beim Volk liegen könne.

4.5. Fragen der Datensicherheit und des Datenschutzes

Zum Thema Datensicherheit und Datenschutz wurden die folgenden Fragen diskutiert.

Wie wichtig ist Ihnen der Schutz Ihrer Daten allgemein?

Die Diskussionsteilnehmenden waren im Allgemeinen stark sensibilisiert für Fragen der Datensicherheit und des Datenschutzes. Beispiele aus der Werbung würden zeigen, dass mit Daten auf subtile Art und Weise versucht werde, das

Verhalten von Individuen in gewisse Bahnen zu lenken. Eine solche Beeinflussung finde heute also bereits statt, mit selbstfahrenden Autos würden solche Gefahren aber noch mehr zunehmen.

Wären Sie bereit, Ihre Daten preiszugeben, wenn Sie hierfür eine finanzielle Entschädigung erhalten würden?

Vereinzelte Personen äusserten durchaus eine Bereitschaft, ihre Daten gegen ein gewisses Entgelt zur Verfügung zu stellen. Die Frage war aber, wie hoch dieses Entgelt ausfallen würde. Attraktiv wäre es wohl erst, wenn damit ein beträchtlicher Teil des eigenen Einkommens erzielt werden könnte, was aber gleichzeitig nicht als sehr realistisch erachtet wurde. Im Zusammenhang mit der Frage nach dem Wert der eigenen Daten wurden ausserdem gesellschaftspolitische Bedenken geäussert. Es bestehe die Gefahr einer Zweiklassengesellschaft, in welcher es sich nur noch die Reichen leisten können, ihre Daten nicht preiszugeben, während die ärmeren Bevölkerungsschichten aus finanziellen Gründen auf den Schutz ihrer Daten verzichten müssen.

Welcher Akteur soll bei der Sammlung und der Vernetzung von Daten eine aktive Rolle einnehmen? Der Staat oder private Unternehmen? Wem würden Sie mehr vertrauen?

Diese Frage wurde kontrovers diskutiert. Es gab Personen, die sich für eine Sammlung der Daten durch den Staat aussprachen. Im Vergleich zu privaten Unternehmen, welche nach dem Prinzip der Gewinnmaximierung handeln, sei die Gefahr beim Staat kleiner, dass dieser versuche, die Individuen in ihrem Unterbewusstsein zu beeinflussen. Gleichzeitig gab es aber auch andere Voten, die vor einem Staatsmonopol bei der Datensammlung warnten: So habe der Fichenskandal gezeigt, wie gefährlich Datensammlung beim Staat werden könne. Ausserdem befinde sich Politik stets im Wandel. Eine aus heutiger Sicht unbedenkliche Ansammlung von Daten beim Staat könnte schnell problematisch werden, wenn sich politische Mehrheiten verändern oder sich ein Staat in eine stärker autoritäre Richtung entwickle.

4.6. Fazit

Im Rückblick auf die drei Fokusgruppen zu den drei Szenarien sowie die Plenumsdiskussionen im zweiten Teil lassen sich verschiedene Aspekte erkennen, die zum Teil kontrovers diskutiert wurden:

- **Bequemlichkeit/Komfortgewinn:** Mehr Bequemlichkeit und Komfortgewinn waren zwei der am häufigsten genannten positiven Aspekte in Zusammenhang mit selbstfahrenden Autos. Dabei wurde die Möglichkeit für alternative Tätigkeiten während des Fahrens genannt, aber nicht nur: Mobilität werde generell bequemer, interessante Fahrgemeinschaften (z.B. mit Gleichgesinnten) können gebildet werden, und nicht zuletzt für ältere Personen bieten selbstfahrende Fahrzeuge ganz neue Mobilitätsmöglichkeiten. Dieser positiven Sichtweise wurden jedoch auch kritische Voten entgegengesetzt, welche die zunehmende Bequemlichkeit in einem negativen Licht sahen und sie in Zusammenhang stellten mit einer Entwicklung, die bereits heute im Zuge der Digitalisierung in Gang ist.
- **Auswirkungen auf den Verkehr:** Mehrere Teilnehmende befürchteten eine Zunahme des Verkehrs und damit zusammenhängend mehr Staus und negative Auswirkungen auf die Umwelt. Hier unterschieden sich die Diskussionsverläufe jedoch je nach Szenario. In Szenario 1, in welchem praktisch alle mit dem eigenen selbstfahrenden Auto unterwegs sind, wurde die Gefahr von Mehrverkehr besonders betont. In den Szenarien 2 und 3 wurde der kollektive Verkehr als wichtiges Gegenmittel gesehen, um diese negativen Auswirkungen aufzufangen. Diesbezüglich gilt es jedoch festzuhalten, dass es die wenigsten als realistisch erachteten, dass sich kollektive Formen der automatisierten Mobilität in grossem Masse durchsetzen werden.
- **Rolle des Staates:** Gerade im Hinblick auf die positiven Effekte des kollektiven Verkehrs wurde eine starke Rolle des Staates nicht per se abgelehnt. Die Frage, wie stark der Staat individuelles Mobilitätsverhalten beeinflussen soll, wurde jedoch kontrovers diskutiert. Es kristallisierten sich drei Meinungsbilder heraus: Eine erste Gruppe von Personen lehnte jegliche Beeinflussung durch den Staat grundsätzlich ab, Mobilität sei ein Grundrecht eines Menschen, welches den Staat nichts angehe. Eine zweite Gruppe äusserte sich in der Tendenz positiv zu einer starken Rolle des Staates. Auch wenn Verbote von privaten Fahrzeugen (z.B. in Innenstäd-

ten) auch hier keine Mehrheit fanden, wären diese Personen gegenüber einer mit Anreizmechanismen arbeitenden Politik durchaus aufgeschlossen. Eine dritte Gruppe schliesslich forderte explizit eine starke Rolle des Staats, um Partikularinteressen von Unternehmen zurückzubinden.

- **Sicherheit:** Unabhängig von den Szenarien wurden von einzelnen Diskussionsteilnehmenden gewisse Bedenken hinsichtlich der Sicherheit des automatisierten Fahrens geäussert. Stichworte wie Hacking, Terroranschlag oder Stromausfall zeugen davon, dass die Entwicklung des automatisierten Fahrens auch mit neuen Ängsten verbunden ist. Im Hinblick auf Verkehrsunfälle wird automatisiertes Fahren – mit ein paar Ausnahmen – zwar positiv gesehen. Interessanterweise scheinen aber höhere Sicherheitsansprüche an Maschinen zu bestehen, als wenn der Mensch am Steuer sitzt. Die mehrheitliche Skepsis gegenüber selbstfahrenden Autos in Fokusgruppe 1 gründet zu einem grossen Teil darin, dass die Technik keine hundertprozentige Sicherheit gewährleisten könne. In Fokusgruppe 2 wurde erwähnt, dass ein durch den Menschen verursachter Unfall weniger schlimm zu beurteilen sei als ein Unfall aufgrund eines Technikversagens.
- **Ethische Fragen:** Beim Block zu den ethischen Fragen wollten die Diskussionsteilnehmenden auch nach wiederholtem Nachhaken keine Stellung beziehen, ob bei einer Dilemma-Situation nun das Leben eines älteren Mannes oder eines jungen Mädchens verschont werden soll. Konsens herrschte darin, dass Algorithmen so programmiert werden sollen, dass solche Dilemma-Situationen gar nicht erst entstehen; falls doch, solle ein Zufallsgenerator entscheiden. Obwohl sich die Teilnehmenden nicht auf die Diskussion einliessen, war die Mehrheit der Meinung, dass ethische und gesellschaftspolitische Fragen nicht an Fachleute delegiert werden können. Gerade im direktdemokratischen System der Schweiz liege die Verantwortung, hierfür Antworten bereitzuhalten, letztlich beim Volk.
- **Datensicherheit/Datenschutz:** Die Stichworte Datensicherheit und Datenschutz wurden beim Fragebogen zu Beginn der Abendveranstaltung nur selten genannt. Die vertiefte Diskussion zu den Themen zeigte jedoch, dass die Teilnehmenden im Allgemeinen stark sensibilisiert waren für diese Themen. Jene, welche die Macht über die Daten hätten, hätten auch die Möglichkeit, individuelles Verhalten zu beeinflussen, ohne dass wir dies überhaupt merken. Während die einen eine solche Gefahr vor allem durch

die grossen Player wie Google und Apple sahen, erinnerten sich andere an den Fichenskandal zurück und fürchteten sich stärker vor einer Hortung der Daten beim Staat.

Insgesamt hielten sich über alle Diskussionen am Abend hinweg die Vor- und Nachteile selbstfahrender Autos in etwa die Waage. Dabei kristallisierten sich jedoch keine eindeutig erkennbaren Pro- und Kontra-Lager heraus. Die meisten Personen nannten sowohl Argumente dafür als auch dagegen, ohne sich bereits heute als klare/n Befürworter/in oder Gegner/in zu sehen.

Beim Blick auf die Antworten zum zweiten Teil des Fragebogens am Ende der Veranstaltung fielen keine Personen auf, die ihre Meinung komplett geändert hatten. Die Bedeutung der Argumente hatte sich jedoch verändert (vgl. Tabelle 15). Als Herausforderung am häufigsten genannt wurden die Fragen des Datenschutzes und die Zunahme des Verkehrs (je sieben Personen), gefolgt von den ethischen Fragen und der technologischen Machbarkeit. Nur noch selten genannt wurden hingegen Bedenken hinsichtlich der Sicherheit (drei Personen gaben «Sicherheit» als Herausforderung an). Im ersten Teil des Fragebogens, als die Frage offen gestellt wurde, hatten noch acht Personen diesbezüglich Bedenken geäussert. Auf der Seite der Vorteile wurden die «Reduktion des Verkehrsaufkommens» (sechs Personen), «Sicherheitsgewinne» (fünf Personen), «Geringere Mobilitätskosten» (vier Personen) und «Nutzung der Reisezeit» (drei Personen) am häufigsten genannt. Ein Effekt der Diskussionen schien demnach zu sein, dass Fragen des Datenschutzes und ethische Fragen stärker ins Bewusstsein gerückt waren, während anfängliche Bedenken zur Sicherheit bei einem Teil der Personen ausgeräumt werden konnten. Diesbezüglich gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass an automatisierte Systeme höhere Ansprüche gestellt wurden als an den Menschen (vgl. insbesondere Fokusgruppen 1 und 2) und deshalb das Argument der Sicherheit nur bedingt zu einer höheren Akzeptanz selbstfahrender Autos beitragen kann.

Als Gesamteindruck der Fokusgruppen kann festgehalten werden, dass Meinungen insgesamt noch wenig verfestigt sind, dem automatisierten Fahren aber von den beteiligten Laien ein hohes Interesse entgegengebracht wird. Damit ist die Ausgangslage für eine gesellschaftliche Debatte günstig und der Zeitpunkt dafür scheint der richtige zu sein.

Tab. 15: Häufigste nach der Diskussion genannte Vorteile und Herausforderungen in Zusammenhang mit selbstfahrenden Autos

<i>Vorteile</i>	<i>Herausforderungen</i>
Weniger Verkehrsaufkommen/positiver Effekt auf Umwelt (6)	Fragen des Datenschutzes (7)
Sicherheitsgewinn (5)	Zunahme des Verkehrs (7)
Geringere Mobilitätskosten (4)	Ethische Fragen (5)
Nutzung Reisezeit (3)	Technologische Machbarkeit (5)
Beitrag des Staats zum Umweltschutz (1)	Sicherheitsverlust (3)
Eigenes Auto losschicken (1)	Entwicklung der Mobilitätskosten (1)
Führerscheinloses Fahren möglich (1)	Fahrerlebnis geht verloren (1)
Lebensqualität (1)	

Fokusgruppe vom 24. Januar 2019, Fragebogen Teil 2, Hinweis: Anzahl Personen in Klammern

5. Regulierungsansätze – die Sicht von Experten

Aufbauend auf den Erkenntnissen zu den Auswirkungen der Nutzungsszenarien sowie der Ergebnisse der Fokusgruppen wurden im Rahmen eines Expertenworkshops Regulierungsansätze erarbeitet, mit welchen sich absehbare Entwicklungen für das automatisierte Fahren in der Schweiz politisch steuern liessen.

Im ersten Abschnitt (5.1.) werden Ziele, Ablauf und Teilnehmende des Expertenworkshops vorgestellt. Daran anschliessend werden die Statements der Experten zur Frage nach dem politischen Handlungsbedarf präsentiert (5.2.). Der Abschnitt 5.3. listet alle im ersten Teil des Workshops gesammelten Regulierungsinstrumente auf und ordnet diese ein. Der nächste Abschnitt (5.4.) fasst die Diskussion zu den einzelnen Szenarien zusammen und Abschnitt 5.5. gibt den Verlauf der szenarienübergreifenden Diskussionen während des Workshops wieder. In Abschnitt 5.6. wird schliesslich ein Fazit gezogen.

5.1. Ziele und Ablauf des Expertenworkshops

Drei Fragstellungen standen im Mittelpunkt des Expertenworkshops:

- *Ermittlung des politischen Handlungsbedarfs:* Inwiefern lässt sich aus den ethischen Regeln und einzelnen Nutzungsszenarien ein Bedarf nach staatlicher Regulierung erkennen? Welche Rolle können auch Private wahrnehmen, ohne dass es der Einflussnahme des Staates bedarf?
- *Ermittlung der notwendigen Wirkungen politischer Regulierung:* Welche Wirkung muss die politische Regulierung für eine sozial, ökologisch und ökonomisch nachhaltige und nach ethischen Prinzipien funktionierende Entwicklung der selbstfahrenden Fahrzeuge in der Schweiz erzielen (kurz-, mittel- und langfristig)?

- *Entwicklung von Regulierungsoptionen inkl. Verantwortlichkeiten:* Mit welchen Instrumenten lassen sich die in den vorhergehenden Runden ermittelten notwendigen Wirkungen politischer Regulierung erzielen? Welche politischen Akteure sind verantwortlich für die entsprechenden Regulierungen? Welchen der drei föderalen Staatsebenen kommt dabei welche Rolle zu? Welche ethischen Grundsätze gilt es bei staatlichen Regulierungen zu beachten?

Die aufgeführten Fragestellungen wurden bezogen auf die einzelnen Nutzungsszenarien diskutiert. Die Erarbeitung von Empfehlungen erfolgte ebenfalls differenziert nach den einzelnen Szenarien.

Das Ziel dieses Arbeitsschrittes war demnach nicht, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der einzelnen Szenarien zu ermitteln, sondern stattdessen Empfehlungen zuhanden der Politik zu formulieren, wie in Zukunft je nach Rahmenbedingungen selbstfahrende Autos reguliert werden könnten resp. sollten.

Die Experten wurden gebeten, im Vorfeld des Expertenworkshops folgende zwei Fragen zu beantworten:

- *Frage 1:* Wenn Sie Bundesrat wären, was würden Sie im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung selbstfahrender Autos (bereits heute und in Zukunft in 30 Jahren) regulieren?
- *Frage 2:* Vor dem Hintergrund Ihres Fachgebiets: Welche Instrumente zur Regulierung von selbstfahrenden Autos kommen Ihnen in den Sinn?

Die Personen gemäss Tabelle 16 nahmen am Expertenworkshop vom 22. Februar 2019 in Zürich teil:

Tab. 16: Teilnehmende am Expertenworkshop

<i>Person</i>	<i>Organisation</i>	<i>Rolle</i>
Experten		
Prof. Dr. Thomas Bernauer	ETH	Experte Wirtschaft/Politik
Prof. Dr. Markus Hackenfort	ZHAW	Experte Verkehrssicherheit
Dr. Konrad Götz	ISOE Frankfurt a. Main	Experte Gesellschaft
Mag. rer. publ. Daniel Kettiger	KPM	Experte Recht
Hauke Fehlberg	Bundesamt für Strassen, PL Strategieentwicklung	Experte Verkehrssysteme
Dr. Thomas Sauter-Servaes	ZHAW	Experte Verkehrssysteme
Dr. Markus Kneer	UZH, Philosophisches Seminar	Experte Ethik
Entschuldigt: Christoph Schreyer	Bundesamt für Energie, Leiter Energieeffizienter Verkehr	Experte Energie
Projektteam/TA-SWISS		
Fabienne Perret	EBP	Moderation
Remo Fischer	EBP	Moderation
Prof. Dr. Ueli Haefeli	Interface	Moderation
Tobias Arnold	Interface	Moderation
Dr. Christina Tobler	TA-SWISS	Expertin Technologiefolgen- abschätzung

Der halbtägige Expertenworkshop wurde in drei Teile unterteilt:

- In einem ersten Teil wurden die Inputs der Experten zur Frage 2 präsentiert. Die Regulierungsinstrumente wurden entlang eines Rasters an einen Flipchart gepinnt und dahin gehend eingeordnet, welche föderale(n) Ebene(n) der Schweiz zuständig ist/sind und ob das Regulierungsinstrument abhängig ist von Regulierungen im Ausland. Die von den Experten genannten Regulierungsinstrumente wurden am Schluss des ersten Teils ergänzt mit Regulierungsinstrumenten, die das Projektteam vorgängig vorbereitet hatte.
- In einem zweiten Teil wurde die Diskussion entlang der einzelnen Szenarien geführt. Die Szenarien wurden anhand einer bildlichen Darstellung kurz erklärt und es wurde gefragt, welche der im ersten Teil gesammelten Regulierungsinstrumente zum Erreichen der drei Szenarien von Bedeutung sind.
- In einem dritten Teil wurden die Zuordnungen der Regulierungsinstrumente zu den einzelnen Szenarien im Überblick diskutiert und es wurden zusätzlich szenarienübergreifende Fragen zu den Themen Sicherheit, Ethik und Stellenwert des automatisierten Fahrens im Verkehrssystem der Schweiz diskutiert.

5.2. Expertenstatements

Zur Vorbereitung des Workshops wurden die Experten unter anderem gebeten, ein Statement abzugeben, was sie im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung selbstfahrender Autos regulieren würden, wenn sie Bundesrat wären (bereits heute und in Zukunft in 30 Jahren). Nachfolgend aufgeführt sind die Statements der Experten, die sich schriftlich geäußert haben.

Konrad Götz

- Ich würde dafür sorgen, dass sich der Zufuss- und der Veloverkehr auf keinen Fall den digitalen Vernetzungsprinzipien der automatisierten Fahrzeuge unterordnen müssen.
- Die bisher schon vorliegenden Errungenschaften umweltfreundlicher Fortbewegungsformen in der Schweiz – zu Fuss, Velo, Tram – dürfen durch selbstfahrende Autos nicht beeinträchtigt werden.

- Die zu erwartenden Prinzipien der automatisierten Fahrzeuge – automatische Geschwindigkeitsreduzierung, Abstandsoptimierung – sollten so schnell wie möglich auch für andere KFZ gelten, sodass kein gefährlicher Mischverkehr mit grossen Geschwindigkeitsdifferenzen entsteht.
- Automatisierte Autos sollten sich im Mischverkehr und in der Stadt mit maximal 30 km/h bewegen.
- Automatisierte Fahrzeuge sollten von Beginn an ausschliesslich als Null-Emissionsfahrzeuge zugelassen werden.
- Insgesamt sollte eine Regulation der Automatisierung so erfolgen, dass der Nutzen für die Nachhaltigkeit im Vordergrund steht.

Markus Hackenfort

Automatisierte Mobilität erhöht die Attraktivität der individuellen Mobilität auf ein bislang unerreichtes Mass und könnte – vor allem in der Schweiz – vergleichsweise schnell erschwinglich werden. Eine vorwiegend individuelle Nutzung automatisierter Fahrzeuge jedoch könnte schwerwiegende negative Folgen auf Energieverbräuche und Wohnsituationen (Stichwort «Zersiedelung») haben. Zurzeit ist offen, wie Personen zukünftig ihre Fahrzeuge nutzen: individuell, geteilt oder gepoolt. Bisherige Steuerungsmechanismen der Mobilität — etwa über das (Nicht-)Vorhandensein von Parkflächen – werden zumindest zum Teil bei autonom agierenden Fahrzeugen nicht mehr greifen können bzw. noch mehr Mobilität verursachen. Es bedarf neben der seriösen Prognose des zukünftigen Mobilitätsverhaltens daher zumindest der Erwägung von Anreizsystemen, um geteilte oder gepoolte Mobilität zu fördern, was beispielsweise von administrativer Seite gesteuert – wengleich nicht zwingend reguliert – werden könnte.

Thomas Bernauer

- Fahrzeuge mit hohen Automatisierungsstufen können nur dann neu zugelassen werden, wenn sie ein Antriebssystem aufweisen, das nicht auf fossilen Brennstoffen beruht.
- Die Haftung für Personen- und Sachschäden, die durch selbstfahrende Autos verursacht werden, liegt beim Fahrzeughersteller.
- Einführung eines Road-Pricing-Systems für alle Autos, unabhängig vom Antriebssystem, das auf gefahrenen Kilometern und geografischen Zonen sowie

Zeitfenstern funktioniert. Längerfristig ersetzt dieses die Treibstoffzölle und Autobahnvignette und finanziert die Strasseninfrastruktur.

- Verschärfung der Datenschutzstandards, um die Privatsphäre der Besitzer bzw. Nutzer von selbstfahrenden Autos zu schützen.
- Sicherstellung einer gewissen Redundanz im Verkehrssystem, die auch bei Stromausfall oder Ausfall von mobilen Datennetzen die öffentliche Sicherheit und bestimmte Formen der Grundversorgung (z.B. Feuerwehr, Rettungsdienste, Polizei, Militär) gewährleistet.

Daniel Kettiger

- Das *Zulassungsrecht* für Fahrzeuge muss dergestalt geändert werden, dass teil- und vollautonome Fahrzeuge zugelassen werden (z.B. nach den sechs Automatisierungsstufen der SAE-Norm J3016 und/oder für einzelne Strassenarten).
- In der Verkehrsregelverordnung ist ein *Fahrverbot für autonomes Fahren* auf bestimmten Strassenabschnitten sowie die zugehörige Signalisation (auch maschinenlesbar) zu schaffen.
- Es braucht *Führerkategorien* für das Führen bzw. Bedienen autonom fahrender Fahrzeuge.
- Das bestehende *Haftungsrecht* für Motorfahrzeuge – einschliesslich der Versicherungspflicht – soll beibehalten und zudem ein rein kausales Rückgriffsrecht des Versicherers auf den Fahrzeughersteller (mit Versicherungspflicht) statuiert werden.
- Die technischen und manipulativen Vorgänge im Fahrzeug sowie die Interaktion mit Datensystemen sind laufend aufzuzeichnen, damit jederzeit nachvollziehbar ist, ob zu einem bestimmten Zeitpunkt der Mensch oder die Maschine in der Verantwortung war.
- Es müssen bezüglich der beim autonomen Fahren generierten Daten die Datenhoheit, die zulässige Verwendung (z.B. im Straf- oder Zivilprozess) und die Löschung gesetzlich geregelt werden.

Markus Kneer

Die Bedeutung von harten *top down* Regulierungen scheint mir, was die Schweiz betrifft, vorerst eher sekundär. Im direktdemokratischen System der Schweiz wird das Volk ein wesentliches Mitspracherecht bei Regulierungen dieser Art erwarten. Die Studienergebnisse belegen einen geringen Kenntnisstand, was selbstfahrende Autos betrifft, der einer kohärenten Präferenzbildung (und somit deren Erfassung, z.B. durch Wahlen) im Wege steht. In dieser Hinsicht ist das Thema des autonomen Fahrens anderen Anwendungsbereichen neuer Technologien nicht unähnlich. So sind Präferenzen hinsichtlich des Online-Datenschutzes oft unklar oder inkonsistent und machen deren Erfassung zu einem weitgehend hoffnungslosen Unterfangen (siehe z.B. Acquisti et al., 2015, bezüglich Online-Datenschutz).

Neben der Förderung und Verbesserung des öffentlichen Diskurses (möglicherweise durch Pflichtmodule in Fahrschulen etc.) wäre es möglich, die Präferenzgestaltung durch direkte Erfahrungserlebnisse zu erleichtern. Zum Beispiel: kostenlose Testfahrten in verkehrsarmen Gegenden; graduelle Umstellung der Logistik in staatlichen Unternehmen auf autonome Fahrzeuge (zuerst noch mit Fahrer, der eingreifen kann), die den Schweizern dann im öffentlichen Strassenverkehr vertraut werden. Insgesamt wird die Rolle der Logistik im öffentlichen Diskurs und der Politik im Gegensatz zur Personenbeförderung stark vernachlässigt. Hier könnte sich die Politik evtl. in einer aktiveren Rolle zeigen und bereits jetzt (z.B. in staatlichen Unternehmen) die Einführung von autonomer Güterbeförderung erwägen oder für Privatunternehmen vermehrt Anreize schaffen.

Christoph Schreyer

Ich würde sicherstellen, dass selbstfahrende bzw. automatisierte Fahrzeuge möglichst effizient genutzt werden. Durch klare Preissignale würden Anreize für eine optimale Auslastung der Fahrzeuge und zur Vermeidung von Leerfahrten gesetzt. In den Peak Hours wären Zufahrten zu Stadtzentren und in verkehrsbelastete Gebiete nur mit ausreichend ausgelasteten Fahrzeugen zulässig (Mindestbelegung) und das «Idling» beim Warten auf neue Fahrtenwünsche wäre klar reguliert, damit automatisierte Fahrzeuge nicht leer Warteschleifen in den Städten fahren.

In Bezug auf das Antriebssystem würde ich mich dafür einsetzen, dass automatisierte Fahrzeuge lokal emissionsfrei und mit energieeffizienten und klimaschonenden Antriebstechnologien verkehren. Dies würde mit einer Weiterführung der geltenden Effizienzvorgaben wie die aktuellen CO₂-Emissionsvorschriften sicher-

gestellt, die längerfristig auch die Emissionen der Herstellung der Fahrzeuge sowie der Treibstoffe bzw. des Stroms berücksichtigen. Zudem ermöglichen automatisierte Fahrzeuge, Fahrzeuge leichter zu bauen und so zu dimensionieren, dass sie den aktuellen Fahrtbedürfnissen optimal angepasst sind, dies führt zu weiteren Einsparungen beim Energie- und Rohstoffverbrauch und zur Reduktion von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen.

Weiterhin grosse Bedeutung in einer zunehmend städtischeren Schweiz wird der Fuss- und Veloverkehr haben, der nicht nur sehr energieeffizient, sondern auch gesund ist. Ich würde daher dafür sorgen, dass diese Mobilitätsformen optimale Rahmenbedingungen vorfinden und durch automatisierte, geteilte Fahrzeuge freiwerdende Parkflächen zur Verbesserung der Velo- und Fussgängerinfrastruktur genutzt werden können. Dabei können dann auch die Bedürfnisse weiterer Mobilitätsformen wie z.B. der Micromobility (E-Trottinettes etc.) besser berücksichtigt werden.

Zuletzt bin ich überzeugt, dass der öffentliche Verkehr auch in Zukunft eine zentrale Funktion sowohl im städtischen Verkehr, aber auch im Agglomerations- und Intercity-Verkehr haben wird. Kein Verkehrsmittel kann nur annähernd so effizient eine grosse Anzahl Personen von A nach B transportieren. Mein zentrales Anliegen wäre daher eine optimale Verknüpfung und Anbindung selbstfahrender, automatisierter Fahrzeuge an intermodalen Hubs mit den verschiedenen Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs.

5.3. Regulierungsinstrumente

Die Antworten der Experten zur zweiten Frage – «Welche Instrumente zur Regulierung von selbstfahrenden Autos kommen Ihnen in den Sinn?» – dienten im ersten Teil des Workshops dazu, eine Toolbox von Regulierungsinstrumenten zu entwickeln. Die Experten konnten maximal fünf Instrumente angeben und wurden gebeten, speziell ihren fachlichen Hintergrund zu berücksichtigen. Das Projektteam ergänzte einzelne Instrumente, welche im Rahmen der Studie zum Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag (im Auftrag des BaslerFonds, des Städteverbands und anderer Partner) ermittelt wurden (EBP, 2017). Insgesamt konnten so 32 Regulierungsinstrumente gesammelt werden. Da es sich bei einzelnen Instrumenten um fast deckungsgleiche oder zumindest sehr ähnliche Regulierungsansätze handelte, lag schlussendlich eine Toolbox von 26 Regulierungsinstrumenten vor. Für jedes Instrument wurde im Plenum eine Zuordnung

zu den drei föderalen Ebenen in der Schweiz vorgenommen (welche Ebene(n) ist/sind verantwortlich?) sowie angegeben, ob das Instrument von Regulierungen im Ausland abhängig ist.

Die Toolbox ist in der Tabelle 17 aufgeführt. Generell bietet sich für die Strukturierung der Instrumente die Typologie nach Kaufmann-Hayoz (2006) an, welche Instrumente in folgende Typen unterteilt:

- **Gebote und Verbote:** Standards, Begrenzungen, Vorschriften, Bewilligungspflichten, haftungsrechtliche Vorschriften, raumwirksame Vorschriften
- **Marktwirtschaftliche Instrumente:** Subventionen, Lenkungsabgaben, Gebühren und verwandte Abgaben, Einrichtung von Märkten, punktuelle Anreize (z.B. Preisausschreiben)
- **Service- und Infrastrukturinstrumente:** Bereitstellung und Verbesserung von Dienstleistungen und Infrastruktur im Hinblick auf das Erreichen eines bestimmten politischen Ziels
- **Vereinbarungen:** Vereinbarungen zwischen Staat und Wirtschaft, Zertifizierungen und Labels
- **Kommunikations- und Diffusionsinstrumente:** Sachverhalte, Möglichkeiten und Ziele darstellen bzw. von diesen überzeugen, Appelle aussenden, Diffusion über Medien usw.

Es wurde bewusst ein breites Verständnis von Regulierung unterstellt, um in diesem ersten Teil des Workshops möglichst alle Formen von staatlichem Handeln offenzuhalten. Gleichzeitig erhebt die Toolbox jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sie soll aufzeigen, welche Instrumente den Experten spontan eingefallen sind und aus deren Sicht als relevant erachtet wurden.

Tab. 17: Toolbox von Instrumenten zur Regulierung selbstfahrender Autos

<i>Regulierungsinstrument</i>	<i>Bund</i>	<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde/Stadt</i>	<i>Ausland</i>
Gebote und Verbote				
Zulassung von Strassenfahrzeugen: Niedrige Geschwindigkeit	X			X
Zulassung von Strassenfahrzeugen: Kein Entscheid über Leben und Tod	X			(X)
Anpassung des Strassenverkehrsgesetzes und anderen relevanten Gesetzen	X			
Anpassung von Gesetzen bezüglich Haftungsfragen	X			X
Regulierung Datenschutz: Was? Wer? Wo? Wie?	X	X		X
Rahmenbedingungen für Dispatching-Algorithmen und gesetzliche Auflagen für Sammeltaxis (ÖIV): z.B. Mindestbelegung über Gesamtflotte	X		X	
Völkervertragsrecht (z.B. EU-Verordnung, UNECE)	X			X
Generell-abstrakte Bundesgesetze und Verordnungen	X			
Generell-abstrakte Allgemeinverfügungen (Verkehrssignale, Markierungen)		X	X	
Definition Mindestsicherheitsstandards (Safety)	X			X

<i>Regulierungsinstrument</i>	<i>Bund</i>	<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde/Stadt</i>	<i>Ausland</i>
Beschränkung der Einsatzmöglichkeiten im Selbstfahrmodus	X	(X)	(X)	
Einrichtung besonderer Privilegien/Restriktionen für selbstfahrende Autos (z.B. zeitlich bzw. räumliche Beschränkung von Zufahrten)	X	X	X	
Pflichtmodule über Vor- und Nachteile von selbstfahrenden Autos in Fahrschulen	X			
Überarbeitung des Personenbeförderungsgesetzes und der Verordnung zur Flexibilisierung des ÖV	X			
Gesetzlicher Rahmen für ÖV-Bestellungen: Reinvestition von Kosteneinsparungen	X	X		
Zulassungsbedingungen: nicht negativer Kapazitätseffekt der Fahrzeuge	X			X
Pflicht zur Bereitstellung von Kommunikationsschnittstellen (C2X, C2C)	X	(X)	(X)	(X)
Marktwirtschaftliche Instrumente				
Mobility-Pricing: Finanzierung der Strasseninfrastruktur	X		(X)	
Mobility-Pricing: Lenkung (z.B. Bepreisung des Raumbedarfs für Fahrzeuge, Leerfahrten, Differenzierung nach Energieverbrauch und CO ₂ -Ausstoss)	X		(X)	

<i>Regulierungsinstrument</i>	<i>Bund</i>	<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde/Stadt</i>	<i>Ausland</i>
Service- und Infrastrukturinstrumente				
Sicherstellung der Redundanz im Verkehrssystem	X	X	X	X
(Perma-)Logistik	X	X	X	
Systemmonitoring: Unfälle und kritische Situationen	X	X	X	
Anpassung der Grundlagen für Nutzung des Strassenrandes (Halteketten)	(X)		X	
Vereinbarungen				
Technische Normen (z.B. ISO)	X			X
Kommunikations- und Diffusionsinstrumente				
Forschung und Entwicklung: Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und Rebound-Effekte	X			
Umstellung der Güterbeförderung auf autonome Fahrzeuge in Staatsunternehmen	X	X	X	

Hinweis: (X) = Staatsebene ist nicht hauptverantwortlich, aber von der Regulierung institutionell tangiert.

Überblickt man alle gesammelten Instrumente, zeigt sich erstens eine starke Dominanz von Instrumenten des Typs «Gebote und Verbote». Zweitens wird bei allen Instrumententypen in erster Linie der Bund in der Pflicht gesehen. Vereinzelt ist der Bund für das Setzen von Rahmenbedingungen zuständig, während den Kantonen und den Gemeinden resp. Städten gewisse Möglichkeiten der Einflussnahme bei der Umsetzung offenstehen.

Allgemein fällt der über alle Regulierungsinstrumente stark variierende Konkretisierungsgrad auf. Während gewisse genannte Instrumente sehr allgemein gehalten sind und zum Teil auch keine explizite Richtung der Regulierung vorgegeben wird, sind andere Instrumente konkreter formuliert und lassen sich vereinzelt auch anderen, allgemeiner formulierten übergeordneten Regulierungsansätzen zuordnen. Es war das Ziel des zweiten Teils des Workshops, ausgehend von der erarbeiteten Toolbox eine Konkretisierung des Regulierungsbedarfs pro Szenario vorzunehmen und die konkrete Ausgestaltung einzelner Instrumente zu diskutieren. Im Folgenden wird die Diskussion zu den einzelnen Szenarien wiedergegeben.

5.4. Diskussion der Szenarien

Als Grundlage für die Vertiefung der Diskussion dienten die drei Szenarien zur Nutzung der selbstfahrenden Autos in der Schweiz, welche im Rahmen des Projekts entwickelt wurden und bereits die Grundlage für die Diskussion mit der Fokusgruppe gebildet hatten. Die drei Szenarien lauteten wie folgt:

- Szenario 1 «Stark individualisierte Nutzung»: In diesem Szenario werden die Personen weiterhin ihr eigenes Fahrzeug besitzen. Entsprechend kann jederzeit auf das private Fahrzeug zugegriffen werden, was auch meist gemacht wird. Der ÖV dürfte aufgrund der tieferen Passagierzahlen etwas teurer werden. Die Anzahl der Autos, die auf den Strassen unterwegs sind, wird zunehmen. Es wird auch leere Fahrzeuge auf den Strassen geben und es wird zu mehr Staus kommen.
- Szenario 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»: Im ländlichen Raum sind die Fahrzeuge weiterhin eher im Privatbesitz und werden individuell genutzt. In städtischen Gebieten werden Flotten von Organisationen (privat oder öffentlich) betrieben, die vermehrt kollektiven Verkehr ermöglichen. Auf dem Land wird es weiterhin ÖV geben, allenfalls mit reduziertem Angebot. Die Anzahl der Autos, die auf den Strassen ausserhalb der Städte unterwegs sind, wird zunehmen. Da dort das Aufkommen insgesamt geringer ist, wird es nicht mehr Staus geben. Insgesamt werden die Verkehrsbelastungen etwa sein wie heute.
- Szenario 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»: Sowohl in der Stadt als auch auf dem Land werden selbstfahrende Autos über eine On-

demand-Plattform bei Flottenbetreibern (v.a. öffentliche Organisationen) gebucht. Man ist dann praktisch ausschliesslich mit anderen, «fremden» Personen unterwegs. Den klassischen ÖV wird es weiterhin geben. Die Anzahl der Autos, die auf den Strassen unterwegs sind, wird abnehmen und es wird zu weniger Staus kommen.

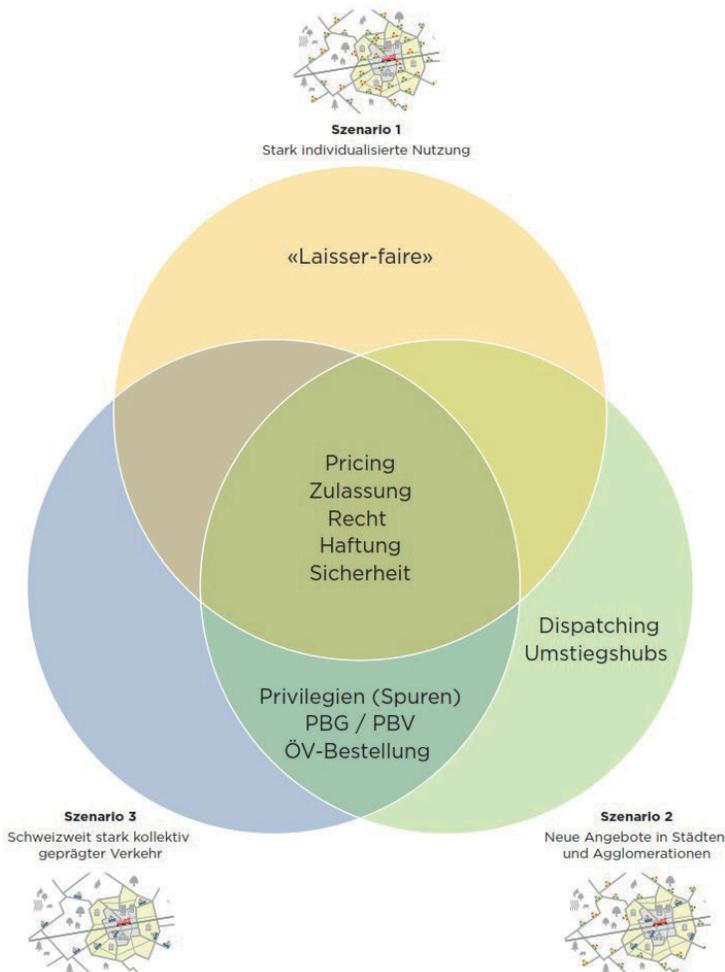


Abb. 12: Ergebnisse der Szenariendiskussion, grafische Aufbereitung eines Fotos am Expertenworkshop, 22.2.2019

Zu jedem der einzelnen Szenarien wurde eine Diskussion geführt, um aus der im ersten Teil des Workshops erarbeiteten Toolbox jene Regulierungsinstrumente zu identifizieren, welche die Politik ergreifen muss, um zu den in den Szenarien definierten Zuständen zu gelangen. Wenn möglich wurde dabei unterschieden zwischen einer kurz- und mittelfristigen Perspektive.

Bei der Diskussion zeigte sich, dass aus Sicht der Expertengruppe bereits kurzfristig bestimmte Instrumente ergriffen werden müssen, unabhängig davon, welches Szenario man erreichen möchte.

Abb. 12 zeigt im Überblick, welche Instrumente in der Diskussion welchen Szenarien zugeordnet wurden. Die mittlere Schnittmenge umfasst jene Liste von Instrumenten, die aus Sicht der Experten für alle drei Szenarien von Bedeutung sind. Weitere Überschneidungen ergeben sich zwischen den Szenarien 2 und 3. Im Folgenden gehen wir pro Szenario im Detail auf die Diskussionen zu den einzelnen Szenarien ein.

5.4.1. Szenario 1 «Stark individualisierte Nutzung»

Bereits bei Szenario 1, in welchem es grundsätzlich jeder Person freigestellt ist, wie sie unterwegs sein will, sahen die Experten gewisse, bereits in der kurzen Frist notwendige Instrumente, die ergriffen werden müssen. Es handelte sich dabei um Instrumente, die für alle Szenarien gleichermassen unerlässlich sind. In erster Linie sind dies Instrumente des Typs «Gebote und Verbote» wie Zulassungsfragen, das Anpassen der relevanten Gesetze und Verordnungen (in erster Linie das Strassenverkehrsgesetz), die Klärung von Haftungsfragen und das Setzen von Mindestsicherheitsstandards. Nur mit diesen Anpassungen kann aus Sicht der Experten gewährleistet werden, dass selbstfahrende Autos überhaupt jemals in die Schweiz importiert und hier auch genutzt werden können.

Es wurde jedoch aus Sicht der Experten stark infrage gestellt, ob sich ein solches, mehrheitlich auf einer individuellen Nutzung basierendes Verkehrssystem langfristig aufrechterhalten lässt. Es herrschte Konsens darin, dass die Attraktivität derartiger Mobilitätskonzepte zu deutlich Mehrverkehr führen wird, der vor allem in den Städten und Agglomerationen irgendwann nicht mehr zu bewältigen sein wird. In der Schweiz dürfte diese Entwicklung durch die vergleichsweise hohe Kaufkraft (gerade auch bei älteren Leuten) nochmals zusätzlich befeuert werden. Auch wenn die Fahrzeuge am Anfang noch etwas teurer sein dürften,

werden sich irgendwann praktisch alle ein eigenes selbstfahrendes Auto leisten können.

Gemäss den Experten dürfte Szenario 1 zu einer weiter zunehmenden Zersiedelung in Agglomerationen bis hinaus aufs Land führen, da die Stadt als Wohnraum an Attraktivität verliert. Trotz dieser Homogenisierung der Siedlungsdichte würde es aus Sicht der Experten in Szenario 1 zwangsläufig darauf hinauslaufen, dass gewisse Formen der Kollektivierung von Verkehr (zumindest in der Stadt) notwendig sind, um der befürchteten «Selbsterstörung» des Szenarios entgegenzuwirken. In diesem Zusammenhang wurde in erster Linie auf marktwirtschaftliche Ansätze verwiesen. Mittels Mobility-Pricing sollten Anreize so gesetzt werden, dass Verkehrsspitzen geglättet und Kapazitätsprobleme verhindert werden können. Allenfalls könnten auch Slots für die Benutzung der Strasseninfrastruktur in dichten Räumen verteilt werden. Schlussendlich sollte Mobility-Pricing so ausgestaltet werden, dass einerseits Mobilität teilweise vermieden oder zeitlich verschoben und andererseits auf kollektive Formen verlagert wird. Bei Letzterem gilt es besonders zu bedenken, dass es On-demand-Sammeltaxis gegenüber privaten Fahrzeugen ohne Pricing-Massnahmen besonders schwer haben werden, da erstens private Fahrzeuge mit der Zeit relativ kostengünstig verfügbar sein dürften und zweitens auch Sammeltaxis von den Kapazitätsproblemen in den Städten betroffen sein werden.

5.4.2. Szenario 2 «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»

Die in Szenario 1 genannten Regulierungsansätze – verschiedene Instrumente des Typs «Gebote und Verbote» und Pricing-Massnahmen – sind aus Sicht der Expertengruppe auch für Szenario 2 wichtig. Um jedoch auf direktem Weg zu Szenario 2 zu gelangen – ohne Umweg über Szenario 1 –, wurden bereits in einer kurzen Frist Massnahmen zur Priorisierung des Kollektivverkehrs als wichtig erachtet. Mobility-Pricing wurde in diesem Zusammenhang stark betont, insbesondere im Hinblick auf die Möglichkeiten, die Bepreisung auf den Besetzungsgrad der Fahrzeuge hin auszurichten. Ein weiterer wichtiger Ansatz wurde in der Schaffung von Privilegien für den kollektiven Verkehr gesehen, zum Beispiel durch separate Spuren für selbstfahrende Autos, die nur mit einem bestimmten Besetzungsgrad resp. nur von flottenmässig betriebenen On-demand-Sammeltaxis (und dem klassischen ÖV) benutzt werden können. Diese Spuren werden in erster Linie für den Stadtverkehr vorgesehen. Auf übergeordneten Netzen, wie beispielsweise Autobahnen, sind solche Spuren nur bei einer hohen

Flottendurchdringung selbstfahrender Fahrzeuge und bei mehr als zwei Fahrspuren sinnvoll. Zusätzlich sind auf Bundesebene Anpassungen beim Personenbeförderungsgesetz und der entsprechenden Verordnung notwendig, damit kollektive Formen der automatisierten Mobilität flexibler ausgestaltet werden können und keine Hürden gesetzt sind.

Auf dem Land, wo die Mobilität in Szenario 2 weiterhin stark individualisiert erfolgen wird, sah die Expertengruppe keinen Regulierungsbedarf ähnlich wie in der Stadt. Aufgrund der Unterschiede zwischen der Stadt und dem Land dürfte es jedoch notwendig sein, Umsteigehubs einzurichten, damit an der Stadtgrenze vom eigenen Fahrzeug auf selbstfahrende Sammeltaxis oder den klassischen ÖV umgestiegen werden kann.

Besonders hervorgehoben in Bezug auf Szenario 2 wurde die Gefahr von Leerfahrten, welche es aus Sicht der Experten zwingend auf einem Minimum zu reduzieren gilt. Dispatching-Algorithmen sollen genutzt werden, um die verschiedenen Fahrten so zu koordinieren, dass Leerfahrten möglichst verhindert werden können, ohne dass dafür die Attraktivität des Angebots für die Kundinnen und Kunden darunter leidet. Hier sind sowohl die Flottenbetreiber von Sammeltaxis gefordert wie auch der Regulator bei der Formulierung von Vorgaben, beispielsweise bezüglich minimaler durchschnittlicher Besetzungsgrade und beim Datenmanagement zur Prüfung der Einhaltung dieser Vorgaben.

5.4.3. Szenario 3 «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»

Die in den Szenarien 1 und 2 bereits für die kurze Frist genannten Instrumente wie Zulassungsbestimmungen, Anpassungen von Gesetzen und Verordnungen, Klärung von Haftungsfragen sowie Mindestsicherheitsstandards sind aus Sicht der Experten auch für das dritte Szenario unerlässlich. Gleichzeitig sind jene Instrumente wichtig, die auch schon bei Szenario 2 genannt wurden, mit dem Ziel, die Mobilität in der ganzen Schweiz auf stärker kollektive Verkehrsformen zu verlagern: Einerseits ist der rechtliche Rahmen so anzupassen, dass kollektive Formen der automatisierten Mobilität nicht behindert werden. Die Experten sprachen dabei insbesondere das Personenbeförderungsgesetz (und die entsprechende Verordnung) sowie die Rahmenbedingungen für die ÖV-Bestellverfahren (beides auf Bundesebene) an. Andererseits sollen kollektive Formen auch gezielt gefördert werden. Genannt wurden wiederum das Mobility-Pricing sowie Privilegien, wie beispielsweise separate Spuren für Sammeltaxis.

Damit sich in der ganzen Schweiz ein stark kollektiv geprägter Verkehr durchsetzt, ist aus Sicht der Experten jedoch auch ein Wertewandel notwendig. Szenario 3 ist nur möglich, wenn das Auto in Zukunft nicht mehr dieses Statussymbol darstellt, das es früher war und für viele Menschen bis zu einem gewissen Grad auch heute noch ist. Dieser Wertewandel müsste gefördert werden. Die Loslösung vom Besitz eines eigenen Autos könnte dabei schrittweise erfolgen, indem sich zuerst Carsharing durchsetzt, bevor mittel- und langfristig auch Ride-sharing zur Normalität wird. Der geteilte Besitz alleine löst jedoch noch keine verkehrlichen Probleme, erst die veränderte Nutzung dieser Fahrzeuge.

Eine Herausforderung sahen die Experten in der Finanzierung der Infrastruktur. Da sowohl der Privatbesitz von Autos zurückgeht als auch eine zunehmende Elektrifizierung anzunehmen ist, fallen wichtige Mittel für die Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur weg. Es wird deshalb notwendig sein, andere Möglichkeiten der Finanzierung zu finden.

5.5. Allgemeine Diskussion

Im letzten Teil des Workshops wurde szenarienübergreifend zur Regulierung des automatisierten und vernetzten Fahrens diskutiert. Aufgegriffen wurden insbesondere Sicherheitsaspekte, ethische Fragen sowie Fragen zum Stellenwert des automatisierten Fahrens im Verkehrssystem der Schweiz.

5.5.1. Sicherheitsaspekte

Die Gewährleistung der Sicherheit sowohl für Fahrzeuginsassen als auch für die übrigen Verkehrsteilnehmenden gehört nach übereinstimmender Meinung der Experten zu den zentralen Erfolgskriterien des automatisierten Fahrens. Die Experten waren sich einig, dass politikseitige Mindeststandards zur Regulierung des automatisierten Fahrens zu formulieren sind. Die Diskussion zeigte aber auch, wie herausfordernd ein solches Sicherheitsregulativ ist, dies zunächst v.a. aufgrund der hohen informationstechnologischen Komplexität der dem automatisierten Fahren zugrunde liegenden Algorithmen. Die bestehenden Prüfverfahren sind dazu nicht geeignet und es wurde die Frage aufgeworfen, inwieweit staatliche Prüfstellen eine technische Prüfung überhaupt jemals werden gewährleisten können; dies umso mehr, als mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz die

Fahrzeuge zu selbstlernenden Systemen werden, die sich laufend neuen Situationen anpassen und «Entscheide» treffen, die nicht zwingend vorhersagbar sind. Gefragt wären demnach neue Formen der Sicherheitsprüfung, möglicherweise im Sinne eines iterativen Prozesses. Aus Sicht der Experten wird es Aufgabe des Staates bleiben, die Kernfunktionen des automatisierten Fahrens zu prüfen und dazu die nötige Software vorzuhalten.

Aufgrund der Herausforderungen bei der Sicherheitsprüfung rücken Haftungsfragen in den Vordergrund. Aus juristischer Sicht scheint es machbar, diese Haftungsfragen eindeutig zu regeln und dabei primär die Fahrzeughalter in die Verantwortung zu nehmen, wobei jedoch erweiterte Regressmöglichkeiten im aktuell in Revision befindlichen Gesetz heute bereits angedacht sind.

Damit standen im Workshop Fragen zur Unfallvermeidung (Safety) im Vordergrund. Fragen zum Missbrauch von automatisierten Fahrzeugen (Security), beispielsweise durch das Hacking von Fahrzeugen, wurden wenig thematisiert; dies wohl aus Zeitmangel, die Bedeutung dieser Thematik dürfte unbestritten sein. Immerhin wurde im Workshop auch betont, dass die Sicherheit und die Funktionalität des automatisierten Fahrens auch von dessen gesellschaftlicher Akzeptanz abhängen werden. Mit sinkender Akzeptanz steigt die Wahrscheinlichkeit von Störungen durch Kritiker, beispielsweise durch das absichtliche Springen vors Autos und die damit angestrebte Lähmung des Verkehrsflusses.

5.5.2. Ethische Fragen

Die ethische Diskussion zum automatisierten Fahren ist in der Öffentlichkeit geprägt von bekannten Entscheidungsdilemmata wie etwa: Wenn ein Unfall mit Personenschaden unausweichlich wird, soll dann ein automatisiertes Fahrzeug eher ein Kind oder eine Grossmutter überfahren? Weitere Beispiele dieser Art liessen sich in Vielzahl generieren. Gleichzeitig handelt es sich dabei um seltene Extremsituationen, deren Häufigkeit sich zudem mit einfachen Regulierungen (beispielsweise tiefe Geschwindigkeiten im Mischverkehr) noch weiter reduzieren liesse. Eine umfassende ex ante Spezifizierung aller solcher Dilemmata scheint kaum umsetzbar zu sein und zudem dürfte eine solche beim Einsatz von künstlicher Intelligenz grundsätzlich unmöglich sein. Deshalb wurde im Workshop vorgeschlagen, auf das Kriterium der Unfallhäufigkeit zu setzen: Entscheidend ist, ob die automatisierten Fahrzeuge insgesamt gegenüber heute weniger Unfälle generieren. Auf Zustimmung stiess darüber hinaus der Gedanke, dass die

automatisierten Fahrzeuge in solchen Extremsituationen im Sinne eines Zufallsgenerators reagieren müssten. Ein rein utilitaristisches Entscheidungsverhalten wurde dagegen im Workshop nicht propagiert.

Unbestritten war, dass aus ethischer Sicht die Fahrzeuginsassen und die weiteren Personen im Verkehrssystem (vor allem Zufussgehende) das gleiche Schutzniveau geniessen sollten. Daraus dürfe aber auch kein Zwang zur Vernetzung (z.B. durch das Mitführen eines Chips) abgeleitet werden, diese müsse immer freiwillig bleiben. Es wurde dazu auch die Erwartung formuliert, dass die Sensortechnik das geforderte Schutzniveau in Zukunft auch ohne erzwungene Vernetzung aller gewährleisten könne. Gleichzeitig wurde bezweifelt, ob die Fahrzeughersteller im Sinne der egalitären Schutzniveaus handeln und nicht doch die Insassen bevorzugen würden.

Aus Sicht der Ethik als wissenschaftliche Disziplin stehen die bekannten Dilemmata heute allerdings nicht unbedingt im Zentrum, wichtiger sind differenziertere Fragen wie zum Beispiel: Muss der Staat automatisierte Fahrzeuge fördern, wenn ältere Menschen und Behinderte dadurch besseren Zugang zum Mobilitätssystem haben und die Mobilität der Menschen insgesamt besser, billiger und sicherer wird? Zudem stellen sich aus ethischer Sicht Fragen zur Verantwortung für den Betrieb automatisierter Fahrzeuge, welche als diffus wahrgenommen wird, unabhängig davon, ob sich haftungsrechtlich befriedigende Lösungen finden lassen.

5.5.3. Der Stellenwert des automatisierten Fahrens im Verkehrssystem

Als dritter wichtiger Themenkomplex wurde im Workshop mehrfach explizit oder implizit über den Stellenwert des automatisierten Fahrens im Verkehrssystem diskutiert. Am Ausgangspunkt stand dabei die Erwartung, dass das automatisierte Fahren (mindestens SAE-Stufe 4) in jedem Fall früher oder später kommen werde. Ausgehend von dieser Erwartung wurde gefordert, dass das in der Schweiz etablierte und als erfolgreich wahrgenommene multimodale Zusammenspiel der verschiedenen Verkehrsarten unbedingt zu erhalten sei. In besonderem Masse wurde der Schutz der Zufussgehenden angemahnt. In diesem Zusammenhang wurde auch auf die zu erwartenden Rebound-Effekte des automatisierten Fahrens hingewiesen, welche zusammen mit der durch das Bevölkerungswachstum induzierten Verkehrszunahme zu einer grossen Mehrbelastung des Verkehrssystems führen könnten.

Weiter wurde vorgeschlagen, die Einführung des automatisierten Fahrens mit weiteren – an sich nicht zwingend damit verknüpften – Nachhaltigkeitspostulaten zu verbinden. Eine solche Regulierung würde beispielsweise die lokale Emissionsfreiheit von automatisierten Fahrzeugen verlangen und Mobilitätskonzepte mit einem höheren Besetzungsgrad fördern.

5.6. Fazit

Das automatisierte Fahren kommt, daran zweifelte keiner der Experten. Und es braucht Regulierung schon heute und nicht erst in 20 oder 30 Jahren, auch darin waren sich die Experten einig. Denn ein Laisser-faire würde zu starken Verkehrsverlagerungen vom kollektiven zum individuellen Verkehr führen, im Sinne des Szenario 1. Eine solche Entwicklung liesse sich – aller Effizienzgewinne durch das automatisierte Fahren zum Trotz – voraussichtlich nur mit einem massiven Ausbau der Infrastruktur bewältigen, was keine politischen Mehrheiten fände und auch kaum finanzierbar sei. Die erste Leitfrage des Workshops nach dem politischen Handlungsbedarf wurde von den Experten also ganz klar positiv beantwortet.

Als ungleich schwieriger erwies sich die Antwort auf die zweite Leitfrage des Workshops nach den notwendigen Wirkungen politischer Regulierung. Denn diese Frage hat eine normative Komponente, welche letztlich auf eine gesellschaftliche Zielvorgabe abstellen muss. Solche Zielvorgaben fehlen aber zurzeit, und es ist nicht zu erwarten, dass sie in der nächsten Zeit in der notwendigen Klarheit zur Verfügung stehen werden. Die damit verbundenen Fragen sind komplex und gleichzeitig in vielem noch zu vage, um einen gesellschaftlichen und politischen Konsens herbeiführen zu können. Immerhin signalisiert bereits die Strategie «Digitale Schweiz» aus dem Jahr 2016 eine grundlegende Offenheit des Bundesrates gegenüber technologischen Entwicklungen wie dem automatisierten Fahren. Die Haltung des Bundes zu diesen Fragen hat sich in den letzten Jahren auch nicht grundsätzlich verändert. Dies legitimiert die Verwaltung wohl genügend, um eine proaktive Regulation des automatisierten und vernetzten Fahrens mit relativ hoher Priorität voranzutreiben. Die Wirkungen dieses Regulativs – darin bestand im Workshop weitgehende Einigkeit – sollte sich im Grundsatz am heutigen Modal Split orientieren, welcher sich als Folge sowohl politischer Weichenstellungen als auch als Konsequenz einer grossen Zahl von individuellen Entscheiden bei der Verkehrsmittelwahl verstehen lässt.

Die dritte Leitfrage des Workshops bezog sich auf die Entwicklung von Regulierungsoptionen inklusive der Benennung von Verantwortlichkeiten. Die Frage lässt sich aufgrund der Diskussionen im Workshop wie folgt beantworten:

- Viele Regulierungsoptionen machen szenarienübergreifend Sinn. Es handelt sich dabei vor allem um Leitplanken im Sinne von Geboten und Verboten, beispielsweise um Standards bei der Fahrzeugzulassung, um haftungsrechtliche Aspekte sowie um Fragen des Mobility-Pricing im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren.
- Auch wenn die Marktdurchdringung mit automatisierten Fahrzeugen als längerer Prozess zu verstehen ist, spricht vieles dafür, in der Schweiz die Entwicklung des Regulativs jetzt schon zügig voranzutreiben; dies erstens, um die Initiative im Sinne der nationalstaatlichen Souveränität in der Hand zu behalten. Ziel müsse es sein, nicht einfach der Marktentwicklung folgend regulieren zu müssen, auch wenn die internationale Abstimmung, beispielsweise mit der EU in diesen Fragen zentral bleibt. Zweitens können sich darauf für die schweizerische Volkswirtschaft im Sinne von First-Mover-Effekten auch Wettbewerbsvorteile ergeben.
- Grundsätzlich problematischer scheinen szenariobezogene Regulierungen, denn diese setzen ja entsprechende Präferenzen voraus. Aus Sicht der Experten wurde allerdings klar, dass ein Laissez-faire, wie es dem Szenario 1 ansatzweise zugrunde liegt, nicht wünschbar ist, weil es den Realitäten des Verkehrssystems in unseren Städten nicht gerecht werden kann. Zumindest ein Teil der Experten sah auch wenig Akzeptanz für einen gegenüber heute viel stärker kollektiven Verkehr, wie dies im Szenario 3 angelegt ist. De facto sprechen die Expertenmeinungen am ehestens für eine Entwicklung in Richtung des Szenarios 2.
- Die Toolbox der Instrumente wird gemäss den Vorschlägen der Experten noch sehr unterschiedlich genutzt, im Vordergrund stehen Gebote und Verbote sowie marktwirtschaftliche Anreize.
- In der föderalen Schweiz ist, wenn es um Regulation im engeren Sinn geht, zunächst vor allem der Bund gefordert. Wenn es darum geht, den gesellschaftlichen Diskurs um das automatisierte Fahren zu fördern, können Kantone und Städte aber durchaus eine wichtige Rolle spielen, beispielsweise im Rahmen von lokalen Pilotprojekten, welche es erlauben, Erfahrungen mit dem Einsatz von verschiedenen Formen des automatisierten Fahrens zu machen.

6. Politischer Handlungsbedarf – die Sicht der Stakeholder

Die im Expertenworkshop entwickelten Regulierungsansätze wurden in einem nächsten Arbeitsschritt am 6. Mai 2019 mit Stakeholdern aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Verbänden diskutiert. Ziel war es, aus den Regulierungsansätzen gemäss Abschnitt 5.3. einen möglichst konkreten Handlungsbedarf für die Politik abzuleiten. Insgesamt nahmen 20 Stakeholder am Workshop teil (vgl. Tabelle 18).

6.1. Workshop mit Stakeholdern

Die folgenden drei Fragestellungen standen im Mittelpunkt dieses Workshops:

1. Handlungsbedarf: Welche Bedeutung haben die verschiedenen im Expertenworkshop entwickelten Instrumente aus Sicht der Stakeholder?
2. Wie sehen Stakeholder die Rolle der Verwaltung (Bund, Kantone, Gemeinden) und der Wirtschaft?
3. Soll die Schweiz eine Vorreiterrolle einnehmen und welche Chancen/Risiken sehen die Stakeholder in Zusammenhang mit einer Vorreiterrolle der Schweiz?

Formal lehnte sich der Workshop an die Methodik eines World-Cafés an, Plenumsdiskussionen ergänzten die Diskussionen in Kleingruppen. Zu jeder der drei oben genannten Fragen wurde zuerst eine Diskussion in Kleingruppen durchgeführt, gefolgt von einer kurzen Plenumsdebatte. Die Gruppen wurden für jede Runde neu zusammengesetzt. Vor der Diskussion in Kleingruppen erfolgte ein kurzer Input zu den wichtigsten Aspekten selbstfahrender Fahrzeuge sowie eine Erläuterung der drei untersuchten Szenarien.

Tab. 18: Teilnehmende am Stakeholderworkshop

<i>Stakeholder</i>	<i>Institution</i>
Beckmann, Jörg	TCS Mobilitätsakademie
Bieri, Peter	TA-SWISS, Präsident Stiftungsrat, alt Ständerat und ehem. LITRA-Präsident
Brönnimann, Marco	Viasuisse AG/SA
Burgener, Andreas	auto-schweiz
Burkart, Thierry	Nationalrat FDP
Elsener, Herbert	Stadt Winterthur, Tiefbauamt
Fehlberg, Hauke	ASTRA
Fuster, Marco	Stadt Bern, BERNMOBIL
Hinterberger, Andreas	uber
Hostettler, Christa	Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK)
Kirchhofer, André	ASTAG
Kronawitter, Andreas	its-ch
Laszlo, Zoltan	SBB
Löchl, Michael	Kanton Zürich, Amt für Verkehr
Michel, Jürg	Postauto
Müller, Andrea	BAV

Müller, Dominik	ASUT Schweizerischer Verband der Telekommunikation
Schneeberger, Paul	Schweizerischer Städteverband (SSV)
Schreyer, Christoph	BFE
Töngi, Michael	Nationalrat Grüne
Projektteam/TA-SWISS	
Arnold, Tobias	Interface Moderation
Fischer, Remo	EBP Moderation
de Haan, Peter	EBP Moderation
Haefeli, Ueli	Interface Moderation, Workshopleitung
Tobler, Christina	TA-SWISS

6.2. Handlungsbedarf: Bedeutung der verschiedenen Instrumente

Die Zusammensetzung der ersten Kleingruppen wurde vom Projektteam vorgegeben. In Gruppe 1 diskutierten Akteure der Wirtschaft, in Gruppe 2 der Verwaltung, in Gruppe 3 der Politik und in Gruppe 4 der Verbände. Um die Diskussion zu fokussieren, wurden den Teilnehmenden nicht alle im Expertenworkshop entwickelten Instrumente vorgelegt. Stattdessen wurden sieben Instrumente ausgewählt, welche sich im Expertenworkshop als besonders wichtig herauskristallisiert und Diskussionen ausgelöst hatten und welche aus Sicht des Studienteams die für die Schweiz relevantesten Fragen im Bereich der selbstfahrenden Autos abdecken (vgl. Tabelle 19):

Tab. 19: Kurzbeschreibung der im Workshop diskutierten Instrumente

Instrument	Erläuterung
1. In Mischverkehrszonen: Automatisierte Fahrzeuge nur mit sehr niedrigen Geschwindigkeiten	Bei der Zulassung von automatisierten Fahrzeugen im Strassenverkehr (Fahrberechtigung im Rahmen des Strassenverkehrsgesetzes) soll darauf geachtet werden, dass die automatisierten Fahrzeuge in Gebieten mit Mischverkehr mit Zufussgehenden, Velofahrenden, konventionellem ÖV etc. nur sehr langsam fahren dürfen.
2. Anpassung von Gesetzen bezüglich Haftungsfragen	Die Gesetzgebung ist so anzupassen, dass die Frage der Haftung in allen denkbaren Situationen mit automatisierten Fahrzeugen abschliessend geklärt ist.
3. Einrichtung besonderer Privilegien/Restriktionen für selbstfahrende Autos	Automatisierte Fahrzeuge sind dort zu privilegieren, wo sie die vorhandene Infrastruktur im Vergleich zu heute effizienter nutzen. Wo das Gegenteil der Fall ist, sind entsprechende Restriktionen vorzusehen.
4. Überarbeitung des Personenbeförderungsgesetzes und der -verordnung zur Flexibilisierung des ÖV	Das Personenbeförderungsgesetz wird überarbeitet unter gebührender Berücksichtigung von neuen, mit dem automatisierten Fahren attraktiveren Mobilitätsangeboten, die zwischen dem klassischen MIV und dem klassischen ÖV angesiedelt sind.
5. Mobility-Pricing: Lenkung (z.B. Bepreisung des Raumbedarfs für Fahrzeuge, Leerfahrten)	Es soll ein Mobility-Pricing-System etabliert werden, welches neben den üblichen Kriterien auch Leerfahrten erschwert und das Pooling von Fahrgästen begünstigt.
6. Systemmonitoring: Unfälle und kritische Situationen	Es soll frühzeitig ein geeignetes Monitoring eingeführt werden, welches garantiert, dass kritische Situationen und Unfälle mit automatisierten Fahrzeugen landesweit erfasst und ausgewertet werden.
7. Forschung und Entwicklung zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und Rebound-Effekten	Bei der (ex ante) Forschung zum automatisierten Fahren soll ein Schwerpunkt auf dessen Auswirkungen auf alle Nachhaltigkeitsdimensionen gelegt werden. Insbesondere gilt es, auch die Vielfalt an prinzipiell vorstellbaren Rebound-Effekten vertieft zu untersuchen.

Am Schluss der Kleingruppendiskussionen wurden alle Teilnehmenden gebeten, die sieben Instrumente in einem zweidimensionalen Raum bezüglich Wichtigkeit und Dringlichkeit zu bewerten.

6.2.1. Ergebnisse Gruppe 1: «Wirtschaft»

Als mit Abstand wichtigstes Instrument wurde in dieser Gruppe die Anpassung der Personenbeförderungsgesetzgebung diskutiert, dies im Hinblick auf die Klärung der Rechtslage im Bereich von Mischformen zwischen dem individuellen und dem kollektiven Verkehr. Hohe Wichtigkeit, aber jeweils nur mittlere Dringlichkeit attestierte die Gruppe zudem der Gesetzgebung zu Haftungsfragen, der Regulierung der Zulassung von automatisierten Fahrzeugen sowie der Forschung zu Nachhaltigkeit und Rebound-Effekten. Letztere sei besonders wichtig, falls man Szenario 2 («Neue Angebote in Städten und Agglomerationen») oder Szenario 3 («Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr») verfolgen möchte, weil in anderen Ländern das Mobilitätssystem nicht so stark integriert und auf verschiedene Verkehrsmittel abgestimmt ist wie in der Schweiz.

Als etwas weniger wichtig, aber als dringlich bewerteten die Stakeholder die Regulierung der Zulassung von automatisierten Fahrzeugen im Mischverkehr, dies unter der Voraussetzung, dass gleiche Geschwindigkeiten für alle Verkehrsteilnehmenden gelten: am Anfang niedrige Geschwindigkeit, dann im Gleichschritt mit den Fähigkeiten automatisierter Fahrzeuge im Mischverkehr höhere Geschwindigkeiten. Auch Restriktionen beziehungsweise Privilegien für automatisierte Fahrzeuge wurden als weniger wichtig, aber dringlich eingeschätzt. Diese seien ein gutes Instrument in der Anfangsphase der Marktdurchdringung; mittelfristig sei allerdings ein verkehrsträgerübergreifendes Mobility-Pricing vorzuziehen.

Als eher weniger wichtig und auch nicht dringlich wurde das Monitoring von Unfällen bewertet. Ein solches Monitoring werde ohnehin «automatisch» erfolgen, so wie heute die Unfälle schon einem Monitoring unterworfen sind.

6.2.2. Ergebnisse Gruppe 2: «Verwaltung»

Drei Instrumente wurden sowohl als sehr wichtig als auch als sehr dringlich bewertet. Erstens betraf dies die gesetzliche Regelung von Haftungsfragen, wel-

che als Grundvoraussetzung für die Einführung höherer Automatisierungsstufen betrachtet wurde. Dabei wurde angemerkt, dass die Entscheide von Systemen mit künstlicher Intelligenz nicht vorhersehbar seien. Deshalb dürfe die Verantwortung für selbstfahrende Fahrzeuge nicht unbesehen nur bei der staatlichen Fahrzeuggenehmigung liegen, sondern die Fahrzeughersteller müssten ebenfalls eine dauerhafte Verantwortung übernehmen.

Zweitens sind aus Sicht der Gruppe ohne Mobility-Pricing starke Rebound-Effekte zu erwarten (Mehrverkehr, Zersiedelung, etc.). Mobility-Pricing biete Anreize zur Effizienzsteigerung und zur Minimierung von Leerfahrten. Ähnliche Wirkungen, zumindest während der Markteinführungsphase, erwartete die Gruppe von Privilegien und Restriktionen für automatisierte Fahrzeuge. Drittens sei mehr Wissen zu den Folgen von automatisierten Fahrzeugen wünschenswert, insbesondere in Hinblick auf die Festlegung von Massnahmen.

Als etwas weniger vordringlich, aber keineswegs weniger wichtig stuften die Stakeholder Anpassungen an der Personenbeförderungsgesetzgebung ein. Diese müsse insbesondere den ÖIV als Ergänzung zum ÖV zulassen, ohne dieses Feld einfach den privaten Anbietern zu überlassen. Der heutige ÖV müsse sich diesbezüglich zwingend weiterentwickeln. Grundlage für die Bewilligung von ÖIV-Angeboten könnten Mindestbesetzungsgrade über den Gesamtflottenbetrieb sein. Tiefe Tempi im Mischverkehr seien insbesondere wichtig, um die Anforderungen der Gesellschaft an die Sicherheit der automatisierten Fahrzeuge zu gewährleisten. Diesbezüglich stelle die Gesellschaft womöglich höhere Ansprüche an die Unfallsicherheit von automatisierten Fahrzeugen, als dies bei konventionellen Fahrzeugen der Fall sei. Gleichzeitig wurde betont, dass automatisierte Fahrzeuge keine Verkehrshindernisse darstellen sollten. Tiefe Geschwindigkeiten im städtischen Umfeld seien im Übrigen allgemein wünschbar, für alle Verkehrsmittel und unabhängig von der Automatisierung.

6.2.3. Ergebnisse Gruppe 3: «Politik»

In der Diskussion kristallisierten sich zwei Meinungspole heraus. Eine Seite befürwortete eine möglichst zurückhaltende, die andere Seite eine bewusst proaktive Regulierungsstrategie. Auf der einen Seite wurde argumentiert, dass Regulierung in erster Linie einen sicheren Betrieb von selbstfahrenden Autos gewährleisten müsse. Weiterführende Instrumente, welche über Fragen der Sicherheit hinausgehen, seien hingegen nur mit grösster Vorsicht zu ergreifen.

Sie sollten nicht voreilend eingeführt werden, sondern erst dann, wenn dies aufgrund bestimmter Entwicklungen notwendig werde. Als wichtig wurde demzufolge am ehesten das Systemmonitoring von Unfällen und kritischen Situationen gesehen, während die Privilegien bzw. Restriktionen für selbstfahrende Autos und die Einführung eines lenkenden Mobility-Pricing als nicht wichtig und nicht dringlich gesehen wurden. Viel eher wurde bezogen auf diese Instrumente die Befürchtung geäußert, dass sie die Entwicklung selbstfahrender Autos behindern könnten.

Als Gegenpol zu dieser Sichtweise wurde die Meinung vertreten, dass auch über die Sicherheitsfragen hinaus weitere Massnahmen notwendig seien, welche allfällige negative Auswirkungen von selbstfahrenden Fahrzeugen frühzeitig minimieren. Dabei wurde für eine vorausschauende Politik plädiert, welche bereits von Anfang an mittels gezielter Massnahmen unerwünschte Wirkungen wie Leerfahrten einzudämmen versucht. Hierfür wurden in Instrumenten wie Mobility-Pricing oder der Einführung von Privilegien resp. Restriktionen durchaus Potenziale gesehen.

Die divergierenden Meinungen verdeutlichten sich beim Blick auf die konkreten Beurteilungen der einzelnen Instrumente hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und Dringlichkeit. Keines der sieben Instrumente wurde von allen Diskussionsteilnehmenden als dringlich erachtet; drei Instrumente wurden gar von drei der vier Diskussionsteilnehmenden als nicht dringlich taxiert. Die höchste Wichtigkeit wurde dem Monitoring von Unfällen und kritischen Situationen zugesprochen. Ebenfalls als wichtig wurden die Anpassung des Personenbeförderungsgesetzes und der entsprechenden Verordnung sowie die Berücksichtigung von Rebound-Effekten in der Forschung gesehen. Die restlichen Instrumente wurden klar kontroverser diskutiert und entsprechend – je nach Meinungspol – als wichtig oder nicht wichtig eingestuft.

6.2.4. Ergebnisse Gruppe 4: «Verbände»

In der Gruppe mit Verbandsvertretern wurde zu Beginn die Frage aufgeworfen, ob zuerst ein Konsens bezüglich der mit dem automatisierten Fahren verbundenen politischen Ziele zu schaffen sei, bevor eine Priorisierung von Instrumenten Sinn mache. Diese Ziele wurden mehrheitlich in einer höheren Effizienz des Verkehrsablaufs gesehen. Darüber hinaus betonten zwei Diskussionsteilnehmende jedoch, dass automatisiertes Fahren auch einen Beitrag zur

Nachhaltigkeit der Mobilität zu leisten habe und dass es diesbezüglich vor allem im Bereich der Flächeneffizienz offene Fragen gäbe.

Im Bewusstsein, dass ein Konsens zu den politischen Zielen noch nicht besteht, dass aber ein Diskurs über Regulationsoptionen trotzdem schon heute Sinn macht, wurde danach über die verschiedenen vorgelegten Instrumente diskutiert. Einigkeit bestand darüber, dass der Anpassung von Gesetzen bezüglich Haftungsfragen die höchste Dringlichkeit und Wichtigkeit zukomme, damit die privaten Akteure die notwendige Planungssicherheit hätten.

Eher als wichtig und dringlich bewertet wurde das Instrument 5 «Mobility-Pricing: Lenkung», weil mit der Regulierung des automatisierten Fahrens der Idee eines Mobility-Pricing womöglich neues Leben eingehaucht werde und endlich die nötige politische Akzeptanz erreicht werden könnte. Wenig Konsens bestand bei der Beurteilung eines Systemmonitorings und bei der Forschung und Entwicklung.

Relativ einhellig als weniger wichtig und dringlich bewertet wurden tiefe Geschwindigkeiten für automatisierte Fahrzeuge in Mischverkehrszonen. Die Diskussionsteilnehmenden argumentierten, dass das automatisierte Fahren zuerst auf Autobahnen kommen werde und in Mischverkehrszonen noch in weiter Ferne sei. Die Dringlichkeit und Wichtigkeit von Privilegien und Restriktionen für automatisierte Fahrzeuge und der Überarbeitung der Personenverkehrsgesetzgebung wurde mit einem relativen hohen Konsens als mittel eingestuft.

6.2.5. Überblick über alle Diskussionsgruppen

Abbildung 13 zeigt im Überblick, wie die sieben Instrumente hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und Dringlichkeit von den vier Diskussionsgruppen beurteilt wurden. Zudem wird aufgeführt, bei welchen Instrumenten Konsens herrschte resp. welche Massnahmen umstritten waren.

		<u>Dringlichkeit</u>		
		<i>tief</i>	<i>umstritten</i>	<i>hoch</i>
<u>Wichtigkeit</u>	<i>hoch</i>	(6) Systemmonitoring: Unfälle und kritische Situationen	(7) F&E: Rebound-Effekte und Nachhaltigkeit	(4) Überarbeitung Personenbeförderungsgesetz/Verordnung (2) Anpassung von Gesetzen bezüglich Haftungsfragen
	<i>umstritten</i>		(3) Privilegien/Restriktionen für selbstfahrende Autos (5) Mobility Pricing: Lenkung	
	<i>tief</i>	(1) Niedrige Geschwindigkeiten in Mischzonen		

Abb. 13: Beurteilung der sieben Instrumente nach Wichtigkeit und Dringlichkeit

Die gesetzliche Klärung von Haftungsfragen, die Überarbeitung des Personenbeförderungsgesetzes und dessen Verordnung, das Systemmonitoring sowie die Berücksichtigung von Rebound-Effekten und Nachhaltigkeit in Forschung und Entwicklung wurden von praktisch allen Diskussionsteilnehmenden als wichtig eingestuft. Uneins waren sich die Diskussionsteilnehmenden bei den folgenden zwei Instrumenten: Privilegien bzw. Restriktionen für selbstfahrende Autos und ein Mobility-Pricing zur Lenkung. Als unwichtig stufte die Mehrheit der Diskussionsteilnehmenden die niedrige Geschwindigkeit in Mischverkehrszonen ein.

Derzeit wird einzig die Anpassung von Gesetzen bezüglich Haftungsfragen sowie die Überarbeitung des Personenbeförderungsgesetzes sowie dessen Verordnung von einer Mehrheit der Diskussionsteilnehmenden als dringlich eingestuft. Bezüglich der niedrigen Geschwindigkeiten in Mischverkehrszonen und dem Systemmonitoring herrschte praktisch Einigkeit, dass diese beiden Instrumente derzeit nicht dringlich sind. Unterschiedlich hoch wurde die Dringlichkeit für die

Privilegien bzw. Restriktionen für selbstfahrende Autos, das Mobility-Pricing und die Berücksichtigung von Rebound-Effekten und Nachhaltigkeit bei Forschung und Entwicklung eingestuft.

6.3. Rollenverteilung zwischen Wirtschaft und Verwaltung

In der zweiten Diskussionsrunde wurde die Frage zur Rollenverteilung zwischen der Wirtschaft und den verschiedenen föderalen Staatsebenen besprochen. Insgesamt wurde in den verschiedenen Diskussionsgruppen wenig Bedarf gesehen, von der bestehenden Ausprägung der Zusammenarbeit abzuweichen: Die Zulassung von Fahrzeugen ist bundes- bzw. europarechtlich geregelt, die Verkehrspolitik und -planung ist meist ein Zusammenspiel von Städten/Gemeinden, Agglomerationen/Regionen und Kantonen. Unbestritten war, dass der Bund für den gesetzgeberischen Rahmen und die Kantone für die Konkretisierung zuständig sind. Das ASTRA ist als federführendes Amt zuständig für die Fragen der Fahrzeugzulassung. Das BAV ist zuständig, wenn es um Anpassungen des Personenbeförderungsgesetzes geht. Das BFE fokussiert in der Thematik der selbstfahrenden Autos auf die Auswirkungen dieser Fahrzeuge auf die Ziele der Energie- und Klimapolitik. Und nicht zuletzt wurde auf die Bedeutung des ARE hinsichtlich der Abstimmung von Raum und Verkehr resp. der Gesamtverkehrskoordination verwiesen.

Weiter wurde in der Diskussion auch die Bedeutung der internationalen Vernetzung betont, wozu ebenfalls in erster Linie die Bundesebene in der Verantwortung gesehen wird.

Ausgehend von der heutigen Istsituation wurden verschiedene Herausforderungen für die zukünftige Rollenverteilung diskutiert. Nachfolgend werden diese separiert nach den einzelnen Akteuren wiedergegeben.

6.3.1. Rolle des Bundes

Gemäss den Diskussionsteilnehmenden sind die Bundesbehörden derzeit noch zu stark in ihrer klassischen Rolle als «Regulatoren» verhaftet. In Zukunft sollten sie jedoch verstärkt als «Enabler» agieren, welche die Rahmenbedingun-

gen so setzen, dass innovative Entwicklungen ermöglicht und nicht behindert werden. Ein aktuelles Problem wurde darin gesehen, dass die konzessionierten Transportunternehmen (KTU) im subventionierten Bereich keine Gewinne erwirtschaften dürfen und damit keine Vorinvestitionen in neue Mobilitätsangebote tätigen können.

In organisatorischer Hinsicht wäre auf Bundesebene eine Art single entry point gewünscht, welcher für eine horizontale (zwischen Bundesämtern) wie auch vertikale Koordination (zwischen föderalen Ebenen) sorgt und so den administrativen Aufwand für Antragsteller vermindert. Ein erster Ansatz liegt derzeit mit der Koordinationsstelle für nachhaltige Mobilität (KOMO) bereits vor. Allerdings deckt diese Koordinationsstelle erst die Finanzierung von Pilotprojekten ab. Wichtig wären institutionelle Gefässe, welche das Bestehen von erfolgreichen Innovationen über die Phase der Anschubfinanzierung hinaus auch mittel- und langfristig sicherstellen.

Allgemein wurde trotz der geforderten starken Rolle des Bundes stets gemahnt, den föderalen Kontext der Schweiz zu berücksichtigen. So wurde diskutiert, dass der Bund zwar selber verkehrspolitische Ziele zum automatisierten Fahren formulieren soll, gleichzeitig aber mit der nationalen Gesetzgebung eine Art Toolbox von Instrumenten bereithalten kann, die die Kantone gemäss ihren Zielen auswählen und anwenden können. In einer Gruppe wurde darauf hingewiesen, dass die Automobilwirtschaft schon vor vier Jahren auf den Bund zugegangen sei und eine proaktive Regulation von wichtigen Aspekten des automatisierten Fahrens angeregt habe. Das ASTRA habe den Ball aufgenommen und einen entsprechenden Prozess gestartet. In diesem Zusammenhang wurde der Vorstoss auf Bundesebene «Digitalisierung. Weg frei für automatisierte und selbstfahrende Fahrzeuge» (Motion Thierry Burkart 17.3049) erwähnt, welcher wie andere politische Vorstösse von anderen Parteien problemlos angenommen wurde. Insofern scheint zumindest im eidgenössischen Parlament eine grundsätzlich hohe Akzeptanz des automatisierten Fahrens zu bestehen.

6.3.2. Rolle der Kantone, Städte und Gemeinden

Im Hinblick auf die Kantone und Gemeinden resp. Städte wurden gewisse Handlungsspielräume beim ÖV-Bestellverfahren gesehen. Bei Mobilitätsangeboten übernimmt die öffentliche Hand nicht nur die Aufgaben zur Marktregulation und Finanzierung, sondern ist auch noch Eignerin von Mobilitätsanbietern.

Gerade die Kantone als Betreiber von Verkehrs- und Tarifverbänden sowie Städte als Eignerinnen städtischer Verkehrsbetriebe brauchen deshalb zwingend eine Eignerstrategie.

Bezüglich der Regulierung für den ÖIV im Übergangsbereich von MIV und ÖV gab es unterschiedliche Positionen, welche Strategie zweckmässig sei. Ein Diskussionsteilnehmer stellte die These auf, dass sich mit dem ÖIV an den heutigen Rollen von Bestellern und Betreibern wenig ändere und dass keine grundlegenden gesetzlichen Anpassungen notwendig seien. Dem stand die Position gegenüber, dass zahlreiche Inhalte des Personenbeförderungsgesetzes On-demand-Angebote verhindern und das Gesetz weitgehend zu überarbeiten sei. Die ÖV-Bestellungen würden heute nur einen Teil der Kundenbedürfnisse abdecken. Letztlich müsse die Politik entscheiden, ob sie eine Weiterentwicklung des ÖV und einen Markteintritt des ÖIV zulasse.

Schliesslich wurde in einer Diskussionsgruppe die kantonale Motorfahrzeugsteuer diskutiert. Diese könnte infrage gestellt werden, wenn grosse MaaS-Flottenbetreiber alle Fahrzeuge in Niedrigsteuernkantonen einlösen würden. Allenfalls sind hier übergeordnete Ansätze (Ebene Bund oder Kantonskonkordat) gefragt.

6.3.3. Rolle der Unternehmen

Die Rolle der Unternehmen wurde grundsätzlich darin gesehen, neue Märkte zu erschliessen und innovative Entwicklungen voranzutreiben. Am Beispiel der ASTAG wurde jedoch auch deutlich, dass die Positionen der Wirtschaft noch nicht überall geklärt sind. Der Vertreter des ASTAG wies darauf hin, dass für die Logistikbranche noch zu wenig geklärt sei, wo die Vorteile des automatisierten Fahrens liegen: Ist es überhaupt sinnvoll, in Zukunft nur noch führerlose Fahrzeuge zu haben, oder braucht es doch noch Chauffeure, beispielsweise beim direkten Kundenkontakt oder der Unterstützung bei der Beladung und Entladung der Fahrzeuge?

Die Diskussion zeigte, dass das Handling des technologischen Wandels in einem überaus dynamischen Umfeld als sehr herausfordernd betrachtet wird und nur in einer kontinuierlichen Kooperation zwischen Wirtschaft und Verwaltung bewältigt werden kann.

6.4. Vorreiterrolle der Schweiz

In der dritten und letzten Gruppendiskussion stand die Frage nach einer Vorreiterrolle der Schweiz im Vordergrund. Die Voten reichten von einem moderaten «Ja, soweit als möglich» bis hin zu einem entschlossenen «Ja, unbedingt!». In der Mehrheit kristallisierte sich jedoch folgende Grundhaltung heraus: Die Schweiz soll eine Vorreiterrolle einnehmen bei der Integration neuer Angebote in das bestehende Mobilitätssystem, ohne grössere Nachteile (namentlich Mehrverkehr und abnehmende Flächeneffizienz) in Kauf zu nehmen. Dabei soll sie weder im Sinne eines anything goes auf jegliche Regulierung verzichten noch über Totalverbote die Innovation verhindern, sondern z.B. über Sondergenehmigungen und Konzessionen versuchen, die Innovation aufseiten der Angebote zu fördern, und dafür mit Regulationen eher eine Follower-Strategie verfolgen. Dies entspreche auch der institutionell bedingten regulatorischen Langsamkeit der Schweiz.

Über alle Diskussionsgruppen hinweg wurden verschiedene Stärken des derzeitigen Mobilitätssystems in der Schweiz diskutiert, auf welchen aufbauend innovative Angebote entwickelt werden können. Erstens und allen voran wurde das starke ÖV-System in der Schweiz hervorgehoben. Hier, so der Konsens in den Diskussionsgruppen, könne man an Bestehendem anknüpfen und innovative Lösungen vorantreiben. Gerade das flächendeckende Angebot bis in die Randregionen biete breite Möglichkeiten zum Austesten und Experimentieren. Das Modell des ÖV dürfte in Zukunft grossen Veränderungen unterstellt sein und neue Formen resp. Mischformen könnten in der Schweiz auf besonders fruchtbaren Boden treffen.

Zweitens eignet sich die Schweiz bestens als Innovationslabor, weil sie weder zu klein noch zu gross ist und industriepolitisch mehr Freiheitsgrade habe als Länder mit einer Automobilindustrie. Die Schweiz stehe finanziell gut da, verfüge über einen hohen Infrastrukturstandard und die grosse volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrs wird anerkannt. Dies wurde als wichtige Voraussetzung gesehen, um eine Vorreiterrolle überhaupt erst einnehmen zu können.

In diesem Zusammenhang wurde drittens auch auf die bereits grossen Errungenschaften in der Schweizer Forschungslandschaft verwiesen. Auch in Zukunft können Schweizer Universitäten und Hochschulen wichtige Impulse für die Entwicklung selbstfahrender Autos geben.

Schliesslich wies viertens ein Diskussionsteilnehmer auch darauf hin, dass es besonders im Güterverkehr ökonomische Anreize für innovative Entwicklungen im Bereich Automatisierung gebe. Die Reduktion von Transportkosten sei ein effektiver Anreiz für Innovationen, der auch in der Schweiz zu einer positiven Dynamik beitragen könne.

Trotz dieser optimistischen Aussichten wurden auch Herausforderungen ausgemacht, denen sich die Schweiz gegenübersteht. Erstens wurde ein Nachteil darin gesehen, dass die Schweiz über keine eigene Autoindustrie verfügt. Dies, so wurde von vereinzelt diskutierenden Teilnehmenden erläutert, habe bereits in der Vergangenheit dazu geführt, dass gewisse innovativen Projekte nicht vorangetrieben wurden, da notwendige Kooperationen mit internationalen Industriepartnern aufgrund der Kleinheit des Schweizer Markts nicht zustande kamen (z.B. Projekt für Platooning bei Nutzfahrzeugen). Zweitens bringen die hohen Lohnkosten in der Schweiz die Herausforderung mit sich, dass die Produktion von innovativen Technologien kaum im Inland behalten werden kann. Drittens wurde in der Schweiz eine gewisse Tendenz zur Risikoaversion gesehen, welche innovative Entwicklungen behindern kann. Schliesslich wurde viertens die Wichtigkeit von Rechtssicherheit und Investitionsschutz betont, wenn man sicherstellen möchte, dass aus Pilotprojekten nachhaltige Innovationen werden. Dies kann man aber sicherstellen, indem die Fragen der Haftung (vgl. Diskussionsrunde 1) prioritär angegangen werden.

6.5. Fazit

Insgesamt stellten die Stakeholder nicht infrage, dass sich das automatisierte Fahren – im Sinne von mindestens SAE-Stufe 4 – auch in der Schweiz früher oder später durchsetzen werde. Dass es schon heute wichtig und dringlich ist, einen gesellschaftlichen und politischen Diskurs über Regulierungsoptionen zu führen, wurde ebenfalls allgemein befürwortet. Der Stellenwert des automatisierten Fahrens für unser Mobilitätssystem wurde allgemein als hoch eingeschätzt. Diese Einschätzung beruht vor allem auf erwarteten Effizienzgewinnen. Es wurde aber ebenfalls deutlich, dass automatisiertes Fahren auch einen Beitrag zur Nachhaltigkeit des Verkehrs allgemein leisten kann und leisten soll.

Verschiedene Stakeholder wiesen allerdings darauf hin, dass es wünschbar wäre, sich zuerst über die mit dem automatisierten Fahren in der Schweiz anzustrebenden Ziele zu verständigen, bevor Regulierungsfragen beantwortet werden. Die Diskussion zeigte aber erstens, dass in wichtigen Aspekten wohl durchaus schon Konsens besteht, beispielsweise darin, dass das Grundprinzip des schweizerischen Mobilitätssystems mit dem hohen Anteil an Multimodalität und qualitativ guten Angeboten für alle Verkehrsmittel grundsätzlich erhaltenswert sei. Zweitens wurde betont, dass der Ziel- und Regulierungsdiskurs als ein sich gegenseitig befruchtender Prozess verstanden werden müsse, der im politischen System der Schweiz relativ viel Zeit brauche und auch deshalb als dringlich gelten könne.

Keine Einigkeit bestand jedoch bezüglich der thematischen Breite dieses Regulierungsdiskurses. Eine Position argumentierte für eine zurückhaltende Regulierung, welche vor allem darin bestehen solle, bestehende Hindernisse für das automatisierte Fahren in der Gesetzgebung zu beseitigen und Innovationen in diesem Bereich nicht zu bremsen. Aus dieser Sicht sollte nicht versucht werden, vermutete negative Begleiterscheinungen des automatisierten Fahrens im Voraus regulativ zu minimieren, weil befürchtet wurde, damit zu viele Barrieren zu schaffen und die positiven Potenziale des technologischen Wandels nicht ausschöpfen zu können. Negative Auswirkungen sind aus dieser Sicht erst dann zu regulieren, wenn sie auch wirklich auftreten.

Im Gegensatz dazu betonten andere Stakeholder die Vorteile einer proaktiven Regulierung. Sie argumentierten, dass es besser sei, vermutete Fehlentwicklungen gar nicht erst zuzulassen, damit die Innovation in die richtigen Bahnen gelenkt werden könnten und die bestehenden Stärken des schweizerischen Mobilitätssystems gewahrt bleiben. Im Hintergrund stand dabei der Gedanke, dass eine starke Individualisierung des Verkehrs in Kombination mit dem automatisierten Fahren (im Sinne von Szenario 1 «Stark individualisierte Nutzung», beispielsweise eine starke Zunahme von Leerfahrten in den urbanen Kernen) für die Schweiz wenig Sinn habe. Zudem könne mit einer proaktiven Regulierung auch die gesellschaftliche Akzeptanz des automatisierten Fahrens erhöht werden.

Diese beiden Positionen beeinflussten selbstredend auch die Beurteilung von Wichtigkeit und Dringlichkeit der sieben diskutierten Instrumente. Als besonders wichtig angesehen wurden gesetzliche Anpassungen in den Bereichen Haftung und Zulassung. Diese sollten insbesondere auch den Besonderheiten von neuen Angeboten im Schnittpunkt von individuellem und kollektivem Verkehr Rechnung

tragen. Hohe Wichtigkeit wurde auch der ex ante Forschung zu den Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Nachhaltigkeit des schweizerischen Mobilitätssystems beigemessen, deren Dringlichkeit hingegen wurde unterschiedlich beurteilt.

Die geringste Dringlichkeit und Wichtigkeit sahen die Stakeholder – mit einigen Ausnahmen – bei der Regulierung des automatisierten Fahrens im Mischverkehr. Einerseits wurde betont, dass das automatisierte Fahren sowieso zuerst auf Autobahnen komme. Andererseits kritisierten einige Stakeholder die Ausrichtung des vorgeschlagenen Instruments, welches auf tieferen Geschwindigkeitsniveaus in Mischverkehrsgebieten fokussierte. Diesbezüglich zeigte sich die grösste Divergenz zu den Experten im Workshop, der drei Monate vorher stattgefunden hatte. Während die Experten mehrheitlich klar der Meinung waren, dass der Mischverkehr auch in Zukunft ein erstrebenswertes Ziel sein soll, konnte bei den Stakeholdern kein solcher Konsens festgestellt werden.

Die drei weiteren Instrumente betrafen ein auf das automatisierte Fahren ausgeichtetes Mobility-Pricing, die Einführung von lenkenden Privilegien und Restriktionen für automatisierte Fahrzeuge sowie ein Monitoring von Unfällen. Die Beurteilung dieser Instrumente durch die Stakeholder wies eine starke Streuung auf.

Bezüglich der Rollenverteilung zwischen den verschiedenen Verwaltungsebenen und der Wirtschaft sahen die Stakeholder mehrheitlich wenig Bedarf, von der bestehenden Ausprägung der Zusammenarbeit abzuweichen. Dies heisst, dass in der frühen Phase der Regulierung dem Bund eine Schlüsselrolle zukommt. Dies gilt unabhängig davon, ob eine eher zurückhaltende oder eine eher proaktive Regulierungsstrategie bevorzugt wird. Es bedeutet aber nicht, dass den Kantonen und Gemeinden aus Sicht der Stakeholder keine wichtige Rolle bei der Einführung des automatisierten Fahrens zukommt. Denn als Besteller von ÖV-Leistungen könnten diese gerade im Bereich neuer Angebote eine lenkende Funktion einnehmen; dies nicht zuletzt auch im Rahmen von Pilotprojekten, denen viele Stakeholder eine hohe Bedeutung attestierten.

Eine Herausforderung bezüglich Rollenverteilung sahen viele Stakeholder bei der Forschung und Entwicklung durch die KTU. Diese wird einerseits als wichtige praxisnahe Ergänzung der Forschung an den Hochschulen angesehen, andererseits fehlen den KTU aber die Finanzierungsmöglichkeiten, weil sie im subventionierten Bereich keine Gewinne erzielen dürfen. Hier solle sich der Bund nicht nur als Regulator, sondern vermehrt auch als «Enabler» definieren. In diesem Zusammenhang wurde erstens die Notwendigkeit einer Eignerstrategie der öf-

fentlichen Hand betont, welche über ihre Rolle als Regulator, Finanzierer und Infrastrukturbetreiber hinausgeht. Zweitens wurde seitens der KTU in Bezug auf innovative Mobilitätsservices und Pilotprojekte eine vereinfachte Bewilligungspraxis über alle Staatsebenen hinweg gewünscht.

Bei der Vorreiterrolle der Schweiz sei auf der einen Seite klar, dass sich die Schweiz ohne eigene Automobilindustrie nicht zum eigentlichen Innovationshub für das automatisierte Fahren entwickeln könne. Zudem sei unser politisches System bei der Adoption von Innovationen eher gründlich als schnell. Auf der anderen Seite könne die Schweiz bei der Integration der neuen Angebote in ein bereits attraktives Mobilitätssystem durchaus führend sein und gewisse Alleinstellungsmerkmale aufweisen. Als positiv beurteilt wurden die Innovationsfreundlichkeit und Investitionsbereitschaft von Bevölkerung und Politik im Bereich des Verkehrs sowie die Leistungsfähigkeit unseres Bildungs- und Forschungssektors.

7. Schlussfolgerungen

Das Thema der selbstfahrenden Fahrzeuge wurde in der vorliegenden Studie aus verschiedenen Blickwinkeln aufgearbeitet. Zuerst wurden der aktuelle Stand des Wissens, die relevantesten Aspekte aus dem In- und Ausland sowie Begriffe und Zusammenhänge beschrieben. In den Factsheets wird auf den Handlungsspielraum der Schweiz bei verschiedenen Aspekten verwiesen. Basierend darauf wurden drei Nutzungsszenarien definiert, die aufzeigen, in welcher Art das automatisierte und vernetzte Fahren in der Schweiz künftig eingesetzt werden könnte. Dies war notwendig, weil es keine zuverlässigen Prognosen gibt, wann, wie stark und wie sich entsprechende Fahrzeuge verbreiten werden – weder für die Schweiz noch für andere Länder. Das Ziel der Szenarien war deren Diskussion sowohl mit Laien als auch mit Experten und weiteren Stakeholdern. Entsprechend wurden die Szenarien im Detail definiert und beschrieben (siehe Anhang), für die Präsentation und Diskussion aber vereinfacht dargestellt, unter anderem aus einer Nutzerperspektive und mit eingängigen Bildern. Es ging dabei nicht um die Abbildung von allfälligen extremen Entwicklungen, sondern um das Aufzeigen einer realistischen Bandbreite für die Schweiz. Für alle drei Szenarien wurden die Auswirkungen auf verschiedene Aspekte des Verkehrssystems sowie die Umwelt und den Ressourcenverbrauch grob abgeschätzt.

Abschnitt 7.1. fasst die Erkenntnisse aus den Diskussionen mit den Studienbeteiligten (Laien, Experten und Akteure) zusammen. Basierend darauf werden im Abschnitt 7.2. die Forschungsfragen beantwortet. Darüber hinaus sind in Abschnitt 7.3. wichtige weitere Erkenntnisse dokumentiert, die sich v.a. aus der fachlichen Auseinandersetzung mit dem Thema und der zur Verfügung stehenden Literatur ergeben.

7.1. Sicht von Laien, Experten und Stakeholdern

Die Szenarien wurden in drei Fokusgruppen mit Vertretern und Vertreterinnen der Zivilgesellschaft diskutiert, die keinen konkreten Bezug zum Thema hatten. Es stellte sich heraus, dass ein grosses Interesse an der Auseinandersetzung

mit Chancen und Risiken des automatisierten Fahrens vorhanden ist, dass die persönlichen Meinungen insgesamt aber noch wenig verfestigt sind. Die Laien sehen sowohl Vorteile wie mehr Bequemlichkeit und Komfort oder den Sicherheitsgewinn, erkennen aber durchaus auch Risiken, v.a. bezüglich Mehrverkehr und Zersiedelung sowie bezüglich der Sicherheit im umfassenden Sinne (Schutz vor Hackerangriffen, Verlässlichkeit und Zuverlässigkeit der technischen Systeme etc.).

Die Erkenntnisse der Fokusgruppen lassen darauf schliessen, dass der Dialog mit der Gesellschaft gesucht und intensiviert werden muss. Es ist noch viel Halbwissen vorhanden, das mit den entsprechenden Informationen resp. Studienergebnissen zu einem umfassenden Wissen geschärft werden kann. Die grössten Meinungsunterschiede wurden bei der Rolle des Staates ersichtlich – und damit genau bei einer zentralen Frage der vorliegenden Studie: Ein Teil der Gruppen plädierte für starke Staatseingriffe, eine andere eher für eine Laisser-faire-Politik. Für die Teilnehmenden der Fokusgruppen war klar, dass die Definition von Regeln für das automatisierte Fahren nicht alleine durch Fachleute bestimmt werden kann – unabhängig davon, ob sich die Teilnehmenden eher für «viel Staat» oder «wenig Staat» aussprachen.

Bei der anschliessenden Diskussion mit den Experten stand weniger die Frage zur Debatte, wer allfällige Regulierungen bestimmt, sondern eher, welche Wirkungen diese entfalten sollen und zu welchem Zeitpunkt die Massnahmen umgesetzt werden müssen. Im Gegensatz zu einzelnen Laien waren sich die Experten einig, dass das automatisierte Fahren früher oder später kommt, unser Mobilitätssystem verändern wird und dass «Laisser-faire» eine unvorteilhafte Strategie wäre. Die Experten und auch die schweizerische Fachliteratur gehen davon aus, dass das automatisierte Fahren, so wie es heute weltweit von den führenden Akteuren gedacht wird, in erster Linie zu mehr Individualverkehr und zu einem deutlichen Rückgang des ÖV führen wird. Es herrschte daher Konsens, dass es bereits kurzfristig Massnahmen braucht, um die Automatisierung und Vernetzung in die für die Schweiz gewünschten Bahnen zu lenken und insbesondere den kollektiven Verkehr zu stärken.

Diese betreffen v.a. Zulassungs- und Haftungsfragen und sind zunächst unabhängig vom angestrebten Szenario. Die Experten schlugen aber mittel- und langfristig auch Regulierungen vor, die den kollektiven Verkehr gegenüber dem individuellen Verkehr bevorzugen und die Mobilität künftig verursachergerechter finanzieren, um die starke Stellung des ÖV in der Schweiz halten und die

Effizienz des Verkehrssystems gewährleisten zu können. Mobility-Pricing ist, obwohl inhaltlich nicht zwingend mit selbstfahrenden Autos verknüpft, für alle befragten Experten ein denkbarer Weg, um die Einführung von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen zu begleiten, unabhängig von einer individuellen oder kollektiven Nutzung. Sie sehen die Verbreitung automatisierter Fahrzeuge auch als Anlass, das Thema Mobility-Pricing weiterzutreiben. In der Zuständigkeit sehen sie diesbezüglich den Bund. Als problematisch wurde allerdings erkannt, dass es auf nationaler Ebene keine expliziten normativen Zielvorstellungen zur Mobilität gäbe, an welcher sich die längerfristigen Regulierungen ausrichten können. Am stärksten uneinig waren sich die Experten ebenfalls bei der Frage, wie weit der Staat in die persönlichen Mobilitätsentscheide eingreifen soll, wobei die Bandbreite der Meinungen deutlich weniger breit war als in den Fokusgruppen.

In einem dritten Schritt wurden die von den Experten vorgeschlagenen wichtigsten Regulierungsansätze mit Stakeholdern aus Wirtschaft, Verwaltung, Politik und Verbänden diskutiert. Die Stakeholder stellten nicht infrage, dass sich das automatisierte Fahren in der Schweiz früher oder später durchsetzen wird und dass es schon heute wichtig und dringlich ist, einen gesellschaftlichen und politischen Diskurs über Regulierungsoptionen zu führen. Der Stellenwert des automatisierten Fahrens für unser Mobilitätssystem wurde ebenfalls als hoch eingeschätzt. Verschiedene Stakeholder wiesen wie die Experten darauf hin, dass es wünschbar wäre, sich zuerst über die mit dem automatisierten Fahren in der Schweiz anzustrebenden Ziele zu verständigen, bevor Regulierungsfragen beantwortet werden.

Die Diskussion zeigte aber auch, dass in wichtigen Aspekten wohl durchaus schon ein impliziter Konsens besteht, beispielsweise darin, dass das Grundprinzip des schweizerischen Mobilitätssystems mit der bedeutenden Rolle des ÖV grundsätzlich erhaltenswert sei. Auch Zufussgehende und Velofahrende sollen weiterhin Platz finden im Verkehrsraum, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten. Zudem soll das Gesamtverkehrssystem umwelt- und klimaverträglich sein. Ähnlich hatten sich auch bereits die Experten geäußert. Die Meinungen der Stakeholder gingen ebenfalls v.a. bei der Frage auseinander, wie aktiv sich der Staat einbringen muss. Die einen befürworteten einen zurückhaltenden Staat, der primär für tiefe Hürden sorgt, und andere eher ein proaktives Handeln, welches Fehlentwicklungen gar nicht erst ermöglicht.

In der zentralen Frage der Studie nach der Rolle des Staates gab es also in allen Gruppen ähnliche Meinungsunterschiede, wobei diese bei den Experten am kleinsten und bei den Laien am ausgeprägtesten waren. Diese Frage wird die Gesellschaft und die Politik vermutlich auch weiterhin stark beschäftigen, wie das auch in anderen Politikbereichen der Fall ist.

Aus den Diskussionen mit den Fokusgruppen konnten durchaus neue Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Erwartung der Menschen, dass selbstfahrende Fahrzeuge eine niedrigere Fehlerquote (und damit einen höheren Sicherheitsstandard) aufweisen als Fahrerinnen und Fahrer, wurde in der für diese Studie ausgewerteten Literatur bisher nicht berücksichtigt. Es ist anzunehmen, dass diese strengere Erwartungshaltung damit zu tun hat, dass man Maschinen im Gegensatz zu Menschen nicht verzeihen kann.
- Auch die kritisch eingeschätzte zunehmende Abgabe der Verantwortung an technische Systeme wurde in der schweizerischen Literatur bisher nicht behandelt.
- Vermutlich in Analogie zur Frage nach der Stärke des staatlichen Eingriffs gingen die Meinungen auch weit auseinander darüber, wer Daten sammeln darf und soll. Bisher schien klar zu sein, dass diese Rolle lieber dem Staat zugedacht wird, da das Missbrauchspotenzial geringer schien. Es gab aber durchaus auch eine Minderheit mit einer starken Präferenz der Datenverarbeitung durch private Unternehmen, evtl. verbunden mit der Möglichkeit, seine Daten zu verkaufen.
- Neue, bisher nicht beschriebene Chancen hingegen wurden im Rahmen der Fokusgruppen keine erkannt.

Die von den Experten und Stakeholdern hervorgebrachten Argumente und Anliegen hingegen waren aus früheren Studien resp. fachlichen und politischen Diskussionen bereits bekannt. Dies heisst aber nicht, dass der Handlungsbedarf in den von ihnen hervorgebrachten Punkten weniger wichtig oder dringlich ist.

7.2. Beantwortung der Forschungsfragen

In den folgenden Abschnitten werden die von TA-SWISS gestellten Forschungsfragen auf Basis der ausgewerteten Literatur, aber auch der Inputs und Argumente der Beteiligten beantwortet. Darüber hinausgehende Erkenntnisse sind im Abschnitt 7.3. dokumentiert.

7.2.1. Chancen und Risiken, Massnahmen gegen unerwünschte Effekte

Welche Chancen und Risiken sind für die Schweiz heute absehbar? Welche Rahmenbedingungen müssen erfüllt sein, damit der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge im Personen- und Güterverkehr einen positiven Einfluss auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft hat?

Welche Massnahmen müssen ergriffen werden, um erwünschte Effekte herbeizuführen bzw. unerwünschte Effekte zu vermeiden? Müssen Regulierungen geändert oder neu erlassen werden?

Die am häufigsten dokumentierten und auch in den Diskussionen erwähnten Chancen liegen in der Vereinfachung der Mobilität. Diese ist vorerst unabhängig davon, ob sie mit einem privaten oder kollektiv genutzten Fahrzeug durchgeführt wird: Einerseits erhalten längerfristig Personen mit fehlenden oder eingeschränkten Fähigkeiten zur Führung eines Motorfahrzeugs (Jugendliche, Behinderte, Betagte) Zugang zu mehr Mobilität. Andererseits kann die Reisezeit für andere Tätigkeiten genutzt werden, wodurch die Reisekosten sinken und auch längere Wege, v.a. zum Pendeln, attraktiv werden. Dadurch wird die Erreichbarkeit von periphereren Regionen steigen. Auch für den Güterverkehr eröffnen sich grosse Potenziale: Denkbar sind gänzlich neue Konzepte einer effizienteren und damit auch wirtschaftlicheren Logistik.

Eine weitere in der Literatur dokumentierte und v.a. von Experten und Stakeholdern aufgebrachte Chance für die Schweiz ist die Nutzung des automatisierten und vernetzten Fahrens zur Weiterentwicklung des klassischen ÖV und eine noch bessere Systemintegration aller Verkehrsmittel. Der ÖV und neue private oder öffentlich Angebote im kollektiven Verkehr (ÖIV) können koordiniert einen Beitrag für eine stadtverträgliche Mobilität leisten. Aufgrund des Kostenreduktionspotenzials vollautomatisierter Fahrzeuge können Angebotserweiterungen beim herkömmlichen ÖV erfolgen und neue Angebote

(z.B. Tangentiallinien) angeboten werden. Dazu ist eine Marktordnung anzustreben, die Freiraum für private Angebote ermöglicht, gleichzeitig aber die öffentlichen Interessen wahrt.

Öffentliche resp. städtische Verkehrsbetriebe verfügen über umfangreiches Know-how in ihrem Tätigkeitsfeld. Sie sollten daher einerseits die Möglichkeit erhalten, auch neue – eventuell sogar eigenwirtschaftliche – Angebote jenseits des heutigen klassischen ÖV entsprechend Personenbeförderungsgesetz (PBG) anzubieten. Andererseits sollte aber eine klare Abgrenzung zum öffentlich bestellten Aufgabenbereich erfolgen. Hier ist auf Bundesebene zu klären, wie eine buchhalterische und/oder organisatorische Trennung der Bereiche gewährleistet werden kann. Die Herausforderung besteht darin, zu definieren, wie viele evtl. eigenwirtschaftliche Leistungen ein abgeltungsberechtigtes Unternehmen anbieten kann. Dabei ist die ganze Spannweite von klassischen, heutigen ÖV-Angeboten bis zur Bereitstellung einer Gesamtdienstleistung für Mobilität (alle Formen kollektiver und kombinierter Mobilität inkl. z.B. Veloverleih) zu prüfen.

Hier eröffnet sich für die Schweiz auch die Möglichkeit, eine Vorreiterrolle einzunehmen. Dazu notwendig sind aber eine Überarbeitung der aktuellen Gesetzgebung und mehr Freiheiten für die Transportunternehmungen.

Ebenfalls eine Chance für die Schweiz und insbesondere die dicht besiedelten Gebiete ist die Nutzung des automatisierten Fahrens für neue Liefer- und Zustellkonzepte im Güterverkehr. Ziel muss wie beim Personenverkehr die vermehrte Bündelung von Fahrten sein. Verschiedene solche neuen Anwendungen werden beispielsweise unter dem Begriff «City Logistik» bereits angedacht und auch getestet. Entsprechende Tests sind auf automatisierte Systeme bei bereits im Schweizer Markt tätigen Unternehmen auszuweiten. Von der öffentlichen Hand müssen dafür die Rahmenbedingungen so gestaltet werden, dass unerwünschte Auswirkungen wie Verkehrszunahmen oder die Verdrängung von lokalen Anbietern vermieden werden können.

Die in der (internationalen) Literatur häufig zitierte Chance einer höheren Verkehrssicherheit wird von den Fachleuten durchaus unterschiedlich eingeschätzt. Einerseits ist die Sicherheit abhängig von der Automatisierungsstufe sowie Durchdringung und von den gefahrenen Geschwindigkeiten und damit bereits abhängig von Regulierungen und andererseits eröffnen sich neue Gefährdungsbilder, die von den Akteuren grösstenteils als sehr relevant und

schwierig kontrollierbar angeschaut werden (Verlust des Einflusses des Menschen, Hackerangriffe, Systemausfälle, Interaktion Mensch–Maschine etc.).

Das grösste Risiko sehen alle Akteursgruppen in der Zunahme des Verkehrs. Insbesondere in Städten und Agglomerationen kann die Vereinfachung der Mobilität zu zusätzlichen Überlastungen und damit wieder einem Verlust der Erreichbarkeit sowie einer sinkenden Attraktivität des öffentlichen Raums führen. Was für periphere Gebiete eine grosse Chance ist, kann sich in zentraleren Gebieten negativ auswirken. Diese Erkenntnis wurde gegen Ende der vorliegenden Studie von der ETH bestätigt (SVI 2019).¹⁸ Es herrscht Einigkeit in der Literatur und zwischen den Studienbeteiligten, dass dies verhindert werden muss. Experten, Laien und Stakeholder möchten das automatisierte Fahren in der Schweiz so einführen, dass die Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft in der Summe positiv sind. Ein Konsens, auf welchem Wege dieses Ziel erreicht werden kann, konnte allerdings nicht ausgemacht werden. Für die einen ist nichts tun, abwarten was passiert und allfällige unerwünschte Wirkungen erst dann zu bekämpfen, wenn sie auftreten ein sinnvoller Ansatz. Andere möchten proaktiv (neue) Regelungen sowie eine umsetzende hoheitliche Verkehrssteuerung einführen. Gar nichts tun ist insofern für niemanden ein gangbarer Weg, weil ohne die Anpassung der Regulierung automatisierte Fahrzeuge des Levels 3 oder höher gar nicht zugelassen werden können.

7.2.2. Optionen staatlicher Steuerung

Wo gibt es für den Staat Handlungsbedarf und -optionen? Welche Entwicklungen sind durch die öffentliche Hand beeinflussbar und in welche Richtung soll es gehen? Welche Aufgaben müssen dabei die Kantone und Gemeinden übernehmen? Wie soll die Aufgabenteilung öffentliche Hand – Privatwirtschaft gestaltet werden?

Der Staat hat zahlreiche Handlungsoptionen, ein aus heutiger Sicht relevantes Set ist in der von den Experten entwickelten Toolbox beschrieben (Abschnitt 5.3.). Die meisten Instrumente betreffen den Bund und bedingen eine Abstim-

¹⁸ http://www.mobilityplatform.ch/de/shop/showitem/product/28135/?q=1650&tx_solr%5Bfilter%5D%5B0%5D=facet_212_stringM%253AAktiv&tx_solr%5Bpage%5D=0&cHash=3fd9da63d86228f68fdb753d44712832.

mung mit dem Ausland. Damit kann ein Grossteil der heute denkbaren Entwicklungen im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren beeinflusst werden. Es braucht jedoch noch einen intensiven Dialog mit der Zivilgesellschaft zur Frage, wie stark der Staat auch wirklich in die Entwicklung eingreifen soll. Ist schweizweit eine Plafonierung der Fahrleistung und damit ein stark kollektiv geprägter Verkehr erwünscht oder beschränkt sich die Regulierung darauf, allfällige Verkehrskollapse in Agglomerationen zu verhindern? Experten und Stakeholder sind sich darin einig, dass es zur Beantwortung dieser Frage normativer Zielvorgaben bedarf. Diese sind heute für die Mobilität mit dem UVEK-Orientierungsrahmen ansatzweise vorhanden, müssten idealerweise aber zusammen mit Kantonen, Regionen und Agglomerationen sowie Städten und Gemeinden noch konkretisiert werden. Dabei sind auch Zielkonflikte und Synergien mit Vorgaben aus anderen Politikbereichen (z.B. Energiestrategie oder Digitalisierungsstrategie) zu thematisieren. Da solche Prozesse im politischen System der Schweiz lange dauern, soll nach Aussage der Stakeholder mit Vorgaben für das automatisierte Fahren aber nicht zugewartet werden, bis auf allen Ebenen abgestimmte Ziele vorliegen, sondern es soll viel mehr iterativ an Zielen und Regulierungen gearbeitet werden.

7.2.3. Datenmanagement

Welche Daten und welche Infrastruktur werden benötigt? Wer soll diese betreiben und bereitstellen? Wer ist für die Datenbeschaffung und -pflege verantwortlich?

Die Notwendigkeit eines leistungsfähigen und sicheren Datenaustauschs zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Betreiber ist aus fachlicher Sicht zentral für einen geordneten und sicheren Einsatz von automatisiertem und v.a. vernetztem Fahren. Die Effizienz des Gesamtverkehrssystems lässt sich nur steigern, wenn sich alle relevanten Akteure am Datenaustausch beteiligen. Smartphones könnten eine Schlüsselrolle zur Vernetzung weiterer Verkehrsteilnehmender beispielsweise des Fuss- und Veloverkehrs sowie im ÖV übernehmen. Entsprechend mag erstaunen, dass sich die Experten und Stakeholder nicht sehr intensiv zu dieser Frage geäussert haben. Mehr bewegt hat das Thema die Fokusgruppen, wobei die Meinungen insbesondere bei der Zuständigkeit aber weit auseinandergingen von «ich würde privaten Unternehmen meine Daten verkaufen» bis hin zu «der Staat soll zuständig sein für die Datensammlung und -auswertung».

Unter den Studienbeteiligten scheint unbestritten, dass es eine zentrale hoheitliche Institution und Datenplattform mindestens auf Ebene Stadt oder Agglomeration geben muss, die den Verkehr in ihrem Teilraum steuert und optimiert. Es blieb jedoch weitgehend offen, ob es dazu eine schweizweite Vereinheitlichung und damit Bundesinitiative braucht oder ob diese Aufgabe auch den Städten und Kantonen (oder gar Privaten mit entsprechenden Auflagen zum Datenschutz) überlassen werden kann. Der Bund hat sich zum Handlungsbedarf bei der Bereitstellung und dem Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr Ende 2018 geäußert und Massnahmen auf Bundesebene festgelegt (ASTRA, 2018). Er geht aus heutiger Sicht davon aus, dass es am einfachsten ist, den Datenverbund nach Prinzipien von «bedingter Open Data» zu organisieren. In diesem sind die Daten frei zugänglich; jeder kann sie frei beziehen, muss aber selber Daten zurückliefern, sofern mit den bezogenen Daten ein Geschäftsmodell betrieben wird. Die so erweiterten Daten stehen wieder allen zur Verfügung und können für neue Anwendungen genutzt werden. Davon ausgenommen sind «veredelte Daten», also Informationen. Diese können weiterhin auf dem Markt gehandelt werden. Wo die Grenze zwischen Daten und Informationen liegt, muss jedoch noch ausgehandelt werden.

Bei der flächendeckenden Vernetzung kommen leistungsfähigen Mobilfunknetzwerken und dem Zugang zu Geolokalisierungssignalen zentrale Rollen zu. Diese müssen erst noch installiert werden, beispielsweise in Kooperation von Bund (BAKOM und Swisstopo) mit Anbietern von Telekommunikationsdienstleistungen.

Bei dieser Frage gibt es auch viele Anknüpfungspunkte an die übergeordnete nationale und internationale Diskussion um die «digitale Selbstbestimmung» und die «MyData»-Thematik. Mit «MyData» erlangen Individuen die Hoheit über ihre Daten und bestimmen, mit wem sie diese teilen bzw. wie oder ob sie diese monetarisieren; Intermediäre könnten ausgeschaltet werden. Personen könnten so ihre Daten für behördliche Zwecke zur Verfügung stellen. Das Vortreiben entsprechender Bestrebungen ist auch für die Automatisierung und Vernetzung des Verkehrs in der Schweiz relevant. Die Herausforderung besteht darin, dass persönliche und damit besonders schutzbedürftige Datenprofile notwendig sind, um eine möglichst effizienzsteigernde übergeordnete Verkehrssteuerung einrichten zu können.

Auf technischer Ebene unklar ist auch, wie Zulassungen für die selbstlernende Software der Fahrzeuge ausgestaltet werden können, wobei hier sicherlich auch die Praxis im Ausland massgebend sein wird. Aufgrund dieser Ausgangslage und den offenen Fragen scheint aus heutiger Sicht einzig klar, dass es weitere Untersuchungen und Tests braucht, um ein sicheres und leistungsfähiges Datenmanagement inkl. -infrastruktur aufzubauen. Auch klar ist, dass Standards und Normierungen zwar international festgelegt und von der Schweiz übernommen werden müssen, dass im Rahmen der nationalen Zulassung und Konzessionierung aber durchaus weitere Anforderungen an Fahrzeuge und/oder Betreiber auferlegt werden können. Dies betrifft beispielsweise auch die Qualitätssicherung der Daten.

7.2.4. Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen

Wann sind automatisierte Fahrzeuge sicher genug, um von der Gesellschaft akzeptiert zu werden? Welcher Grad von Automatisierung beim Fahrzeug ist erwünscht/akzeptiert?

Hierbei handelt es sich primär um gesellschaftliche Fragen, die denn auch weniger von den Experten und Stakeholdern besprochen wurden, sondern primär in den Fokusgruppen. Die Laien waren sich (fast) einig, dass ein selbstfahrendes Fahrzeug sicherer sein muss als ein Fahrer, damit es akzeptiert werden kann. Nicht funktionierende Maschinen sind schlimmer als menschliche Fehler. Ein Teil der Diskussionsteilnehmenden vertrat die Ansicht, dass diese Technologie inkl. der dazu notwendigen Kommunikationssysteme gar nie so sicher sein werden, um flächendeckend eingeführt werden zu können. Experten und Stakeholder sind hier weniger kritisch. Alle tendierten aber dazu, dass im Falle eines unvermeidbaren Entscheidungsdilemmas ein Zufallsgenerator zum Einsatz kommen sollte und nicht ein programmierter Algorithmus.

Zur Frage des Automatisierungsgrads gibt die Studie nur indirekte Antworten. Zur vollständigen Realisierung der einleitend genannten Chancen ist eine Vollautomatisierung notwendig. Verschiedene Studien zeigen denn auch, dass bis und mit Einführung von SAE-Level 3 die Sicherheit auch sinken und gleichzeitig die weiteren Chancen noch nicht realisiert werden könnten. Entsprechend scheint das SAE-Level 4, idealerweise auch 5 wünschenswert. Es gab in der Fokusgruppe aber durchaus auch kritische Stimmen allgemein gegen eine zunehmende Automatisierung und die weitere Abgabe von Verantwortung an

technische Systeme. Zudem gab es Teilnehmende, die nicht in ein Fahrzeug einsteigen würden, bei welchen sie das automatisierte System nicht ausschalten können. Entsprechende Hinweise finden sich auch in der Literatur. Es kann sein, dass erste positive Erfahrungen mit teilautomatisierten Systemen und der Wertewandel diese Haltung in den kommenden Jahren und Jahrzehnten bis zur Einführung vollautomatisierter Fahrzeuge etwas abschwächen und solche Vorbehalte dannzumal nicht mehr zentral sein werden. Nicht auszuschliessen ist aber auch das Gegenteil, nämlich, dass mit zunehmender Verbreitung auch die Vorbehalte steigen.

7.3. Weitere Erkenntnisse

7.3.1. Sprachgebrauch

Der Bundesrat hat bereits im Jahr 2016 in seinem Bericht zu den Folgen und verkehrspolitischen Auswirkungen des automatisierten Fahrens (ASTRA, 2016) festgehalten, dass die Verbreitung von selbstfahrenden Fahrzeugen in der Schweiz einhergehen soll mit einer zunehmenden Vernetzung derselben. Aus seiner Sicht bietet die umfassende Vernetzung selbstfahrender (und herkömmlicher) Fahrzeuge ein beträchtliches Potenzial für eine deutlich effizientere Nutzung der vorhandenen Kapazitäten und Angebote sowie einen weiteren Sicherheitsgewinn. Entsprechend schlagen wir vor, in der Schweiz von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen zu sprechen. Mit dem Begriff automatisiert wird auch klarer, dass die SAE-Levels 3 und 4 mit gemeint sind (Abschnitt 1.2.1.).

Das automatisierte und vernetzte Fahren lässt neue nachfrageorientierte Anwendungen zwischen herkömmlichem MIV und ÖV zu, den sogenannten öffentlichen Individualverkehr resp. ÖIV. Entsprechend schlagen wir vor, künftig von kollektiven Mobilitätsformen zu sprechen. Unter kollektivem Verkehr werden alle Formen verstanden, bei der eine Person ein von einem Unternehmen angebotenes Fahrzeug nutzt, welches auch von anderen Personen während seiner Fahrt (zeitweise) mitgenutzt werden kann (= simultanes Teilen des Fahrzeugs). Der kollektive Verkehr umfasst den konventionellen heutigen ÖV und den ÖIV. Beckmann (2013) schlägt darüber hinausgehend vor, dafür den Begriff der «kollaborativen Mobilität» zu verwenden, um das gemeinsame Be-

sitzen und Nutzen der Mobilitätswerkzeuge noch mehr ins Zentrum zu stellen. Das Heranwachsen eines solchen kollaborativen Verkehrsangebots ist gemäss dem Autor in erster Linie eine soziale Innovation innerhalb unseres Alltagsverkehrssystems; in zweiter Linie aber auch Teil des verkehrlichen Spiegelbildes unserer Gesellschaft, indem es ein derzeit viel diskutiertes gesellschaftliches Phänomen – die sogenannte kollaborative Konsumtion oder auch Ko-Konsumtion – auf den Mobilitätssektor ausweitet. Die kollaborative Mobilität umfasst allerdings auch die individuelle, serielle Nutzung von gemeinsam genutzten Fahrzeugen, was nicht der Definition des kollektiven Verkehrs entspricht.

Verkehr ist nicht gleich Mobilität. Verkehr ist die Manifestation von Mobilitätsbedürfnissen im Raum. Die Befriedigung der gleichen Mobilitätsbedürfnisse kann immer mehr Verkehr erzeugen – umgekehrt kann die Mobilität bei gesteigerter Effizienz auch zunehmen bei gleichzeitiger Abnahme des Verkehrs. Eine wichtige Erkenntnis der Studie ist denn auch, dass insbesondere die Fahrleistung abhängig ist vom gewählten Szenario. Je mehr Menschen und Güter kollektiv unterwegs sind, desto weniger fahrleistungsabhängige negative Auswirkungen auf die Umwelt, Sicherheit und Ressourcen dürften sich einstellen. Auch der Energieverbrauch sinkt mit zunehmender Bündelung. Die Verkehrsleistung hingegen, also die Anzahl transportierter Personen und Güter multipliziert mit den Weglängen, kann, soll und wird voraussichtlich in allen drei Szenarien zunehmen. Es ist vor allem diese Verkehrsleistung, die einen positiven Einfluss auf die individuelle persönliche Mobilität und die schweizerische Volkswirtschaft hat und damit durchaus auch erwünscht ist.

7.3.2. Entwicklung der Verkehrssicherheit

Als wichtiges Argument für die Förderung der Automatisierung im Verkehr werden auch immer wieder positive Effekte auf die Verkehrssicherheit genannt. Dazu muss festgehalten werden, dass sich die Sicherheit im Verkehr auch ohne Vollautomatisierung ständig verbessern dürfte. Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass sich insbesondere Notbremsassistentensysteme unabhängig von den Entwicklungen im Bereich der Automatisierung durchsetzen. Es wird angenommen, dass solche teilautomatisierten Systeme zukünftig in allen Neuwagen (verbindlich) verbaut sein und damit die Verkehrssicherheit erhöhen werden. Zudem wurde auch bereits aufgezeigt, dass die Verkehrssicherheit vorübergehend auch abnehmen könnte, weil sich insbesondere in der Interak-

tion von Fahrzeugen verschiedener SAE-Levels und zwischen Menschen und Fahrzeugen im Level 3 neue Risiken ergeben (FVS, 2018).

7.3.3. Mischverkehr als Herausforderung

Noch fast gänzlich unbeantwortet sind die Fragen, die sich aus dem Mit- und Nebeneinander von verschiedenen Verkehrsmitteln und -teilnehmenden ergeben, v.a. im dichten städtischen Gebiet. Es ist heute noch unklar, wie beispielsweise teil- oder vollautomatisierte Fahrzeuge mit Velofahrenden interagieren oder wie allfällige Vortrittsregelungen von Zufussgehenden künftig gestaltet und umgesetzt werden können. Auch das Zusammenspiel mit herkömmlichen öffentlichen Verkehrsmitteln wie Trams und Bussen ist noch nicht definiert. Die Ausgestaltung dieses Mischverkehrs ist insbesondere für Städte und Gemeinden eine grosse Herausforderung, der von den Experten diskutierte Regulierungsansatz der tiefen Geschwindigkeiten ist nur eine Möglichkeit.

Derzeit ist völlig offen, wann mit der Einführung von in allen Umfeldern vollautomatisiert funktionsfähigen Fahrzeugen (SAE-Stufe 5) zu rechnen ist. Es ist von einer langen Phase des Vorhandenseins unterschiedlicher Automatisierungsstufen auszugehen, zu der es aber noch viele offene Fragen gibt (v.a. bezüglich Sicherheit und Leistungsfähigkeit, siehe auch Abschnitte 1.2.6. und 1.2.7.). In der politischen und fachlichen Diskussion muss daher immer der möglicherweise über Generationen andauernde Zustand mit «level-gemischten» Fahrzeugen bedacht werden und nicht nur langfristige Zustände von vollautomatisierten Fahrzeugen, die ohne Lenkerin oder Lenker verkehren können. Dies ist besonders wichtig, denn in dieser Phase können noch nicht alle Vorteile des automatisierten und vernetzten Fahrens realisiert werden, sich aber bereits schon viele Risiken einstellen.

7.3.4. Verkehrsauswirkungsprüfung als Lösungsansatz

Selbstfahrende Fahrzeuge können in sehr verschiedenen denkbaren Anwendungen eingesetzt werden. Diese Anwendungen können das Verkehrssystem in Bezug auf die Effizienz positiv beeinflussen (z.B. automatisierte, flexible ÖV-Shuttles zur Ergänzung des ÖV-Angebots auf der ersten und letzten Meile), aber auch negativ (z.B. leere private selbstfahrende Fahrzeuge im Stadtkern auf Parkplatzsuche). Bei selbstfahrenden Fahrzeugen ist in der Regulierung

deshalb künftig ein Paradigmenwechsel zu prüfen. Die Regulierung sollte sich nicht an einem als technisch verkehrssicher eingestuften Fahrzeug orientieren, das für alle Verkehrsanwendungen zugelassen wird. Mit selbstfahrenden Fahrzeugen sollte vielmehr die Anwendung der Fahrzeuge im Mittelpunkt der Regulierung stehen (z.B. als Taxi oder als ÖIV-Shuttle). Die Anwendung kann dann beispielsweise auch einem Monitoring betreffend Belegungsgrad unterliegen. Zentral dabei ist, dass die positiven und negativen Auswirkungen einer Verkehrsanwendung mit selbstfahrenden Fahrzeugen beurteilt werden können. Neben einer effizienteren Nutzung der Infrastruktur stehen dabei v.a. auch die Klimaverträglichkeit und die Energieeffizienz im Zentrum. Es wird sich in diesem Sinne künftig also mehr um eine Art «Verkehrsauswirkungsprüfung» handeln müssen als um eine reine Verkehrssicherheitsprüfung.

7.3.5. Nutzen der Automatisierung

Wichtig ist auch die Feststellung, dass die Automatisierung im Verkehr nicht eine Technologie ist, welche für die Lösung gesellschaftlicher und klimabezogener Probleme entwickelt wurde. Viel eher ist sie eine Folge zunehmender Digitalisierung. Es liegt zudem im Interesse der Fahrzeughersteller, möglichst viele Fahrzeuge zu verkaufen, was per se schon zum Konflikt mit vielen schweizerischen Zielen führen kann, beispielsweise der Energiestrategie.

Wie in anderen Lebensbereichen wird sich die Digitalisierung und Automatisierung im schweizerischen Mobilitätsalltag über kurz oder lang und in verschiedenen Ausprägungen manifestieren. Der Staat und die Gesellschaft können und sollen diese Opportunität nutzen, um positive Lösungsbeiträge für verschiedene Probleme beim Klima, dem Energie- und Ressourcenverbrauch und der Überlastung der Verkehrssysteme zu realisieren.

8. Handlungsempfehlungen

In Kenntnis der fachlichen Grundlagen und der von den verschiedenen befragten Akteuren gesammelten Inputs macht das Projektteam Empfehlungen zu den einleitend genannten Forschungsfragen.

Zwingende Massnahmen, die erforderlich sind, um das automatisierte Fahren in der Schweiz überhaupt erst zulassen zu können, sind in Abschnitt 8.1. beschrieben. Die Anpassung dieser rechtlichen Grundlagen wird nicht als eigene Handlungsoption gesehen, sondern als Notwendigkeit resp. Voraussetzung für weiterführende staatliche Rollen in Abschnitt 8.2. Darin werden über die zwingenden Massnahmen hinausgehende grundsätzliche Richtungen des staatlichen Handelns diskutiert. Es gibt verschiedene Handlungsoptionen, wie mit technologischen Entwicklungen umgegangen werden kann. Als Prämisse setzen wir dabei voraus, dass das automatisierte und vernetzte Fahren in der Schweiz kommen wird und die Gesellschaft und der Staat einen Weg finden müssen, damit umzugehen. Es geht also bei den Handlungsoptionen und den darauffolgenden konkreteren Empfehlungen nicht um die Frage, ob wir als Schweiz das automatisierte und vernetzte Fahren wollen, sondern wie wir die Rahmenbedingungen für dessen Verbreitung gestalten. Entsprechend stehen auch Handlungsoptionen und -empfehlungen im Zentrum, bei welchen die Schweiz eigene Gestaltungsmöglichkeiten hat.

Die konkreten Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand im Abschnitt 8.3. adressieren primär gesellschaftspolitische Aspekte, die im Rahmen dieser Studie häufig und auch kontrovers genannt wurden. Sie erheben daher keinen Anspruch auf eine systematische Vollständigkeit, sondern sind vielmehr Themen, welche die am Diskurs beteiligten Gruppen stark beschäftigt haben oder während der Studie neu aufgekommen sind. Darüber hinaus gäbe es eine Vielzahl von weiteren Handlungsempfehlungen zur Einführung des automatisierten und vernetzten Fahrens in der Schweiz, welche technische und rechtliche Bereiche betreffen. Diese werden hier nur soweit aufgeführt, wie sie von den Laien, Experten und Stakeholdern für die Schweiz als absolut zentral erkannt wurden. Für weitere Handlungsoptionen wird auf weitere nationale und internationale Studien verwiesen.

Neben den Empfehlungen für politisches Handeln gibt es aufgrund der Studienerkenntnisse Empfehlungen für Pilotversuche und Tests (Abschnitt 8.4.) sowie für die weitere Forschung (Abschnitt 8.5.). Auch diese geben kein vollständiges wissenschaftliches Bild wieder, sondern adressieren v.a. die in der Studie häufig angesprochenen gesellschaftspolitischen Fragen. Für den technischen Forschungsbedarf wird auf die Ergebnisse der parallel laufenden Forschungsprojekte (siehe Abschnitt 1.2.) verwiesen.

8.1. Zwingende Massnahmen

Um das automatisierte Fahren ab SAE-Level 3 in der Schweiz zu ermöglichen, müssen zwingend rechtliche Grundlagen angepasst werden. Unabhängig davon, welches Szenario verfolgt wird oder wie stark der Staat Einfluss auf die Entwicklung nehmen will, müssen insbesondere Zulassungsbestimmungen und -verfahren und die Ausbildung von Fahrzeuglenkenden angepasst werden. Diese werden grösstenteils vom Ausland bestimmt und müssen übernommen werden, die Schweiz kann sich jedoch aktiv in die internationalen Diskussionen einbringen. Die Schweiz kann auch über internationale Bestimmungen hinausgehende Auflagen an die Zulassung knüpfen, beispielsweise zu Sicherheit, Datenanforderungen oder Antrieben.

Folgende Handlungen sind zwingend, um das automatisierte Fahren ab Level 3 in der Schweiz überhaupt erst zulassen zu können, und in diesem Sinne eine Voraussetzung für weitere Handlungen:

- Schaffung der Voraussetzungen für die Zulassung von bedingt automatisierten und vollautomatisierten Fahrzeugen in der Schweiz für Fahrzeuge im Personen- und Güterverkehr (siehe Empfehlung 5 in Tabelle 20). Diese Empfehlung umfasst die Anpassung aller dazu notwendigen gesetzlichen Grundlagen gemäss Factsheet 03 sowie die Prüfung und Umsetzung weiterführender Auflagen. Für Details wird auf die entsprechende Studie des ASTRA (ASTRA, 2016) verwiesen.
- Aus- und Weiterbildungen zum Umgang mit (voll-)automatisierten Fahrzeugen (Empfehlung 12).

8.2. Grundrichtungen des staatlichen Handelns

Über die zwingenden Massnahmen hinaus können zwei Grundrichtungen des staatlichen Handelns bei der Einführung von Automatisierung und Vernetzung im Verkehr in der Schweiz unterschieden werden:

1. **«Enabler»:** Der Staat kann eine gestaltende, aber eher zurückhaltende Rolle einnehmen, die sich darauf beschränkt, wirtschaftsliberale Rahmenbedingungen zu setzen, sodass Marktinnovationen und Entwicklungen von privaten und öffentlichen Akteuren möglich werden.
2. **«Leader»:** Ausgehend von klaren politischen Zielsetzungen kann der «starke Staat» aktiv Regulierungen durchsetzen. Diese können entweder die Entwicklung von Automatisierung und Vernetzung im Verkehr einschränken resp. verzögern oder im Gegenteil auch aktiv fördern.

In Bezug auf diese zwei möglichen Rollen des Staates können keine mehrheitsfähigen Präferenzen der Studienbeteiligten ausgemacht werden. Je nach politischer Grundhaltung oder auch je nach Teilaspekt der Automatisierung und Vernetzung vertraten die Experten, Stakeholder und Laien unterschiedliche Standpunkte. Entsprechend werden aus heutiger Sicht beide übergeordneten Grundrichtungen als ein für die Schweiz gangbarer Weg betrachtet.

Um adäquat auf diese Breite und die Unsicherheit in Bezug auf die technische, rechtliche und zeitliche Entwicklung von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen zu reagieren, werden im Sinne von Wenn-Dann-Überlegungen in den nächsten Abschnitten sämtliche konkreten Handlungsempfehlungen aus der Studie in Bezug zu den zwei übergeordneten Grundrichtungen resp. zu den ohnehin notwendigen Massnahmen gesetzt.

8.3. Konkrete Handlungsempfehlungen

Die zentrale Forschungsfrage der vorliegenden Studie lautet, welche Rahmenbedingungen erfüllt sein müssen, damit der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge im Personen- und Güterverkehr einen positiven Einfluss auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft der Schweiz hat.

Wie einleitend dargelegt, geht es also nicht um die Frage, ob und wann welche Level der Automatisierung kommen oder gewünscht sind, sondern mit welchem staatlichen Handeln deren Chancen genutzt und optimiert werden können. Dabei ist auch zu berücksichtigen, wo die Schweiz als vergleichsweise kleine Nation überhaupt Einflussmöglichkeiten und Gestaltungsspielraum hat und wo sie internationale Regelungen übernehmen muss.

Zudem wissen wir nicht, wie die Welt und die Mobilität in 20 bis 30 Jahren aussehen werden, weswegen es umso wichtiger ist, sich verschiedene Handlungsoptionen offenzuhalten, um bei Bedarf rasch über einen zielführenden Weg entscheiden zu können.

Für die gestaltende, aber zurückhaltenden **«Enabler»-Rolle** werden zusätzlich zu den zwingenden Massnahmen gemäss Abschnitt 8.1. folgende Massnahmen empfohlen:

- Gesellschaftliche und politische Diskussion zur Nutzung der von Fahrzeugen produzierten Daten in Bezug auf ethische und Datenschutzaspekte (Empfehlung 2)
- Formulierung einer die Staatsebenen übergreifenden Position in der Datenpolitik, welche die Interessen der öffentlichen Hand festhält (Empfehlung 4)
- Anpassung des Personenbeförderungsgesetzes und der dazugehörigen Verordnung (Empfehlung 7)
- Lockerung der Bewilligungspraxis und der Vorgaben an KTU (Empfehlung 8)
- Aufbau eines leistungsfähigen Mobilfunknetzes (Empfehlung 9)
- Einrichtung einer offenen Datenplattform (Empfehlung 11)

Auf Basis von klaren politischen Zielen kann der Staat eine **«Leader»-Rolle** einnehmen. Dazu sollten, ergänzend zu den bisher erwähnten Empfehlungen, folgende Massnahmen und Instrumente ergriffen werden:

- Dialog über die erwünschte Mobilität der Zukunft unter Einbezug von Politik, Wissenschaft und Zivilgesellschaft (Empfehlung 1)
- Erarbeitung von Zielvorgaben für die künftige Mobilität in der Schweiz (Empfehlung 3)
- Entwicklung von Ideen und Vorschlägen zur Stärkung von kollektiven Formen der Mobilität (z.B. Anreize, Restriktionen, Auflagen in Konzessionen oder Zulassungen, Information oder Persuasion) (Empfehlung 6)
- Hoheitliche Verkehrssteuerung (Empfehlung 10)

Im Folgenden werden alle Handlungsempfehlungen detaillierter beschrieben. Es handelt sich dabei um aufgrund der Studienergebnisse besonders relevante Handlungsempfehlungen, die in Bezug zu den übergeordneten Handlungsoptionen gesetzt werden können.

Weitere wichtige Handlungsempfehlungen leiten sich aus Parallelstudien ab, diese werden hier nicht wiedergegeben. Die Reihenfolge orientiert sich dabei an zeitlichen Überlegungen (womit kann/muss man beginnen?) und geht daher vom «Groben ins Feine».

Tab. 20: Übersicht und Detailbeschreibung der Handlungsempfehlungen und Zuordnung zur übergeordneten Handlungsoption

	zwingende Massnahmen	Enabler-Rolle	Leader-Rolle
Beschreibung			
1 <i>Es ist ein Dialog über die erwünschte Mobilität der Zukunft auf allen staatlichen Ebenen anzustossen. Daran soll sich sowohl Politik, Wissenschaft als auch die Zivilgesellschaft und die Wirtschaft beteiligen. Dazu gehört auch der Diskurs über die Sicherheit und Wünschbarkeit von technischen Systemen.</i>			X
2 <i>Es sind gesellschaftliche und politische Diskussionen zur Nutzung der von Fahrzeugen produzierten Daten in Bezug auf ethische und Datenschutzaspekte zu führen. Chancen und Risiken der Nutzung von Daten sollten offen mit der Zivilgesellschaft diskutiert werden.</i>		X	X
3 <i>Es sind Zielvorgaben für die künftige Mobilität in der Schweiz zu erarbeiten, dabei sind Bedürfnisse des Bundes, der Städte, der Kantone sowie der Gesellschaft und Wirtschaft gleichermassen sowie der Personen- und Güterverkehr zu berücksichtigen. Auch Zielkonflikte auf nationaler Ebene zu Vorgaben aus anderen Politikbereichen sind zu thematisieren.</i>			X
4 <i>Es ist frühzeitig und die Staatsebenen übergreifend eine Position in der Datenpolitik zu formulieren, welche die Interessen der öffentlichen Hand festhält. Dazu gehört die Festlegung der für ihre Aufgabe notwendigen Daten sowie der Datenherrschaft und Zugriffsrechte. Eine Abstimmung mit Smart-City-Strategien und «Open Government Data»-Prinzipien ist zentral. In Ergänzung zu den international festgelegten Standards für den Datenaustausch kann die Schweiz darüber hinausgehende Qualitätsstandards und Vorgaben für die Metadaten zu den ausgetauschten Daten formulieren.</i>		X	X

Beschreibung	zwingende Massnahmen	Enabler-Rolle	Leader-Rolle
<p>5 Es sind die mit dem Ausland abgestimmten Voraussetzungen für die Zulassung von bedingt automatisierten sowie hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen in der Schweiz zu schaffen, sodass auf dem Markt verfügbare Fahrzeuge ab SAE-Level 3 für den Personen- und Güterverkehr auch eingesetzt werden können. Dies betrifft v.a. die Zulassung der automatisierten Systeme sowie die Regelung der Haftungsfrage. Zusätzlich müssen in Abstimmung mit den Nachbarländern Sicherheitsstandards, beispielsweise bezüglich den Übergabezeiten festgelegt werden. Weitere, schweizspezifische Auflagen für die Vernetzung und den Datenaustausch oder allfällige Vorgaben für energieeffiziente Antriebe müssen frühzeitig geprüft werden.</p>	X	X	X
<p>6 Es sind in tripartiter Zusammenarbeit und unter Einbezug von Wirtschaft und Zivilgesellschaft Ideen und Vorschläge zu entwickeln, wie das automatisierte und vernetzte Fahren in Städten und Agglomerationen v.a. kollektive Formen der Mobilität und des Transports stärken kann. Dies bedingt voraussichtlich Anreize für den ÖIV und neue Rahmenbedingungen für den ÖV, allenfalls aber auch Restriktionen für den individuellen automatisierten Verkehr mit privaten Fahrzeugen. Zu thematisieren sind sowohl marktwirtschaftliche Instrumente, Auflagen in Konzessionen oder Zulassungen (z.B. keine Leerfahrten) oder Information und Persuasion.</p>			X

Beschreibung	zwingende Massnahmen	Enabler-Rolle	Leader-Rolle
<p>7 Das Personenbeförderungsgesetz und die dazugehörige Verordnung sind anzupassen. Einerseits sind im bisher stark regulierten Personentransport neue Anbieter zuzulassen. Andererseits sind für den kollektiven Verkehr ergänzend zum bisherigen ÖV-Verständnis flexiblere Angebote (z.B. das Erteilen von Konzessionen, die anstelle einer Fahrplanpflicht oder des Linienverkehrs flexiblere, aber in Bezug auf das Minimalangebot definierte Gebietserschliessungen vorsehen, sofern die Flächeneffizienz des Verkehrssystems nicht darunter leidet) oder bedingte Erleichterungen bei der Barrierefreiheit zu ermöglichen.</p>		X	X
<p>8 Die Bewilligungspraxis und die Vorgaben an KTU sind zu lockern, damit diese einfacher forschen und entwickeln können. Die betrieblichen, strassenverkehrsrechtlichen und versicherungstechnischen Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass eigenwirtschaftliche und verursachergerecht finanzierte öffentliche und private Fahrdienste möglich sind.</p>		X	X
<p>9 Es sind attraktive Bedingungen für den Aufbau eines leistungsfähigen Mobilfunknetzes zu schaffen. Im Hinblick auf die Situation in der Schweiz mit mehreren privaten Betreibern bisheriger Mobilfunknetze könnte auch die Option eines staatlichen Netzes im Sinn eines utility networks, auf dem Private Dienstleistungen anbieten können, interessant und entsprechend zu prüfen sein.</p>		X	X

	Beschreibung	zwingende Massnahmen	Enabler-Rolle	Leader-Rolle
10	<i>Es ist eine hoheitliche Verkehrssteuerung vorzusehen. Dazu ist zwischen Städten, Kantonen und dem Bund einerseits zu diskutieren, wer für diese Verkehrssteuerung zuständig ist und wie allfällige Schnittstellen behandelt werden. Andererseits muss unter Einbezug von Wissenschaft und den KTU festgelegt werden, über welche Kennwerte die Verkehrssteuerung (ÖIV und MIV) idealerweise erfolgt (Besetzungsgrad, Mindesttransportlänge, Fahrleistung, Zielwahl, Parkplätze, Haltestellen etc.).</i>			X
11	<i>Es ist eine Datenplattform mit «bedingter Open Data» einzurichten, an der sich alle Akteure mit eigenen Daten beteiligen und andere Daten beziehen können (ASTRA, 2018). Darauf verfügbar sollen topografische und verkehrliche Basisdaten, Ereignisdaten, Messdaten und aggregierte Sensordaten sein. Dazu gilt es unter anderem, technische Systeme für durchgehende digitale und automatisierbare Workflows weiterzuentwickeln und entstehenden internationalen Standards anzupassen.</i>		X	X
12	<i>Es sind Aus- und Weiterbildungen zum Umgang mit (voll)automatisierten Fahrzeugen vorzusehen, z.B. ein «Führerschein light» resp. ein Fähigkeitsausweis zur Beaufsichtigung hochautomatisierter Fahrzeuge SAE3/4.</i>	X	X	X

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass der grösste Regulierungsbedarf folgerichtig bei Einnahme der Leader-Rolle anfällt. Es braucht Zielbilder und Strategien, um als starker Staat voranzugehen und die Entwicklung von Beginn an in die gewünschte Richtung zu lenken. Explizit formulierte Ziele und Strategien erfordern aber einen politischen Aushandlungsprozess, der über längere Zeit andauern kann. Leitend können aber auch implizite Zielbilder sein, die es

im politischen System der Schweiz ja bereits gibt und nicht erst ausgehandelt werden müssen.

Wenn die Enabler-Rolle des Staates im Zentrum stehen soll, dann lassen sich solche expliziten Zielbilder und Strategien auch iterativ entwickeln. Dies geht über eine rein reaktive Politik hinaus, stellt jedoch weniger Anforderungen an den Zieldiskurs, der für eine proaktive Politik im Sinne einer Leader-Rolle notwendig ist.

8.4. Pilotversuche und Tests

Viele künftige Chancen und Herausforderungen des automatisierten und vernetzten Fahrens sind aus heutiger Sicht nur schwer voraussehbar oder quantifizierbar. Da bei Auflagen und Regulierungen zudem oftmals auch Reaktionen der Marktbeteiligten auftreten, die der eigentlichen Intention der Regelung zuwiderlaufen bzw. deren Wirkung aufheben, sind die vorgesehenen Auflagen genau zu prüfen. Soweit möglich soll dies durch Pilotversuche oder Tests im Vorfeld erfolgen. So können auch Erfahrungen gesammelt und Erkenntnisse zu verkehrlichen, räumlichen und umweltrelevanten Wirkungen gewonnen werden.

In der Schweiz finden verschiedene Versuche im ÖV heute bereits statt. Die Tests sind aber wenig koordiniert, nicht übergreifend ausgewertet und deren Finanzierung ist nicht transparent geregelt. Im Gegensatz zum Ausland laufen in der Schweiz bisher keine Versuche privater (digitaler) Mobilitätsdienste. Entsprechend wichtig scheint im Sinne der aktiveren Handlungsoptionen «Enabler» und «Leader» daher, das schweizerische Umfeld für private und öffentliche Pilotversuche und Tests attraktiv zu gestalten.

Zur Festlegung des Regulierungsbedarfs erscheinen aufgrund der vorliegenden Studie und der genannten Handlungsempfehlungen (HE) unter anderem folgende Tests sinnvoll. Diese und auch alle weiteren Tests und Versuche sind zu koordinieren, wissenschaftlich zu begleiten, die Erkenntnisse auszuwerten und transparent zu machen:

T1: Es sind Pilotprojekte durchzuführen, um verschiedene Formen und Aspekte des Datenaustauschs zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und (zentraler) Steuerungseinheit zu testen und weiterzuentwickeln (HE4, HE10). Dabei sind auch

unterschiedliche Organisationsformen und Zusammenarbeitsmodelle zwischen den beteiligten staatlichen und privaten Organen zu testen.

T2: Automatisierte Pilotversuche in der (städtischen) Logistik sind gem. HE6 zu fördern, indem attraktive Bedingungen für Tests eingerichtet werden. Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass allfällige Risiken minimiert werden können.

T3: Mögliche Ansätze einer hoheitlichen Verkehrssteuerung gem. HE10 sind in Pilotprojekten unter Beteiligung von Städten, KTU, privaten Mobilitätsanbietern, Kantonen und des Bundes zu testen. Dabei sind auch verschiedene denkbare Steuerungsansätze zu testen, beispielsweise über den Belegungsgrad, die Routen- oder die Zielwahl (Parkplatz).

T4: Das Nachfrageverhalten der Kunden bei verbesserten kombinierten und kollektiven Angeboten (v.a. on demand resp. ÖIV) ist im Rahmen von geeigneten Tests zu untersuchen. Dazu sollen aufgrund der Erkenntnisse aus bereits laufenden Pilotversuchen (z.B. Kolibri Brugg, EBuxi Herzogenbuchsee, Nieder- und Oberönz, FlexNetz Verkehrsbetriebe Zürich usw.) neue Fragestellungen identifiziert und in geeigneten Settings getestet werden.

Damit diese und weitere Tests gezielt aufgesetzt, durchgeführt und ausgewertet werden können, bedarf es einer abgestimmten Forschungsagenda. An der Erarbeitung und Weiterentwicklung dieser Agenda sollen sich alle betroffenen Akteursgruppen beteiligen, neben den verschiedenen Staatsebenen auch die Transportunternehmen resp. künftige potenzielle private Mobilitätsdienstleister sowie die Wissenschaft.

8.5. Forschungsvorschläge

Nicht alle Folgen der Automatisierung und Vernetzung im Verkehr können mittels Tests eruiert werden. Es braucht auch weiter gehende wissenschaftliche Forschung, um mehr Sicherheit und Empirie zu gewinnen. Die im Anschluss an diese Studie naheliegenden Forschungsfragen lassen sich den verschiedenen Fachdisziplinen zuordnen:

8.5.1. Interaktion Mensch–Maschine

Durchführung weiterer Forschung zur Interaktion von Mensch und Maschine (z.B. Vertrauen/Verlass, Übergabezeiten, Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden etc.) und Berücksichtigung der Erkenntnisse bei Zulassungs- und Haftungsfragen. Konkret werden folgende Forschungsfragen vorgeschlagen.

1. *Werden die Ansprüche betreffend Verlässlichkeit und Sicherheit an Maschinen dauerhaft höher sein als an Menschen? Aktuell sind Standards für Maschinen höher als für Menschen. Bleibt das so?*
2. *Kann man «Vertrauen» in Maschinen haben? Hat man Vertrauen eigentlich nur zu Menschen, und sollte man bei Maschinen von Verlässlichkeit sprechen (Englisch: reliance statt trust)? Dabei ist zu unterscheiden zwischen «Fehler, die im Moment passiert sind» und «Fehler über eine gewisse Dauer oder durch schlechte Vorbereitung/Entwicklungsarbeit» (bei Maschinen auch «Angst vor der Replikation von Fehlern»).*
3. *Wie sicher ist sicher genug? Welche Fehlerquote von automatisierten Fahrzeugen wird von der Schweizer Gesellschaft akzeptiert? Kann ein ähnlich hohes Level an Verkehrssicherheit, wie wir es heute schon haben resp. sich auch unabhängig der Automatisierung weiter verbessern wird, erreicht werden? Wie können wir mit dem voraussichtlich unsicheren Übergangszustand mit einem hohen Anteil von Level-3-Fahrzeugen umgehen? Beurteilen wir die Sicherheitsfrage anders, je nachdem, in welchem Alter der zu ersetzende Fahrer resp. die zu ersetzende Fahrerin ist?*

8.5.2. Verkehrssicherheit

Es sind empirische Erkenntnisse zu automatisiertem Fahren in unterschiedlichen Räumen resp. verkehrlichen Situationen zu erarbeiten und eine Übersicht über mögliche Mittel und Wege zum Erreichen gewünschter Ergebnisse zu erstellen. Daraus sind allfällige Vorgaben bezüglich Übergabezeiten, Geschwindigkeiten, Vernetzungsgrad etc. im jeweiligen Kontext abzuleiten für die Zulassung resp. Strassenverkehrsordnung. Konkret stehen folgende Fragen im Zentrum:

4. *Wie schnell können automatisierte Fahrzeuge im dicht bebauten Raum im Mischverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmenden verkehren und sicher agieren? Welche Vernetzung und welcher Grad von Datenaustausch sind dafür erforderlich? Wie kommunizieren Fahrzeuge und nicht automatisierte Verkehrsteilnehmende sicher miteinander?*
5. *Wie kann die Verkehrssicherheit auf hoch ausgelasteten Autobahnen gewährleistet werden, wenn gleichzeitig Fahrzeuge verschiedener Automatisierungslevels verkehren?*
6. *Wie wirken sich Unterschiede in regionalen resp. nationalen «Fahrkulturen» auf die Fähigkeit von automatisierten Fahrzeugen aus, sich in unterschiedlichen geografischen Räumen sicher zu bewegen? Dies scheint für die Schweiz als Tourismus- und Transitland eine bedeutende Frage.*
7. *Welche Funktionen können automatisierte Fahrsysteme im schweizerischen Kontext heute und künftig wirklich übernehmen? Wie werden ihre Sicherheit und Anwendbarkeit von landesspezifischen Faktoren wie Topografie oder Wetter beeinflusst? Seitens der Hersteller bestehen dazu v.a. Versprechungen, es existieren aber kein aktuelles Wissen und keine empirischen Daten. Geschäftsgeheimnisse der Hersteller erschweren die Forschung in diesem Bereich. Auch ist unklar, wie rasch die technologische Entwicklung hier noch weitere Fortschritte erzielt.*
8. *Wie kann die Verkehrssicherheit auch langfristig gewährt werden, wenn beispielsweise Produktionsserien aus dem Verkauf genommen werden? Wie kann die Software von «alten» automatisierten und vernetzten Fahrzeugen trotzdem aktuell bleiben? Erübrigen sich solche Fragen mit zunehmender Bedeutung der künstlichen Intelligenz oder hat dies (vorübergehend) eine raschere Erneuerung und damit eine kürzere Lebensdauer von Fahrzeugen als heute zur Folge?*

8.5.3. Beiträge an die Raum-, Energie- und Klimapolitik

Im Rahmen dieser Studie und anderen laufenden und abgeschlossenen Forschungsvorhaben ist klargeworden, dass der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge auch negative Auswirkungen auf das Klima, den Energieverbrauch und die Raumnutzung haben kann. Erste (Regulierungs-)Ansätze, wie dies vermieden werden kann, werden im Abschnitt 8.2. aufgezeigt. Darüber hinaus braucht es

aber weitere Forschung, um die konkreten Voraussetzungen für positive Zielbeiträge zu ermitteln, wie beispielsweise:

9. *Ermittlung und Quantifizierung der Chancen und Risiken für die Erreichung der Ziele der schweizerischen Energie- und Klimapolitik. Braucht es im Rahmen der Zulassungsverfahren Vorgaben zu energieeffizienten Antrieben oder ein «Nullemissionsvorgabe»? Wie kann die Energieeffizienz mit dem Einsatz automatisierter und vernetzter Fahrzeuge erhöht werden? Wie können Rebound-Effekte vermieden werden? Welche Effekte haben kürzere (oder längere) Lebensdauern und Flottenerneuerungszyklen auf den Energieverbrauch?*
10. *Welchen Regulierungsbedarf haben Städte, um heutige und zukünftige Mobilitätsanbieter auf die Erreichung von städtischen Mobilitätszielen auszurichten? Wie können Marktchancen für kollektive Mobilitätsangebote erhöht werden? Im Zentrum des Interesses stehen dabei privat betriebene Flotten von teil- oder vollautomatisierten Fahrzeugen.*
11. *Es ist davon auszugehen, dass die Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen im Güterverkehr schneller voranschreiten könnte als im Personenverkehr, da – sofern sich Effizienzvorteile ergeben – privatwirtschaftliche Nutzen dahinterstehen. Aber welchen Nutzen bringen automatisierte Güterverkehrsfahrzeuge in Bezug zu vorliegenden Politikzielen? Was muss reguliert werden, um unerwünschte Auswirkungen zu vermeiden?*

A1 Factsheets

Factsheet 01: Automatisierungsstufen

<p>Hintergrund</p>	<p>Automatisiertes Fahren kommt in unterschiedlichen Ausprägungen vor. Sowohl ein Spurhalteassistent als auch ein selbstfahrendes Fahrzeug sind Formen des automatisierten Fahrens mit verschiedenen Anforderungen an die Technologie und verschiedenen Auswirkungen auf das Verkehrssystem. Für eine differenzierte Betrachtung werden sechs Automatisierungsstufen von nicht automatisierten Fahrzeugen (Stufe 0) bis zu vollautomatisierten Fahrzeugen (Stufe 5) verwendet.</p> <p>Die Normierung erfolgt durch die <i>Society of Automotive Engineers</i> (SAE), dem internationalen Verband der Automobilingenieure aus der Luftfahrt-, Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie. Er hat die Norm J3016 veröffentlicht, welche die sechs Automatisierungsstufen für Strassenfahrzeuge beschreibt. Die Differenzierung erfolgt über Teilaufgaben des dynamischen Fahrens, welche dem Fahrer oder dem (Fahr-)System zugeordnet werden.</p>
<p>Übersicht</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">       </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Stufe 0: nicht automa- tisiert</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Stufe 1: assistiert</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Stufe 2: teil- automa- tisiert</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Stufe 3: bedingt automa- tisiert</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Stufe 4: hoch- automa- tisiert</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Stufe 5: voll- automa- tisiert</p> </div> </div>
<p>Thema</p>	<p>Die sechs SAE-Stufen unterscheiden sich folgendermassen:</p> <p>Stufe 0: nicht automatisiert</p> <p>Stufe 0 beschreibt das konventionelle Fahren ohne die Abgabe von Fahraufgaben an ein technisches System, d.h., die Fahrerin bzw. der Fahrer führt das Fahrzeug in allen Belangen selbst. Einzig die Unterstützung des Fahrers durch Warnsysteme ist auf dieser Stufe möglich (z.B. Spurhaltewarnung, Warnungen des Spurwechselassistenten, Kollisionswarnung).</p>

Stufe 1: assistiert

Auf Stufe 1 wird mittels «Assistenzsystemen» die Längs- oder Querverführung des Fahrzeugs an das System abgegeben, temporär und für spezifische Situationen. Die Fahrerin bzw. der Fahrer übernimmt alle verbleibenden Fahraufgaben und überwacht das System dauerhaft. Dabei muss sie/er entscheiden, wann das System sinnvollerweise an- oder abgeschaltet wird. Zudem muss sie/er jederzeit für die Übernahme der Fahraufgaben bereit sein. Heute verfügbare Formen auf Stufe 1 sind Notbremsassistenten, Parkassistenten (nur Lenkung durch System), Abstandsregeltempomaten sowie Spurhalteassistenten.

Stufe 2: teilautomatisiert

Stufe 2 grenzt sich von Stufe 1 ab, indem Längs- und Querverführung durch das System übernommen werden. Die Beschränkung auf temporäre spezifische Situationen und die Anforderungen an die/den Fahrer/in (Überwachung, dauerhafte Übernahmebereitschaft) sind unverändert. Hierzu werden bereits heute Systeme angeboten, wie zum Beispiel Stauassistenten oder Funktionen zum automatisierten Parkieren.

Stufe 3: bedingt automatisiert

Ab Stufe 3 kann das System alle Fahraufgaben übernehmen. Stufe 3 grenzt sich insofern von Stufe 2 ab, indem die Fahrerin/der Fahrer keine dauerhafte Überwachung des Systems mehr vorzunehmen hat. Sie/er muss aber auf die Aufforderung des Systems und mit ausreichender Zeitreserve als Rückfallebene zur Übernahme der Fahraufgaben bereit sein. Das System muss folglich das Überschreiten der Einsatzgrenzen frühzeitig erkennen können. Durch die Übergabe an die Fahrerin bzw. den Fahrer muss das System selbst nicht jederzeit einen risikominimalen Zustand erreichen können (Bsp. Anhalten auf sicherer Verkehrsfläche). Wie lange die Zeitreserve zwischen Aufforderung und Übernahme durch die Fahrerin bzw. den Fahrer ist, ist nicht genau festgelegt. Es ist allerdings von einigen Sekunden auszugehen, was die Möglichkeiten für Nebentätigkeiten einschränkt. Beispiele für Stufe 3 sind automatisiertes Fahren unter gewissen Bedingungen auf Autobahnen.

Stufe 4: hochautomatisiert

Stufe 4 grenzt sich von Stufe 3 durch die Fähigkeit des Systems ab, im Rahmen eines definierten Anwendungsfalls (definiert

durch Strassentyp, Geschwindigkeit, Wetter) jederzeit selbst einen risikominimalen Zustand erreichen zu können. Das System kann somit innerhalb des Anwendungsfalls ohne Übernahme durch einen Fahrer/eine Fahrerin alle Situationen selbst bewältigen. Die Fahrerin bzw. der Fahrer muss das System nicht mehr überwachen und nicht mehr zwingend eingreifen können. Vor dem Verlassen des Anwendungsfalls wird eine Aufforderung an die Fahrerin bzw. den Fahrer zur Übernahme der Fahraufgaben abgegeben. Kommt sie/er dem nicht nach, nimmt das Fahrzeug einen risikominimalen Zustand ein, indem es beispielsweise selbstständig anhält.

Es sind viele Anwendungsfälle denkbar; es können sowohl einzelne, klar abgegrenzte Fälle enthalten sein bis hin zur Überlagerung vieler Anwendungsfälle, die sich nur noch gering von einer unlimitierten Anwendung unterscheiden. Im Detail stellt sich die Frage, wie genau der «risikominimale Zustand» definiert wird. So ist Anhalten nicht in allen Situationen risikominimal und entsprechende Halteflächen müssten definiert sein (beispielsweise Pannestreifen auf Autobahnen).

Stufe 5: vollautomatisiert

Stufe 5 grenzt sich von Stufe 4 ab, indem das System keine Beschränkung auf Anwendungsfälle mehr kennt, sondern in jedem Umfeld sämtliche Fahraufgaben übernehmen kann, d.h. bei allen Strassentypen, Geschwindigkeiten und Wetterbedingungen. Es ist keine Fahrerin bzw. kein Fahrer an Bord mehr notwendig. Diese Stufe stellt in Anbetracht der unzähligen Kombinationsmöglichkeiten von Fahrbedingungen und Interaktionen von Verkehrsteilnehmenden sehr hohe technische Anforderungen.

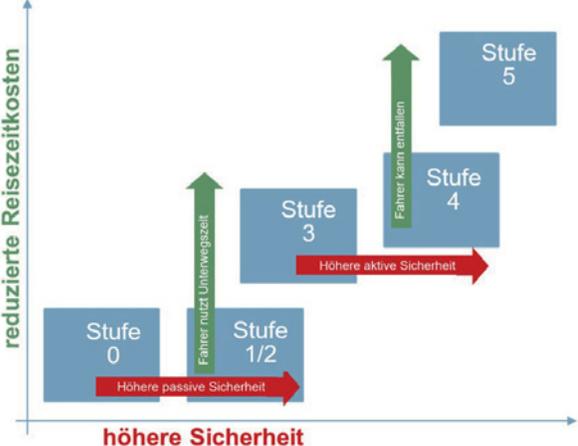
Entwicklung

Systeme der Stufe 1 («Assistenzsysteme») und 2 («Teilautomatisierung») sind heute bereits zugelassen und im Einsatz. Aus rechtlicher und technologischer Sicht stellt der Übergang zu den weiterführenden Stufen 3–5 besondere Anforderungen. Erst ab Stufe 3 übergibt die Fahrerin bzw. der Fahrer die Verantwortung über das Fahrzeug dem System, von bestimmten Situationen mit Übernahmebereitschaft bis hin zum dauerhaften Betrieb ohne Fahrer resp. Fahrerin. Hermann (2018) spricht von den «ironies of automation», die v.a. bei SAE-Stufe 3 eine Rolle spielen dürfen. Je besser das System arbeitet, desto seltener muss der

	<p>Mensch eingreifen. Je seltener der Mensch eingreifen muss, desto schlechter kann er diese Rückfallebene wahrnehmen.</p> <p>Während klassische Autohersteller ihre Fahrzeuge evolutionär von einer Automatisierungsstufe zur nächsten entwickeln, befassten sich Technologieunternehmen von Anfang an nur mit selbstfahrenden Fahrzeugen der Stufe 5 (Hermann, 2018).</p> <p>Auswirkungen</p> <p>Die Auswirkungen von automatisiertem Fahren unterscheiden sich je nach Stufe. Aus verkehrs- und raumplanerischer Sicht sind insbesondere diejenigen Automatisierungsstufen von Interesse, die eine Fahrerin/einen Fahrer an Bord überflüssig und – zumindest technisch gesehen – Leerfahrten möglich machen. Fahrerlose Fahrzeuge sind den Stufen 4 und 5 zuzuordnen und kommen teilweise auch ganz ohne Lenkrad aus. Ein Führerschein ist nicht mehr nötig. Die Stufe 4 kann fahrerlos ausgestaltet werden, wenn sich das Fahrzeug immer innerhalb der definierten Anwendungsfälle befindet und diese nie verlässt, da dann ein/e Fahrer/in mit Führerschein nötig würde. Die Stufe 5 ist nicht auf Anwendungsfälle beschränkt, vollautomatisierte Fahrzeuge dieser Stufe können fahrerlos bei allen Bedingungen verkehren.</p>
<p>Quellen</p>	<p>SAE International (2016): Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, J3016_201609, https://www.sae.org/standards/content/j3016_201609</p> <p>ASTRA (2016): Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität», Anhang 1, http://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/medien/medienmitteilungen.msg-id-65042.html</p> <p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main, 2018.</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>International hat sich in den letzten Jahren die SAE-Norm durchgesetzt. Es kommen weltweit aber verschiedene Klassifikationen und Normen der Automatisierung vor, beispielsweise haben die NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration als zivile US-Bundesbehörde für Strassen- und Fahrzeugsicherheit) oder die BASt (deutsche Bundesanstalt für Strassenwesen als tech-</p>

	<p>nisch-wissenschaftliches Forschungsinstitut des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur) eigene Definitionen. Im Allgemeinen decken sie sich jedoch recht gut mit der SAE-Norm, wenn auch einzelne Abweichungen (insbesondere im Bereich der Vollautomatisierung) vorhanden sind. Keine der Klassifikationen unterscheidet zwischen Personenwagen und Strassenfahrzeugen für den Gütertransport.</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Die Schweiz als Mitglied der internationalen Ländergemeinschaft ist Teil eines grenzüberschreitenden Verkehrssystems. Dementsprechend empfiehlt es sich, internationale Normen anzuwenden. Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) verwendet in seinen Publikationen die beschriebene SAE-Norm.</p> <p>Systeme der Stufe 3 («Bedingte Automatisierung») weisen in Bezug auf die Interaktion von Mensch und Maschine besonders hohe Herausforderungen auf («ironies of automation», Hermann 2018). Technisch gesehen ist (heute noch) unklar, ob die Schnittstelle Mensch–Maschine so gestaltet werden kann, dass der Mensch kritische Fahraufgaben mit geringem zeitlichem Vorlauf übernehmen und meistern kann.</p> <p>Die Fahrzeugzulassung ist international geregelt. So dürfen heute Fahrzeuge, die beispielsweise in der EU zugelassen sind, auch in der Schweiz fahren. Es ist daher international zu klären, ob die Stufe 3 allgemein zugelassen werden kann bzw. ob diese nicht übersprungen werden soll. Die Schweiz muss hier ihre Interessen in die internationale Diskussion um die Fahrzeugzulassung (insbesondere im europäischen Umfeld) einbringen. Das ASTRA als zuständiges Bundesamt für die Fahrzeugzulassung ist skeptisch, ob die Stufe 3 sinnvoll umgesetzt werden kann.</p> <p>Im Rahmen der Weiterentwicklung der UN-Vorschriften über automatische Lenkungenfunktionen (ACSF) ist derzeit eine Regelung für Spurhaltesysteme der Stufe 3 in Arbeit. Wenn Fahrzeuge mit solchen Systemen dereinst mit EU-Typengenehmigung auf den Markt kommen, müssen diese auch in der Schweiz zugelassen werden.</p>

Factsheet 02: Entwicklung, Verbreitung und Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge

Hintergrund	<p>Die verkehrs- und raumplanerischen Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge in der Schweiz werden v.a. von deren Ausbreitungsgeschwindigkeit bestimmt. Massgebende Grösse ist dabei der Durchdringungsgrad der Schweizer Fahrzeugflotte mit Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5. Über den Verkauf von Neuwagen dürfte der Anteil automatisierter Fahrzeuge an der Gesamtflotte steigen und zu einer zunehmenden Automatisierung führen. Die Geschwindigkeit der Flottendurchdringung ist abhängig vom Kaufverhalten von Fahrzeugbesitzerinnen und -besitzern. Entsprechend relevant sind die Gründe für den Kauf von automatisierten Fahrzeugen.</p>
Übersicht	 <p>Wesentliche Kaufargumente für automatisierte Fahrzeuge nach SAE-Stufen (EBP, 2017)</p>
Thema	<p>Kaufargumente und Hemmnisse für automatisierte Fahrzeuge</p> <p>Für den Kauf automatisierter Fahrzeuge dürften für Käuferinnen und Käufer vor allem zwei Dimensionen relevant sein: die Erhöhung der Verkehrssicherheit und die Möglichkeit eines «Zeitgewinns» resp. der Freiheit, während des Fahrens anderen Tätigkeiten nachgehen zu können. Die Kauf-</p>

bereitschaft dürfte zusätzlich erhöht werden durch weitere erhoffte Nutzen wie einen erhöhten Reisekomfort, einer zeitlichen Flexibilität dank der Möglichkeit von fahrerlosen Transportfahrten und schliesslich durch die Chance auf einen erhöhten Wiederverkaufswert des Fahrzeugs.

Auf der anderen Seite sind auch Hemmnisse für eine rasche Verbreitung auszumachen: Hierzu gehört eine (noch) geringe Akzeptanz von automatisierten Fahrzeugen. Fahrerinnen und Fahrer müssen bereit sein, die Verantwortung über Fahraufgaben an ein System abzugeben. Mit positiven Erfahrungen wird das Vertrauen in ein automatisiertes System voraussichtlich wachsen. Unfälle, die auf automatisierte Systeme zurückzuführen sind, können das Vertrauen aber auch rasch wieder sinken lassen.

Sicherheit

Die meisten heute verfügbaren Fahrzeugmodelle werden als vergleichbar sicher wahrgenommen. Die Bedeutung der Sicherheit als differenzierendes Kriterium beim Neuwagenkauf hat sich in den letzten Jahren reduziert. Automatisierte Fahrzeuge können hier wieder zu einer deutlichen Aufwertung des Kaufkriteriums Sicherheit führen. In einer ersten Phase geht das automatisierte Fahren vor allem mit einer höheren passiven Sicherheit einher. Bei tieferen Automatisierungsstufen (SAE-Stufen 1–3) führen die Sensoren am Fahrzeug sowie die Eingriffe in die Längs- und Querverführung zu einer Reduktion von Ausmass und Folgen von Unfällen. Dabei kommt es nicht darauf an, ob andere Verkehrsteilnehmende auch solche Technologien einsetzen. Bei den weiterführenden Automatisierungsstufen dürfte auch die Vernetzung zwischen den Fahrzeugen zunehmen, sodass sich Fahrzeuge untereinander bzw. Fahrzeuge mit der Infrastruktur koordinieren können und damit viele Unfälle vermieden werden (höhere aktive Sicherheit).

Nutzung der Reisezeit

Bei automatisierten Fahrzeugen ab Stufe 3 kann sich die Fahrerin bzw. der Fahrer an Bord anderen Aktivitäten widmen, beispielsweise dem Arbeiten. Die Reisezeit wird damit anderweitig nutzbar. Dieser Gewinn führt zu reduzierten Reisezeitkosten, trotz insgesamt gleichbleibender Unterwegszeit.

Wird beispielsweise das automatisierte Fahren ab SAE-Stufe 3 auf Autobahnen zugelassen, treten erste als wesentlich wahrgenommene Zeitgewinne ein, die ein Kaufargument für automatisierte Fahrzeuge darstellen können. Bei Fahrzeugen, die gänzlich ohne die Übernahmebereitschaft durch die Fahrerin bzw. den Fahrer auskommen (SAE-Stufe 4 in Anwendungsfällen oder SAE-Stufe 5), können die Fahrzeuginsassen ihre Aufmerksamkeit während der ganzen Fahrt anderen Tätigkeiten widmen. Dies erhöht die Qualität der Unterwegszeit weiter. Beim Neuwagenkauf lässt sich dies als reduzierte Kilometerkosten abbilden. Bei der Nutzung automatisierter Fahrzeuge ist als Konsequenz damit auch mit entfernteren Reisezielen zu rechnen.

Kostenseite

Dem individuellen Nutzen stehen die (Kauf-)Kosten gegenüber. Die Mehrausgaben beim Fahrzeugkauf dürften von Stufe zu Stufe deutlich variieren. Ein deutlicher Kostensprung dürfte mit dem Schritt von SAE-Stufe 2 zu SAE-Stufe 3 zu erwarten sein. Der Hauptgrund dafür ist, dass ab Stufe 3 Sensoren benötigt werden, die heute noch sehr teuer sind. Weiter ist absehbar, dass mit der steigenden Vernetzung auch zusätzliche Kommunikationsinfrastruktur mit entsprechenden Kosten für Investition, Betrieb und Unterhalt notwendig sein dürfte. Demgegenüber zeigt die Erfahrung mit den beispielsweise technisch immer aufwendigeren Abgasnachbehandlungssystemen, dass die Mehrkosten sich wieder relativieren, wenn die Technologien ausgereift sowie im Fahrzeugdesign ab Anfang integriert sind und die Skaleneffekte zum Tragen kommen. Für den Kauf eines Durchschnittsautos investieren die Käufer heute im Durchschnitt weniger Monatslöhne als früher, obwohl die Autos technisch viel komplexer sind. Diese Entwicklung ist längerfristig auch bei automatisierten Fahrzeugen zu erwarten.

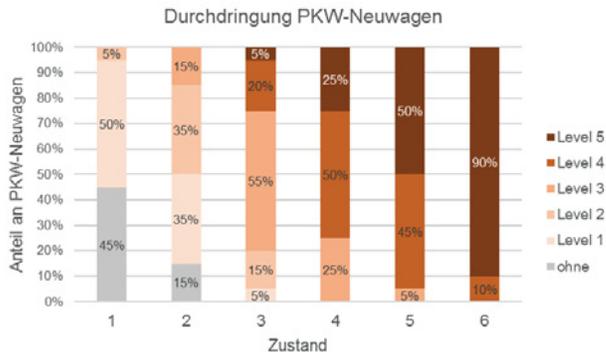
Marktdurchdringung bei Neuwagen und Gesamtflotte

Zur zukünftigen Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen im Schweizer Markt gibt es verschiedene Studien, die jeweils auf unterschiedlichen Entwicklungsszenarien und Abschätzungen basieren.

EBP (2017) hat für einen denkbaren Entwicklungspfad in sechs Zuständen (zunehmende Anwendung von automatisier-

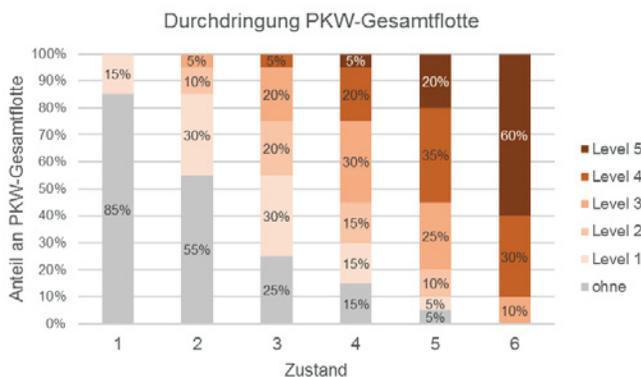
ten Fahrzeugen von Autobahnen über den Siedlungsraum zur Überlandstrasse) und aufgrund aktueller verfügbarer Studien eine Modellierung der Marktanteile der einzelnen SAE-Stufen vorgenommen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Technologien zum automatisierten Fahren über das Premiumsegment in den Markt eindringen. Dank Skaleneffekten bleiben die Zusatzkosten in etwa stabil, obwohl der technische Aufwand mit jeder Stufe zunimmt. Infolge der zunehmenden Zahlungsbereitschaft (für die erhöhte Sicherheit und die reduzierten Reisezeitkosten) nimmt in der Folge der Marktanteil automatisierter Fahrzeuge zu. Es wird angenommen, dass die höheren SAE-Stufen die niedrigeren mit der Zeit jeweils ganz verdrängen, d.h., irgendwann gibt es gar keine Fahrzeuge der Stufe 1 mehr am Neuwagenmarkt, usw.

Sobald Fahrzeuge auf ersten Strassenabschnitten automatisiert fahren dürfen, wird dies am Neuwagenmarkt starke Auswirkungen haben, weil Autokäuferinnen und Autokäufer keine potenziellen Einschränkungen möchten und auf den Wiederverkaufswert achten. Weil es in Europa auf Teststrecken bereits erste Einsatzmöglichkeiten gibt, setzen sich Technologien der Stufe 3 am Neuwagenmarkt bereits durch. Neuwagenkäufer wollen das Risiko vermeiden, ein Fahrzeug später nicht einsetzen oder nur noch zu einem reduzierten Restwert weiterverkaufen zu können («Minimierung des potenziellen Bedauerns» statt «Maximierung des Nutzens»).



Durchdringung des PKW-Neuwagenmarktes aufgrund der Erneuerungszyklen in der Schweiz nach Automatisierungsgrad (EBP, 2017)

Mit einer Verzögerung gegenüber dem Neuwagenmarkt entwickelt sich auch der gesamte Fahrzeugbestand. Dazu müssen die Überlebensraten in der Gesamtflotte berücksichtigt werden, wie sie aus den PKW-Beständen der Schweiz für grosse, mittlere und kleine Fahrzeuge abgeleitet werden können.



Durchdringung der PKW-Gesamtflotte nach den verschiedenen Automatisierungsgraden aufgrund der Neuwagen-Verkaufszyklen (EBP, 2017)

Diskrepanz zwischen «Können» und «Dürfen»

Je nach Entwicklung entsteht zwischen dem technisch Möglichen («was Fahrzeuge können») und den gesetzlich erlaubten Funktionen («was Fahrzeuge dürfen») ein Unterschied. Vorerst muss davon ausgegangen werden, dass dieser Unterschied zu Beginn der Ausbreitung automatisierter Fahrzeuge grösser wird. Grund für diese Diskrepanz dürfte sein, dass die Chance, die potenziellen Vorteile demnächst nutzen zu können, und der Wiederverkaufswert die Verbreitung der technischen Neuerungen beschleunigen. Inwieweit die Vollzugsorgane das Einhalten der Vorschriften durchsetzen wollen und können, kann heute nicht beurteilt werden. Die Differenz zwischen «Können» und «Dürfen» dürfte dann in der weiterführenden Entwicklung kleiner werden, die möglichen Funktionen und die rechtlichen Möglichkeiten dürften sich durch regulatorisches Handeln wieder angleichen.

<p>Quellen</p>	<p>EBP (2017): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Grundlagenanalyse, https://www.ebp.ch/de/projekte/studie-zum-einsatz-automatisierter-fahrzeuge-im-alltag</p> <p>IHS (2016): Autonomous vehicle sales forecast to reach 21 mil. globally in 2035, according to IHS Automotive. https://ihsmarkit.com/country-industry-forecasting.html?ID=10659115737</p> <p>KPMG (2015): Connected and Autonomous Vehicles – The UK Economic Opportunity.</p> <p>Lavasani et al. (2016): Market Penetration Model for Autonomous Vehicles on the Basis of Earlier Technology Adoption Experience, Transportation Research Record Journal, Florida International University.</p> <p>Prognos (2018): Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte, Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit, im Auftrag des ADAC.</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Die Entwicklung und Verbreitung von neuen Technologien ist Teil der Marktentwicklung und wird im Falle von automatisierten Fahrzeugen insbesondere von Fahrzeugherstellern (Deutschland) und datengetriebenen Firmen wie Google (USA) vorangetrieben. Wie schnell sich die neuen Technologien durchsetzen, hängt aber auch von der Kaufkraft der Bevölkerung ab. In ärmeren Ländern dürften sich automatisierte Systeme nicht so schnell durchsetzen wie in reicheren Ländern wie der Schweiz oder Grossbritannien. Beispielsweise schätzt KMPG (2015), dass 25 % der in Grossbritannien produzierten Autos bis 2030 vollautomatisiert und alle anderen mindestens die SAE-Stufe 3 erreichen werden. In den Schwellenländern werden Fahrzeuge vermutlich eher geteilt werden und der Besitz von hochautomatisierten Privatfahrzeugen wird weniger bedeutend sein.</p> <p>Für Deutschland hat Prognos (2018) die Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen für ein pessimistisches und ein optimistisches Szenario abgeschätzt. Dabei wurden drei Automatisierungsfunktionen (Autobahn-pilot, City-Pilot, Tür-zu-Tür-Pilot) und vier Fahrzeugsegmente (Innovationstreiber, frühe Mehrheit, späte Mehrheit, Nachzügler) unterschieden.</p>

	<p>Im pessimistischen Szenario sind bis 2050 rund 30 % der Fahrzeuge im deutschen Gesamtbestand automatisiert, im optimistischen Szenario sind es rund 45 %. Dabei fällt die Mehrheit auf Autobahn- und City-Pilot.</p> <p>In den USA, wie auch in anderen Ländern, wird erwartet, dass eine verbesserte Sicherheit und reduzierte Reisezeitkosten die Zahlungsbereitschaft der Reisenden für automatisierte Fahrzeuge im Laufe der Zeit erhöhen werden. Lavasani et al. (2016) schätzen, dass in den USA unter der Annahme, dass automatisierte Fahrzeuge bis 2025 kommerziell verfügbar sein werden, bis 2035 rund 8 Millionen vollautomatisierte Fahrzeuge (SAE-Stufen 4/5) verkauft werden und bis 2060 eine Marktdurchdringung bei den Neuwagen von fast 75 % erreicht wird.</p> <p>Das Branchenanalyse-Unternehmen IHS Automotive prognostiziert, dass der weltweite Jahresabsatz von vollautomatisierten Fahrzeugen (SAE-Stufen 4/5) im Jahr 2025 600'000 Stück und im Jahr 2035 über 20 Millionen Stück erreichen wird. Traditionelle Fahrzeuge werden aber bis mindestens 2040 den Grossteil des Leichtfahrzeugabsatzes ausmachen.</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Die Schweiz hat relativ wenig Einfluss auf die Marktverfügbarkeit von automatisierten Fahrzeugen, auch wenn sie sich im Rahmen der UNO in der Entwicklung der technischen Vorschriften für Fahrzeuge engagiert. Diese Entwicklung der Marktverfügbarkeit der Fahrzeuge ist weitgehend dem internationalen Markt bzw. privaten Firmen überlassen. Zudem sind in der Schweiz keine Fahrzeughersteller ansässig, auch wenn die Zulieferungsindustrie durchaus eine wirtschaftliche Bedeutung hat. Das Angebot an automatisierten Fahrzeugen wird folglich vor allem durch ausländische Akteure definiert. Die Durchdringung der Gesamtflotte mit automatisierten Fahrzeugen ist wesentlich vom technologischen Angebot abhängig, zu dessen Verfügbarkeit kein direkter Einfluss für die Politik besteht.</p> <p>Die Schweiz kann hingegen auf rechtllichem Weg Einfluss auf die Verbreitung automatisierter Fahrzeuge bzw. auf die Nutzung automatisierter Systeme ausüben (siehe auch Factsheet 03 Rechtliche Grundlagen). Einerseits kann die Schweiz über die Fahrzeugzulassungen Einfluss nehmen, indem internationale Normen rasch übernommen werden. Zur</p>

	<p>Aufrechterhaltung eines grenzüberschreitenden Verkehrssystems muss die Schweiz die Zulassung auf der Grundlage der entsprechenden EU- und UN-Regelungen vollziehen. Bei der Entwicklung dieser Regelungen muss sie aber die Interessen der Schweiz vertreten. Andererseits kann aber die Nutzung selbstfahrender Fahrzeuge räumlich oder zeitlich eingeschränkt werden, was je nach Ausmass eine hemmende Wirkung auf die Durchdringung haben kann.</p>
--	--

Factsheet 03: Rechtliche Grundlagen

Hintergrund	<p>Viele Rechtsbereiche wie das Strassenverkehrsgesetz, die Fahrzeugzulassung, die Ausstellung von Führerausweisen sowie die Haftung und Strafbarkeit sind für die Genehmigung von Automatisierungssystemen sowie zur Regelung von Technologien und Diensten relevant. Das heutige internationale Recht geht von Fahrzeugen aus, die durch eine Fahrerin oder einen Fahrer gesteuert werden.</p> <p>Aufgrund der zeitlich verzögerten Rechtssetzung dürfte insbesondere mittelfristig eine Diskrepanz zwischen dem technisch Möglichen («was Fahrzeuge können») und den gesetzlich erlaubten Funktionen («was Fahrzeuge dürfen») bestehen. Die neuen Möglichkeiten können sich nicht nur direkt auf Fahrzeuge, sondern auch auf Mobilitätsdienste und die Nutzung von Daten beziehen.</p>
Übersicht	<p>Was automatisierte Fahrzeuge können und dürfen</p>
Thema	<p>Das Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr ist das zentrale Regelwerk für die internationale Abstimmung von Fahrzeugzulassungen und Verkehrsregeln. Die darin definierten Minimalstandards ermöglichen den grenzüberschreitenden Strassenverkehr. Die Schweiz hat das Übereinkommen als eines von über 70 Ländern ratifiziert. Darin ist u.a. vorgeschrieben, dass die Fahrerin bzw. der Fahrer das Fahrzeug immer beherrschen muss. Dies wurde mit dem Aufkommen von Assistenzsystemen der SAE-Stufe 1 und 2 infrage gestellt. Mit der letzten Anpassung des Übereinkommens vom März 2016 wurde präzisiert, dass diese Bedingung</p>

erfüllt ist, sofern das automatisierte Fahrassistenzsystem von der FahrerIn resp. vom Fahrer übersteuert oder ausgeschaltet werden kann oder wenn internationale Zulassungsvorschriften (Reglemente der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen, UNECE) anderweitige Regelungen dazu festlegen. Damit könnten sämtliche automatisierte Fahrsysteme prinzipiell zugelassen werden (Lohmann, 2015). Eine FahrerIn oder ein Fahrer wird jedoch auch weiterhin vorausgesetzt und eine Entlastung von Pflichten ist damit noch nicht verbunden.

Für die SAE-Stufen 3–5 stellt sich die Frage, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit eine FahrerIn oder ein Fahrer während der Nutzung von automatisierten Systemen gänzlich von der Fahraufgabe und -verantwortung entlastet werden kann. Dabei muss festgelegt werden, welches Sicherheitsniveau die Fahrzeuge hierfür aufweisen müssen und wie dieses nachgewiesen werden kann. Eine besondere Rolle spielt dabei die sichere Übergabe der Fahrzeugsteuerung zwischen Mensch und Fahrzeugsystem.

Fahrzeugzulassung

Serienmässig hergestellte Motorfahrzeuge unterliegen in der Schweiz gemäss Strassenverkehrsgesetz (SVG) der Typengenehmigung. Das ASTRA als Bundesbehörde stellt dabei fest, ob die Fahrzeugtypen die schweizerischen Vorschriften einhalten. Trifft dies zu, stellt die Behörde eine schweizerische Typengenehmigung bzw. ein Datenblatt aus. Die Umsetzung der Zulassung erfolgt in den kantonalen Strassenverkehrsämtern.

Derzeit ist es den Zulassungsbehörden (noch) nicht möglich, in den Typengenehmigungsverfahren zu überprüfen, ob (noch zu definierende) Sicherheitsniveaus durch automatisierte Fahrzeugsysteme eingehalten werden. Diese müssten für alle hypothetischen Fahrsituationen nachgewiesen werden können. Die Komplexität ist dafür zu hoch. Daher dürfte die Gewährleistung der Produktesicherheit ausschliesslich in der Selbstverantwortung der Hersteller liegen. Dieser Sachverhalt wird bestärkt durch die Dynamik der Systeme, wenn neben der Notwendigkeit für regelmässige Updates des Fahrzeugs künftig auch die Möglichkeiten eines «lernenden Fahrzeugs» während des Betriebs besteht. Über weitere Details des Zu-

lassungsrechts in der Schweiz wurde ausgiebig geforscht (Lohmann, 2016).

Führerausweise

Ein Führerausweis ist grundsätzlich so lange notwendig, wie eine Fahrerin bzw. ein Fahrer in das System eingreifen kann oder muss. Erst beim vollautomatisierten Fahren ohne Fahrmöglichkeit (SAE-Stufen 4 und 5) kann darauf verzichtet werden. Lohmann (2016) weist darauf hin, dass allenfalls aber andere Kompetenzen nachgewiesen werden müssen oder die Bewilligung des Fahrens mit automatisierten Fahrzeugen ab einer gewissen Automatisierungsstufe sinnvollerweise an eine spezielle Führerausweiskategorie mit spezifischen Entzugsregelungen zu knüpfen wäre. Zu bedenken ist, dass das Führen hochgradig automatisierter Fahrzeuge ab einer bestimmten Komplexität hohe Anforderungen an die Fähigkeiten der Fahrerin resp. des Fahrers stellen kann, die von ihr/ihm nachzuweisen wären. Gleichzeitig ist auch denkbar, dass bei vollständig automatisierten Fahrzeugen die Fähigkeiten des zum Passagier gewordenen Menschen keine Rolle mehr spielen. Dann können auch Personen (mit)fahren, die etwa altersbedingt noch nicht oder nicht mehr über einen herkömmlichen Führerausweis verfügen. Die Bestimmungen betreffend Fahreignung und Ausweis (Art. 14 ff. SVG) wären somit anzupassen und automatisierungsbezogene Ausweiskategorien einzuführen. Zwischenformen sind gemäss Bund denkbar: Um gewisse Fahreignungsdefizite – beispielsweise von Senioren – auszugleichen, könnte die Zulassung von Fahrzeugführerinnen und Fahrzeugführern mit der Auflage verknüpft werden, teilautomatisierte Assistenzsysteme wie Notbremsassistent, Nachtsichtassistent oder Autobahnpiilot zu verwenden (ASTRA, 2016). Profitieren davon könnten beispielsweise Senioren, die heute aufgrund von Einschränkungen nicht mehr fahren dürfen. Denkbar ist auch, dass es künftig auch eine Ausbildung brauchen wird für den Umgang mit automatisierten Fahrzeugsystemen, die über die heutige Instruktionspflicht des Herstellers hinausgeht.

Strafbarkeit

Das Strassenverkehrsgesetz (SVG) setzt voraus, dass jedes Fahrzeug eine Fahrerin oder einen Fahrer hat und diese/r das

Fahrzeug ständig beherrschen muss (Art. 31). Für selbstfahrende Fahrzeuge ist eine Änderung des SVG nötig. Bei teilautomatisierten Systemen bleibt die FahrerIn oder der Fahrer strafbar, solange sie/er die Fahraufgabe selbst ausübt. Gibt man die Kontrolle vollständig an ein System ab, kann man bei bestimmungsgemäsem Gebrauch des Systems nicht strafbar gemacht werden. Dabei sind aber Ausnahmen zu beachten wie der Einsatz bei systemwidrigen Umständen, Manipulation oder für den Menschen erkennbare Fehlerhaftigkeit des Systems. In diesen Fällen wäre die FahrerIn oder der Fahrer strafbar. Zur Feststellung der Verantwortung geht das ASTRA davon aus, dass – wie in der Luftfahrt – Aufzeichnungsgeräte (Blackbox) mit detaillierten Übergabeprotokollen notwendig werden (ASTRA, 2016). Auch die deutsche Ethik-Kommission schreibt, dass die Verteilung der Zuständigkeiten und Übergabevorgänge zwischen Mensch und Technik dokumentiert und gespeichert werden müssen (BMVI, 2017).

Haftung und Versicherung

Der Halter haftet für den einer Person widerrechtlich, adäquat-kausal zugefügten Schaden, der durch den Betrieb eines Motorfahrzeugs verursacht wird (Gefährdungshaftung gem. Art. 58 SVG). Unfallschäden im Zusammenhang mit vollautomatisierten Fahrsystemen sind im Rahmen dieser Halterhaftung dem Betrieb des Fahrzeugs und damit dessen Betriebsgefahr zuzuordnen. Die Haftung besteht grundsätzlich unabhängig davon, ob ein unaufmerksamer Lenker, eine defekte Bremse oder aber ein fehlerhaft funktionierendes automatisiertes Fahrsystem schadensstiftend war (Lohmann, Müller-Chen, 2017).

Hingegen führt der Einsatz vollautomatisierter Fahrzeuge zu einem Wandel der Haftpflicht des Lenkers, der gemäss OR Art. 41 (Verschuldenshaftung) haftet. Ein Verschuldensnachweis wird künftig in vielen Konstellationen nicht mehr gelingen (Lohmann, 2016). Neben der Fahraufgabe gibt es allerdings noch andere Aufgaben, für welche die/der FahrerIn verantwortlich ist, wie beispielsweise die Kontrolle oder Wartung des Systems. Rechtlich ist allerdings noch umstritten, wie weit diese Kontrollpflicht geht z.B. in Bezug auf die zeitliche Distanz zwischen Kontrolle und Ereignis (Lohmann, Müller-Chen, 2017). Da ein Unfall im Selbstfahrmodus tendenziell

nicht durch einen Fehler der Fahrerin oder des Fahrers, sondern durch einen Fehler des Herstellers verursacht wird, rückt die Produktheftung des Herstellers in den Vordergrund. Heute ist dieser Rückgriff gesetzlich noch nicht in allen Situationen gewährleistet, das Versicherungsvertragsgesetz (VVG) wird derzeit jedoch revidiert (Lohmann, 2018). Schuldhaft gemacht werden kann der Lenker auch nicht bei Programmier- und Systemfehlern, da er dabei gar keine Rolle mehr hat (Hochstrasser, 2015). Es stellt sich auch die Frage, wer künftig haftet bei fehlerhaften Daten oder Übertragungsspannen. Rückgriffe auf Infrastrukturbetreiber und Navigationsdienstleister sind denkbar.

Datenschutz

Die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander sowie mit anderen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur (Verkehrsanlagen, Kommunikationsanlagen und Güter) wird sowohl vom Bund wie auch vom europäischen Umfeld als wesentliche Voraussetzung angesehen, um die Potenziale des automatisierten Fahrens zu nutzen, beispielsweise die Steigerung von Effizienz und Sicherheit. Der damit verbundene intensive Datenaustausch eröffnet aber auch Möglichkeiten, umfassende Bewegungsprofile anzulegen, was aus datenschutzrechtlichen Überlegungen problematisch ist.

Laut europäischen Datenschutz- und vergleichbaren Regelungen der Schweiz müssen Verkehrsteilnehmende wissen, welche persönlichen Daten gesammelt werden, und sie sollen selber bestimmen können, ob und wie diese Daten verwendet werden (ASTRA, 2016). Für die Verarbeitung zu personenbezogenen Daten braucht es eine Einwilligung der Betroffenen. Um diese Daten für die Verkehrssteuerung trotzdem nutzen zu können, müssen Lösungen gesucht werden. Diese Lösungssuche bezieht sinnvollerweise die Gesellschaft in den Diskurs mit ein, um die unumgängliche Interessensabwägung breit abzustützen. Notwendig sind Weiterentwicklungen resp. Erweiterungen des Bundesgesetzes zum Datenschutz, zum Beispiel eine feinere Steuerung erlaubter und nicht erlaubter Nutzung von Daten durch das Subjekt der Daten. Weitere Informationen hierzu finden sich im Factsheet 04 zu Daten und IT-Infrastrukturen.

Mobilitätsdienstleistungen

Mit selbstfahrenden Fahrzeugen werden auch neue Mobilitätsdienstleistungen möglich (siehe Factsheet 08 zum Personenverkehr). Im öffentlichen Individualverkehr (ÖIV gemäss ARE, 2017), dem Übergangsbereich von individuellem und öffentlichem Verkehr, besteht ein Potenzial für neue private und/oder öffentliche Angebote im kollektiven Verkehr (Bsp. Sammeltaxis). Gefragt ist eine (neue) rechtliche Marktordnung, die Freiraum für innovative private Angebote ermöglicht, gleichzeitig aber die öffentlichen Interessen wahrt.

In der Schweiz betroffen ist das Personenbeförderungsgesetz (PBG) und die Verordnung über die Personenbeförderung (VPB). Nachfrageorientierte öffentliche Angebote für den Transport von mehr als neun Personen mit einer flexiblen Gestaltung von Abfahrtszeit, Route/Linie oder Haltepunkten sind in den heutigen Gesetzen nicht vorgesehen. Eine Anpassung von PBG und VPB sollte einerseits bezüglich der Grundversorgung geprüft werden. Zum bisherigen Grundversorgungsverständnis sind flexiblere On-demand-Angebote zu ermöglichen. Andererseits sollten die durch den Bund festzulegenden strassenverkehrsrechtlichen und versicherungstechnischen Rahmenbedingungen geprüft werden, sodass auch private innovative Fahrdienste möglich werden (EBP, 2017).

Sollten öffentliche Verkehrsbetriebe die Möglichkeit erhalten, neue, allenfalls auch eigenwirtschaftliche Angebote anzubieten, ist auf Bundesebene zu klären, wie eine finanzielle und/oder organisatorische Trennung von abgeltungsberechtigten und allenfalls eigenwirtschaftlichen Bereichen im ÖV gewährleistet werden kann.

Ein weiterer Aspekt ist die Angebotsstruktur bzgl. verkehrsmittelübergreifenden Transportketten, beispielsweise automatisierte Taxis in Ergänzung zum klassischen ÖV. Um die Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft zu verbessern, schlägt der Bundesrat vor, dass eine Anpassung der entsprechenden Rechtsgrundlagen geprüft wird, damit die Chancen der verkehrsmittelübergreifenden Mobilität hinsichtlich einer nachhaltigen und effizienten Transportkette genutzt werden können (SECO, 2017).

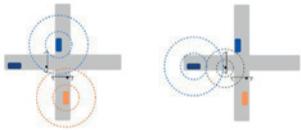
<p>Quellen</p>	<p>ARE (2017): Zukunft Mobilität Schweiz, UVEK-Orientierungsrahmen 2040, https://www.aren.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/zukunft-mobilitat-schweiz.html</p> <p>ASTRA (2016): Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität», Anhang 1, http://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/medien/medienmitteilungen.msg-id-65042.html</p> <p>BMVI (2017): Ethik-Kommission – Automatisiertes und vernetztes Fahren. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.</p> <p>EBP (2017): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Grundlagenanalyse, https://www.ebp.ch/de/projekte/studie-zum-einsatz-automatisierter-fahrzeuge-im-alltag</p> <p>Hochstrasser (2015): Auto ohne Fahrer, Aktuelle Juristische Praxis (AJP), Ausgabe 04/2015, S. 691.</p> <p>Lohmann (2015): Erste Barriere für selbstfahrende Fahrzeuge überwunden – Entwicklungen im Zulassungsrecht; sui-generis.ch, ISSN 2297-105X.</p> <p>Lohmann (2016): Automatisierte Fahrzeuge im Lichte des Schweizer Zulassungs- und Haftungsrechts. Nomos, Baden-Baden.</p> <p>Lohmann, Müller-Chen (2017): Selbstlernende Fahrzeuge – eine Haftungsanalyse. Schweizerische Zeitschrift für Wirtschafts- und Finanzmarktrecht.</p> <p>Lohmann (2018): Der Regress des Versicherers im Kontext der Fahrzeugautomatisierung. HAVE – Haftung und Versicherung, Forum zum Thema «BGE 4A_602/2017 – Mauerfall im Regressrecht des VVG-Versicherers?» (3/2018).</p> <p>Massachusetts (2018): Report of the Massachusetts Autonomous Vehicles Working Group, Draft for Discussion, September 2018.</p> <p>SECO (2017): Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft, Bericht des Bundesrates vom 11. Januar 2017, https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-65223.html</p>
-----------------------	--

	<p>Seidl (2017): Neues aus dem Parlament, Strassenverkehr, interdisziplinäre Zeitschrift, 9. Jahrgang Nr. 1/2017.</p> <p>SVG (2018): Strassenverkehrsgesetz, Fassung vom 01.01.2018, Schweizerische Eidgenossenschaft, https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19580266/index.htmlhttps://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19580266/index.html</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Internationaler Strassenverkehr</p> <p>Das Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr wurde von über 70 Ländern unterzeichnet. Im europäischen Raum gehören fast alle Länder dazu, während beispielsweise die USA oder China das Wiener Übereinkommen nicht unterschrieben haben.</p> <p>Strassenverkehrsgesetz in Deutschland</p> <p>In Deutschland wurde das nationale Strassenverkehrsgesetz im Sommer 2017 dahin gehend geändert, dass zum einen der Betrieb eines Fahrzeugs mittels hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion zulässig ist, wenn die Funktion «bestimmungsgemäss» verwendet wird. Dabei ist festgelegt, dass ein Fahrzeugführer resp. -führerin nach wie vor vorhanden sein muss. Diese/r kann die Fahrsteuerung an das Fahrzeug abgeben, bleibt aber dazu verpflichtet, die Steuerung unverzüglich wieder aufzunehmen, wenn das hoch- oder vollautomatisierte System ihn/sie dazu auffordert oder wenn er/sie erkennt bzw. aufgrund offensichtlicher Umstände erkennen muss, dass die Voraussetzungen für eine «bestimmungsgemässe» Verwendung der hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen nicht mehr vorliegen. Zudem muss der jeweilige Fahrzeughersteller bestätigen, dass ein System die hohen technischen Anforderungen erfüllt, die im Gesetz vorgegeben sind (Selbstverpflichtung). Gemäss diesen Grundsätzen ist auch die Haftungsfrage geregelt. Rechtsexperten erwarten, dass der Nachweis der ordnungsgemässen Erfüllung der aufgeführten Voraussetzungen für die Übernahme der Steuerung durch die Fahrzeugführerin bzw. den Fahrzeugführer nicht einfach sein wird.</p> <p>Internationale Fahrzeugzulassung</p> <p>Die Fahrzeugzulassung erfolgt in westlichen Ländern national, richtet sich aber nach internationalen Normen. Die EU</p>

	<p>verfügt mit der ECE-Homologation über ein überstaatliches System für die Fahrzeugzulassung, das auch von Nicht-EU-Ländern akzeptiert wird. Die Schweiz hat die EU-Vorschriften ratifiziert und übernimmt auch Veränderungen. Die Fahrzeugzulassung erfolgt heute vor allem über die Typengenehmigung. Über unabhängige Prüfinstitute weisen Fahrzeughersteller die ECE-Normenerfüllung ihrer Fahrzeugtypen nach. Diese Nachweise werden dann von allen ECE-Ländern akzeptiert. Eine europäische Datenbank für Prüfverfahren ist bisher aber noch nicht eingerichtet.</p> <p>Fahrzeugzulassung in den USA</p> <p>In den USA führen Fahrzeughersteller eine Selbstzertifizierung durch, welche die Erfüllung der US-amerikanischen Sicherheitsstandards (Federal Motor Vehicle Safety Standards, FMVSS) durch ihre Fahrzeuge angibt. Fahrzeughersteller sind dementsprechend verantwortlich, dass ihre Produkte keine sicherheitsrelevanten Mängel aufweisen. Die FMVSS-Sicherheitsstandards enthalten bisher aber noch keine Angaben für automatisierte Systeme. Die US-Verkehrssicherheitsbehörde (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) überprüft die Einhaltung der Sicherheitsstandards über Fahrzeugtests. Sie kann auch Ausnahmen für Fahrzeuge ausstellen, welche die FMVSS-Sicherheitsstandards nicht erfüllen, um Tests auf öffentlichen Strassen zu ermöglichen (Massachusetts, 2018).</p> <p>Das US-Verkehrsministerium (Department of Transportation, DOT) hat im September 2017 eine Aktualisierung ihrer «Federal Automated Vehicles Policy» vorgenommen. Darin sind eine freiwillige 12-Punkte-Sicherheitsbewertung für Hersteller automatisierter Fahrzeuge und ein Leitfaden für Anpassungen von bundesstaatlichen Fahrzeugzulassungen, Verkehrsgesetze und Fahrzeugversicherungsordnungen im Hinblick auf automatisierte Fahrzeuge enthalten.</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Die Zulassung und die Regulierung automatisierter Fahrzeuge in der Schweiz hängen stark von internationalen Abkommen und Reglementen in der Strassenverkehrsgesetzgebung ab. Automatisierte Fahrzeuge ab SAE-Stufe 3 sind in der Schweiz erst einsetzbar, wenn der internationale Rechtsrahmen weiterentwickelt wurde (ASTRA, 2016). Das nationale Recht darf diesen Entwicklungen aber nicht hinterherhinken.</p>

	<p>Der Bund schlägt Folgendes vor: «Um die notwendige gesetzgeberische Flexibilität zu erreichen, sollten dem Bundesrat auf Stufe SVG die notwendigen Kompetenzen eingeräumt werden, um die Zulassung und den Verkehr von automatisierten und selbstfahrenden Fahrzeugen auf Verordnungsstufe zu regeln.» (ASTRA, 2016)</p> <p>Beim Datenschutz ist der Handlungsspielraum der Schweiz bzgl. Übernahme von europäischen und weiteren internationalen Regelungen abzuklären. Die Schweiz kann in internationalen Gremien sicher ihre Interessen vertreten. Weiter ist auch denkbar, dass die Zugriffs- und Verwendungsrechte von Fahrzeugdaten vor allem national zu regeln sind.</p> <p>Bei der Marktordnung für den ÖV und ÖIV hingegen hat die Schweiz einen grossen Handlungsspielraum, weil sie sich nicht dem Ausland anpassen muss. Dies betrifft insbesondere die Änderungen beim Personenbeförderungsgesetz (PBG) und bei der Verordnung über die Personenbeförderung (VPB).</p>
--	--

Factsheet 04: Daten, IT, Datenschutz und -sicherheit

Hintergrund	<p>Selbstfahrende Fahrzeuge nutzen und produzieren Daten. Ihre Bewegungen basieren auf möglichst genauen Basisdaten (Angaben zum Strassennetz) und in Echtzeit erhobenen sowie ausgewerteten Sensordaten. Die Sensordaten ermöglichen beispielsweise die Erkennung der Fahrspuren, die Rücksichtnahme auf andere Verkehrsteilnehmende oder die Berücksichtigung des aktuellen Strassenzustands und der meteorologischen Verhältnisse.</p> <p>Sensordaten werden heute schon aus den Fahrzeugen (in aggregierter Form) übermittelt und zentral (etwa beim Fahrzeughersteller) zu Basisdaten veredelt und wieder zurückgespielt. Am Beispiel der Strasseninfrastruktur können so genaue Basisdaten zur Strassenbreite, Anzahl Fahrspuren, Signalisation, Topografie gewonnen werden. Es können aber aus Sensordaten auch aktuelle Verkehrszustände erkannt werden wie beispielsweise Stau oder Langsamfahrstellen. Durch den Zusammenschluss von Sensordaten verschiedener Fahrzeuge entsteht eine räumliche Abdeckung und durch die Kombination vieler Messungen resultiert eine bessere Datenqualität. Bisher verbleiben diese Daten jedoch häufig beim Hersteller in sogenannten proprietären Systemen und können von anderen Herstellern oder Aufsichtsbehörden nicht verwendet werden.</p> <p>Experten und der Bund sind sich aber einig, dass das volle Potenzial selbstfahrender Fahrzeuge nur ausgeschöpft werden kann, wenn alle auch untereinander, mit der Infrastruktur und dem Internet vernetzt sind. Die Vernetzung untereinander und mit Umsystemen bietet die Möglichkeit, Daten in selbstfahrende Fahrzeuge zu übertragen, damit diese über bessere Informationen über ihre Umgebung verfügen, die für die Fahrzeugsteuerung eingesetzt werden können. Nur so können die Sicherheit und die Effizienz des Gesamtverkehrssystems erhöht werden.</p>
Übersicht	 <p>V2V- (links) und V2I-Kommunikation (rechts) an einem Verkehrsknoten</p>

Thema	<p>Vernetzungsarten</p> <p>Bei der Vernetzung von Fahrzeugen und ihrem Umfeld wird zwischen verschiedenen Ebenen unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none">— Daten- und Informationsaustausch zwischen Fahrzeugen (Vehicle-to-Vehicle-Kommunikation, V2V)— Daten- und Informationsaustausch zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation, V2I)— Daten- und Informationsaustausch zwischen Fahrzeug und der ganzen Umgebung (Vehicle-to-Everything-Kommunikation, V2X), beispielsweise mit anderen Verkehrsteilnehmenden wie des Fuss- und Veloverkehrs oder mit transportierten Gütern <p>Bereits heute sind in modernen Fahrzeugen einzelne V2X-Datenströme implementiert: Beispielsweise werden GPS-Daten von Navigationsgeräten und Smartphones zentral beim Hersteller gesammelt und verwendet, um die Belastung des Straßennetzes zu ermitteln, diese den Endgeräten zurückzuspielen und damit die Routenwahl der Fahrzeuge zu verbessern. Zudem werden von Herstellern von Navigationsgeräten vorhandene Meldungen zu Baustellen und Unfällen in die Endgeräte bzw. Fahrzeuge übertragen. Der Datenaustausch zwischen Fahrzeugen erfolgt heute nur indirekt via Hersteller zwischen Fahrzeugen derselben Marke. Am wenigsten ausgeprägt sind heute die V2I-Systeme.</p> <p>Durch umfassende Vernetzung auf allen drei Ebenen entsteht ein kooperatives intelligentes Verkehrssystem, welches C-ITS genannt wird (ASTRA, 2016). Dieses bietet erhebliches Potenzial für eine effizientere Nutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastrukturkapazitäten gem. dem UVEK-Orientierungsrahmen (ARE, 2017) und eine höhere Verkehrssicherheit. Dazu gehört eine Verbesserung des Verkehrsmanagements auf einer breiten Datenbasis bzw. in der Verknüpfung des Individualverkehrs mit dem öffentlichen Verkehr und damit in der Bildung intermodaler Transportketten (ASTRA, 2016). Das ASTRA identifiziert zusätzliche Vorteile darin, dass der gegenseitige Austausch von Sensordaten bessere Lernprozesse automatisierter Fahrzeuge im sogenannten Cognitive Internet of Things (C-IoT) ermöglichen würde (ITS-CH, 2015).</p>
--------------	--

Akteure

Die Effizienz des Gesamtverkehrssystems lässt sich vor allem dann steigern, wenn sich alle relevanten Akteure am Datenaustausch beteiligen. Smartphones (bzw. allfällige Technologienachfolger) könnten eine Schlüsselrolle zur Vernetzung weiterer Verkehrsteilnehmenden beispielsweise des Fuss- und Veloverkehrs sowie im ÖV übernehmen. Als wichtigste Bausteine einer umfassenden Vernetzung werden seitens ITS-CH (2015) die folgenden erachtet: Sicherstellung der Kommunikation (Standards für die Datenübertragung), Organisation des Datenzugangs (Festlegung Austauschgrundsätze), Bereitstellung von kartografischen Inhalten (Basisdaten), Organisation des Datenflusses über eine Plattform und Lernprozesse, die mit den Daten durchzuführen sind.

Die Telekomanbieter werden künftig eine wichtige(re) Rolle spielen, da sie mit ihren Infrastrukturen für den Datenaustausch zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und weiteren Subjekten zuständig sind.

Daten

Für die Diskussion von Daten des automatisierten Fahrens hilft es, diese nach Art zu unterscheiden. Eine Abgrenzung kann nach Daten *für* das automatisierte Fahren (Sensordaten, V2X-Daten, Ereignisdaten etc.) und Daten *über* das automatisierte Fahren (V2I-Daten, weiterverwendete aggregierte Sensordaten etc.) erfolgen (EBP, 2018). Eine nützliche Unterteilung im Zusammenhang mit C-ITS ist:

- Nutzerdaten: Personenbezogene Daten wie Position, Ziel, Alter, Fahrtwunsch, Interessen, Präferenzen etc.
- Fahrzeugdaten: Position, Ziel, Grösse, Belegung, Verbrauch, Ausstattung etc.
- Infrastrukturdaten: Daten zur Verkehrsinfrastruktur wie Lage, Ausbaustandard, Betriebszustand etc.

Grundlage für alle C-ITS-Anwendungen sind auf diesen Ebenen verfügbare Daten. Eine weitverbreitete Vorstellung ist es daher, dass von verschiedenen Akteuren gesammelte verkehrliche Daten in einem Datenpool allen Akteuren zur Verfügung gestellt werden sollen. Bei dieser Bereitstellung von Daten soll die öffentliche Hand vorangehen (ITS-CH, 2013) und eine Kombination mit privaten Datenquellen anstreben (ITS-CH,

2014). ITS-CH hat im Leitbild Stossrichtungen aufgezeigt, wie eine mit den verkehrspolitischen Zielen und öffentlichen Interessen vereinbare Nutzung von Daten gestaltet sein könnte (ITS-CH, 2013). Gemäss Leitsatz 6 dieses Leitbilds wird eine nationale, multimodale Verkehrsdatenaustauschplattform angestrebt.

In grossen Teilen der Privatwirtschaft besteht derzeit Widerstand bezüglich der Öffnung eigener kommerziell interessanter Datenbestände. Die Geschäftsmodelle mancher Unternehmen würden sich mit der Einführung eines offen zugänglichen Datenpools und verpflichtendem Datenaustausch von der Sammlung von Rohdaten hin zur intelligenten Aufbereitung resp. Veredelung allgemein verfügbarer Daten verschieben. Je einfacher der Zugriff auf ITS-Daten ist, desto eher entstehen solche Anwendungen.

Doch wie können Akteure dazu gebracht werden, ihre Daten zu teilen? Hier sind grundsätzlich verschiedene Massnahmen denkbar (EBP, 2018): Gesetzliche Verpflichtungen, Konzessionsauflagen, finanzielle Anreize oder Nutzungsbedingungen. Auch der Zugang zu bzw. der Bezug von Daten muss geregelt werden: Hier zeigt die Entwicklung beim Bund und international in Richtung Open Data, d.h. der freien Abgabe von Daten bzw. der diskriminierungsfreien Nutzung von Daten für beliebige, auch kommerzielle Zwecke. Das ASTRA (2018) geht davon aus, dass es am einfachsten ist, den Datenverbund nach Prinzipien von «bedingter Open Data» zu organisieren. In diesem sind die Daten frei zugänglich; jeder kann sie frei beziehen, muss aber selbst Daten zurückliefern, sofern mit den bezogenen Daten ein Geschäftsmodell betrieben wird. Die so erweiterten Daten stehen wieder allen zur Verfügung und können für neue Anwendungen genutzt werden. Davon ausgenommen sind «veredelte Daten», also Informationen. Diese können weiterhin auf dem Markt gehandelt werden. Wo die Grenze zwischen Daten und Informationen liegen, müssen die Beteiligten gemeinsam aushandeln.

Neben den drei oben aufgeführten Datenarten (mit dem Fokus C-ITS) wäre aus straf- und haftungsrechtlicher Sicht auch die Datenart «Vorgangsdaten» relevant. Dies sind Daten über manuelle und automatisierte Vorgänge (Wer hat gesteuert? Welche Prozesse liefen?), welche die Fahrt nachvollziehbar

machen und vor allem beim Auftreten von Unfällen rechtlich wichtig sind.

Datenschutz

Durch die zunehmende Erzeugung und die Verwendung von Daten und die erhöhte Vernetzung von Systemen steigt das Potenzial für Missbrauch und Probleme rund um den Datenschutz sowie die Abhängigkeit des Einzelnen und der Gesellschaft von technischen Systemen. Somit ist die umsichtige Behandlung von Themen wie die Wahl passender Kommunikationstechnologien (Kommunikationskanäle, -protokolle und Formate) sowie Informationssicherheit und Datenschutz zentral für eine erfolgreiche Einführung vernetzter automatisierter Fahrzeuge. Alle diese Themen erfordern eine internationale Abstimmung (ASTRA, 2016).

Datenschutzrechtlich relevant sind nur die erhobenen Personendaten, wobei der Begriff sehr weit ausgelegt wird. Manche der Anforderungen an den Datenschutz lassen sich mit technischen Mitteln lösen, etwa Aggregation, Pseudonymisierung, Anonymisierung, selektive Abgabe oder Nichtabgabe von Daten. Bei der Pseudonymisierung hat sich aber beispielsweise auch schon gezeigt, dass scheinbar anonyme Datensätze durch Kombination mit anderen Daten wieder de-anonymisiert werden können (EBP, 2018). Ein genaues Studium von Massnahmen zur Wahrung des Datenschutzes und Interessenabwägungen zwischen konfligierenden Zielen sind unumgänglich.

Dabei muss zwischen öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen datenschutzrelevanten Fragen unterschieden werden. Die öffentliche Hand braucht als Rechtfertigungsgrund zur Verwendung von Personendaten eine gesetzliche Grundlage, die die Zweckbindung im Zusammenhang mit der staatlichen Aufgabe (z.B. Verkehrsmanagement) festlegt. Im Privatrecht bedarf es einer Einwilligung durch den Nutzer, damit (private) Akteure auf Personendaten zugreifen dürfen. Dies geschieht im Falle von Fahrzeugen bereits heute über eine vertragliche Vereinbarung beim Autokauf zwischen Hersteller und Käufer. Damit erlangt der Hersteller (oder künftig andere Akteure) die Verfügungsmacht über die vom Fahrzeug produzierten Daten. Die Herausforderung für den Nutzer ist aber festzustellen, für was und in welchem Umfang die Daten dann verwendet wer-

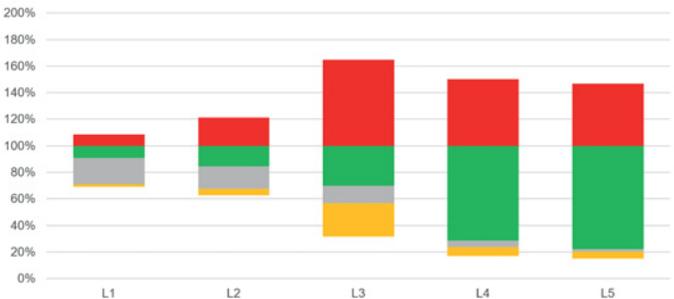
	<p>den, und eine allfällige zweckwidrige Verwendung überhaupt zu erkennen.</p> <p>Aus Sicht der datenschutzrechtlichen Transparenzanforderungen ist der Zweck der Datenbearbeitungen im öffentlichen Recht klar festzulegen (Zweckbindungsgebot) und die Sammlung und Bearbeitung von Personendaten hat sich auf die die Zweckerreichung geeigneten und erforderlichen Daten zu beschränken (Prinzip der Verhältnismässigkeit resp. Datensparsamkeit, siehe EBP 2019). Zudem ist sicherzustellen, dass ich jederzeit eine Kopie der über mich gespeicherten Daten beziehen kann (MyData) und diese maschinenlesbar ist (Datenportabilität). Ersteres ist heute in der Datenschutzgesetzgebung schon gegeben, Letzteres noch in Diskussion.</p> <p>Datensicherheit</p> <p>Für die Daten im Zusammenhang mit automatisiertem und vernetztem Fahren sind bezüglich Datensicherheit hohe Anforderungen notwendig, um die Sicherheit im Verkehr zu gewährleisten. Ziel ist es, Daten mit geeigneten Massnahmen gegen Verlust, Manipulationen und andere Bedrohungen zu schützen, damit sie in einer gewünschten Qualität genutzt werden können. Auf Systeme und Daten muss jederzeit zugegriffen werden können (Datenverfügbarkeit), die Systeme und Daten dürfen nur von Berechtigten genutzt werden können (Vertraulichkeit) und Veränderungen an Systemen und Daten dürfen nicht möglich sein bzw. müssen bemerkt werden (Integrität).</p>
<p>Quellen</p>	<p>ARE (2017): Zukunft Mobilität Schweiz, UVEK-Orientierungsrahmen 2040, https://www.aren.admin.ch/aren/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/zukunft-mobilitat-schweiz.html</p> <p>ASTRA (2016): Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität», Anhang 1, http://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/medien/medienmitteilungen.msg-id-65042.html</p> <p>ASTRA (2018): Bereitstellung und Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr, 07.12.18, https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet.html</p>

	<p>Datenschutzbeauftragter des Kantons Zürich: Interview B. Baeriswyl vom 14.12.2018.</p> <p>DOT (2018): Preparing for the Future of Transportation: Autonomous Vehicles 3.0 (AV 3.0), U.S. Department of Transportation, https://www.transportation.gov/av/3/preparing-future-transportation-automated-vehicles-3</p> <p>EBP (2017): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Grundlagenanalyse, https://www.ebp.ch/de/projekte/studie-zum-einsatz-automatisierter-fahrzeuge-im-alltag</p> <p>EBP (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3b «Daten und IT-Infrastrukturen», Definitive Fassung vom 05.04.2018, https://www.ebp.ch/sites/default/files/project/uploads/2018-04-05%20aFn_3b%20Daten%20und%20Infrastrukturen_Schlussbericht_0.pdf</p> <p>EBP (2019): Datensicherheit und Datenschutz beim automatisierten Fahren (<i>noch nicht publiziert</i>)</p> <p>EU (2016): Eine europäische Strategie für Kooperative Intelligente Verkehrssysteme – ein Meilenstein auf dem Weg zu einer kooperativen, vernetzten und automatisierten Mobilität.</p> <p>EU (2016): Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Strassenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern.</p> <p>ITS-CH (2013): Leitbild ITS-CH, Landverkehr 2025/30.</p> <p>ITS-CH (2013): Kurzbericht, Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, ASTRA, 20. November 2013.</p> <p>ITS-CH (2014): Kurzbericht, Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, Themenvertiefung: Daten werden zu Informationen, ASTRA, 20. November 2014.</p> <p>ITS-CH (2015): Kurzbericht, Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, Themenvertiefung: Virtuelle Infrastruktur, ASTRA, 26. November 2015.</p>
--	---

Situation im Ausland	<p>Die EU schätzt analog zum Bund die Vernetzung als unabdingbar ein. Dies wird u.a. in der EU-Strategie für eine vernetzte kooperative und automatisierte Mobilität festgehalten (EU, 2016). Vernetzung sei anzustreben, damit die Mobilität sicherer, sauberer, zugänglicher und effizienter wird. Die EU-Strategie betont zudem die Wichtigkeit der internationalen Koordination in diesem Bereich. Die Generaldirektion Mobilität und Verkehr der Europäischen Kommission (DG MOVE) erwartet, dass ab 2022 alle neuen Fahrzeuge mit dem Internet verbunden und zur Kommunikation mit ihrer Umwelt fähig sein werden (EU, 2016). In der Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates wird die Vernetzung zwischen Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur als einer von vier vorrangigen Bereichen genannt (EU, 2016).</p> <p>Um ITS voranzutreiben, verfolgt die EU grundsätzlich eine «Open Data»-Strategie. Idee dieser ist es, dass von verschiedenen Akteuren gesammelte Daten in einem Datenpool zur Verfügung gestellt werden sollen. Bei dieser Bereitstellung von Daten soll die öffentliche Hand mit «Open Government Data» vorangehen. Eine Datenplattform ist bisher aber noch nicht umgesetzt.</p> <p>Gemeinsame Grundsätze zum Datenschutz in Europa finden sich in der Europarat-Konvention 108 zum Übereinkommen zum Schutz des Menschen bei der automatischen Verarbeitung personenbezogener Daten. Zudem wurde die Datenschutzverordnung der EU (DSGVO) kürzlich erlassen. Die konkrete materielle Umsetzung erfolgt auf Ebene der Staaten.</p> <p>Im dritten Leitliniendokument des U.S. Department of Transportation zur Fahrzeugautomatisierung (DOT, 2018) werden verschiedene Datenthemen angesprochen. Die Vernetzung wird als wichtige Ergänzung bezeichnet, soll aber in den USA keine Voraussetzung für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge darstellen. Als Basis für die bundesstaatliche Umsetzung des Datenaustauschs werden freiwillige und konsensbasierte technische Standards vorgeschlagen. Das DOT unterstützt hierzu insbesondere private Akteure bei der Entwicklung von Standards für den Datenaustausch und bei dem Aufbau einer vernetzten Infrastruktur hinsichtlich der Verbesserung von Sicherheit und Effizienz. Bei der Datensicherheit wird auf die notwendige Koordination von Staat und Wirtschaft hingewie-</p>
-----------------------------	--

	<p>sen. Zudem muss jeder Datenaustausch die Privatsphärenanliegen von Konsumenten berücksichtigen. Der Datenschutz ist in den USA in der öffentlich-rechtlichen Gesetzgebung weniger streng geregelt als in Europa, das Individuum hat aber auf privatrechtlicher Ebene mehr und stärkere Instrumente, um Verletzungen der Privatsphäre einzuklagen.</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Die Schweiz ist auf internationale Abstimmung und Standardisierungsefforts angewiesen, da nur mit gemeinsamen, länderübergreifenden Lösungen ein durchgängiger Verkehr über Landesgrenzen hinweg möglich bleibt. Der Bund kann sich in internationalen Gremien hinsichtlich Interoperabilität und Datenschutz mit seinen Interessen einbringen (ASTRA, 2016).</p> <p>Der Bund wird eigene Daten für Dritte zur Verfügung stellen müssen. In einem Bericht (ASTRA, 2018) schlägt er dann auch den Aufbau und Betrieb einer Verkehrsdatenplattform vor. Dafür wird er im Rahmen einer Pilotanwendung zunächst mit möglichst unbestrittenen Datensätzen wie Verkehrszählerdaten starten und diese schrittweise auf die Bereitstellung weiterer Verkehrsdaten ausweiten. Für eine erste Bereitstellung und den Austausch von Daten konzipiert, baut und betreibt der Bund eine sichere und frei zugängliche Verkehrsdatenplattform als Pilotanwendung. Bundesnahe Unternehmen, Kantone, Gemeinden und Dritte werden in den Aufbau der Verkehrsdatenplattform eingebunden. Zudem soll das Prinzip der «bedingten Open Data» (siehe oben) getestet werden.</p>

Factsheet 05: Sicherheit

<p>Hintergrund</p>	<p>Gemäss Verkehrsunfallstatistik der Schweiz sind heute rund 90 % der Strassenverkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen. Aktuell machen teilautomatisierte Fahrzeuge der SAE-Stufe 2 ca. 4 % der Neuzulassungen und ca. 1 % der Fahrleistung aller Personenwagen im Schweizer Strassenverkehr aus, wobei der Anteil stetig zunimmt.</p> <p>Die absehbare Entwicklung hin zu einem grösseren Anteil an Fahrzeugen der SAE-Stufe 2 und höher wird sich auf das Unfallgeschehen auf dem Schweizer Strassennetz auswirken. Beim vollautomatisierten Fahren auf Level 5 wird stets derselbe hohe Sicherheitslevel eingehalten, bei dem die Relevanz der heutigen sicherheitsbeeinflussenden Faktoren wie beispielsweise Ermüdung, Ablenkung, Reaktionszeit des Fahrers resp. der Fahrerin abnimmt. Daher ist davon auszugehen, dass sich mit zunehmenden Assistenzsystemen hin zum vollautomatisierten Fahrzeug die Unfallhäufigkeit reduziert (FVS, 2018), obwohl auch neue Unfallursachen und Gefährdungsbilder auftreten können.</p> <p>Wie sich die Automatisierung des Strassenverkehrs auf das Unfallgeschehen auswirken könnte und welche neuen Unfalltypen bzw. Gefährdungsbilder sich ergeben könnten, wurde in einer Studie des Fonds für Verkehrssicherheit untersucht (FVS, 2018).</p>
<p>Übersicht</p>	 <p>Abbildung zur prozentualen Änderung des Unfallgeschehens in Abhängigkeit der Automatisierungsstufen, differenziert nach möglichem Sicherheitsgewinn (grün) und Sicherheitsverlust (rot) infolge des automatisierten Fahrens inkl. Be-</p>

	<p>rücksichtigung der Effekte der Notbremsassistentensysteme (grau) und anderer Fahrerassistenzsysteme wie beispielsweise Fahrerüberwachungssysteme (gelb), aus (FVS, 2018).</p>
<p>Thema</p>	<p>Sicherheitsgewinne durch automatisiertes Fahren</p> <p>Die Sicherheitsgewinne ergeben sich einerseits aus Unfallreduktionen, die direkt auf das automatisierte Fahren zurückzuführen sind. Andererseits resultieren Sicherheitsgewinne auch aus unterstützenden Systemen wie Fahrerassistenz- und Notbremsassistentensystemen. Letztere gelten in der Wissenschaft und unter Verkehrssicherheitsexperten als ein bedeutendes Instrument zur aktiven Erhöhung der Verkehrssicherheit. Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass sich Notbremsassistentensysteme unabhängig von den Entwicklungen im Bereich der Automatisierung durchsetzen und künftig in allen Neuwagen (verbindlich) verbaut sein werden.</p> <p>Das automatisierte Fahren kann sich im Sinne einer Unfallreduktion auf folgende acht Unfallgruppen positiv auswirken:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Menschliches Fehlverhalten im Verkehr, unabsichtlich: Dazu zählen beispielsweise Unfallursachen wie überhöhte Geschwindigkeit, Links-/Rechtsfahren, falsches Einspielen, Nichtbeachten der Signalisation. — Menschliches Fehlverhalten im Verkehr, absichtlich: Dazu zählen Unfallursachen wie das Missachten der Lichtsignale oder der Vortrittsrechte. — Menschliches Fehlverhalten durch Unaufmerksamkeit oder Ablenkung des Fahrzeuglenkenden. — Fahruntaugliche Fahrzeuglenkende: Der Zustand des Lenkers/der Lenkerin aufgrund von Einwirkungen wie Alkohol, Betäubungs- oder Arzneimitteln etc. ist nicht fahrtauglich. — Bedienungsfehler und mangelhafte Bedienung des Fahrzeuges. — Äussere Einflüsse wie Mängel an der Strassenanlage, Aquaplaning, verschmutzte Fahrbahn oder Gegenstände auf der Fahrbahn. — Fahrzeug nicht einsatzfähig: Dazu zählen beispielsweise Unfallursachen wie das unsachgemässe Beladen oder auch Besetzung des Fahrzeuges, mangelhafter Unterhalt des Fahrzeuges oder technische Defekte.

— Spontaner Kontrollverlust, unabsichtlich: Dazu zählen insbesondere Unfallursachen, die sich aus dem medizinischen Zustand des Fahrzeuglenkenden wie Schwächeanfall oder Herzinfarkt ergeben.

Sicherheitsverluste durch automatisiertes Fahren

Neben den Sicherheitsgewinnen sind aber auch Sicherheitsverluste zu erwarten. Diese ergeben sich durch neu auftretende Unfallursachen. Diese Gefährdungsbilder können (in Anlehnung an bfu, 2016) in sechs Gruppen zusammengefasst werden:

- Übernahmeproblematik und Beanspruchung: In Übernahme- oder Notfallsituationen, in denen der Fahrzeuglenkende wieder die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen muss, kann es aufgrund kurzer Warn- und Übernahmezeiten zur Überforderung des Fahrzeuglenkenden kommen. Dies betrifft insbesondere Fahrzeuge der SAE-Stufe 3 (siehe auch «ironies of automation» in Factsheet 01).
- Fehlendes Situations- und Systembewusstsein, Missbrauch des Systems: Ein Beispiel hierfür ist die sogenannte «Vigilanzmilderung», also eine abnehmende Bereitschaft des Fahrzeuglenkenden, über längere Zeiträume relevante Veränderungen der Umwelt zu entdecken und richtig darauf zu reagieren. Weitere Beispiele sind fahrzeugbezogene oder fahrfremde Ablenkungen des Fahrzeuglenkenden (bei tiefen Automatisierungsstufen), Missbrauch des Systems durch z.B. längeres Fahren trotz Müdigkeit, ungenügendes Systembewusstsein sowie blindes Vertrauen in das System oder fehlendes Vertrauen in das System.
- Mischverkehr mit konventionellem und automatisiertem Verkehr: Konflikte, Missverständnisse zwischen automatisierten und konventionellen Fahrzeugen.
- Mischverkehr mit automatisiertem Verkehr und anderen Verkehrsmitteln wie dem Fuss- und Veloverkehr: Konflikte, Missverständnisse.
- Technische Mängel: Zum Beispiel aufgrund der Alterung der Systeme und Systemkomponenten, unausgereifter Systeme, die plötzlich kritische Situationen wie zum Beispiel Schnee auf der Fahrbahn nicht richtig einschätzen, oder Fehler in der Software des Systems, beispielsweise im Bereich der Detektion und Interpretation von statischen und dynamischen Objekten.

— Manipuliertes System durch Angriffe von aussen auf das Fahrzeug (Hacking).

Sicherheitsbilanz

Die Studie (FVS, 2018) zeigt, dass sich das automatisierte Fahren grundsätzlich positiv auf die Strassenverkehrssicherheit auswirkt und die Anzahl Unfälle langfristig zu reduzieren vermag. Das Sicherheitspotenzial, also die Bilanz von Sicherheitsgewinn und Sicherheitsverlust, ist jedoch stark von der Automatisierungsstufe abhängig.

Beim assistierten und teilautomatisierten Fahren der SAE-Stufen 1 und 2 wird erwartet, dass sich das automatisierte Fahren positiv auf die Verkehrssicherheit auswirkt. Ein wesentlicher Beitrag leisten hier die Notbremsassistentensysteme. Beim bedingt automatisierten Fahren der SAE-Stufe 3 kann hingegen nicht ausgeschlossen werden, dass die Sicherheitsverluste die Sicherheitsgewinne des automatisierten Fahrens sogar übersteigen, wenn nicht zusätzliche Fahrerassistenzsysteme, die den Fahrer überwachen, weiterentwickelt und in den Fahrzeugen verbaut werden. Erst beim hoch- und vollautomatisierten Fahren ab der SAE-Stufe 4 dürften die Sicherheitsgewinne die entsprechenden Verluste deutlich übersteigen. Aber auch dann sind die zu erwartenden Sicherheitsverluste beträchtlich. Dies ist vor allem auf die Folgen der neuen Unfallursache «Mischverkehr» zurückzuführen: eine zunehmende Zahl von Konflikten zwischen hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen mit konventionellen Fahrzeugen sowie Motorrädern, Fussgängern und Radfahrerinnen. Aber auch Eingriffe von aussen auf die Fahrzeugsteuerung können eine neue Unfallursache darstellen, die mit zunehmender Automatisierung gemäss der Studie an Bedeutung gewinnen dürfte.

Datensicherheit und Datenschutz

Automatisiertes Fahren benötigt Daten zur unmittelbaren und mittelbaren Umgebung. Automatisierte Fahrzeuge nutzen und produzieren Daten, die sie – unter Annahme der Vernetzung – mit ihrer Umgebung austauschen (vgl. Factsheet 04 zu Daten). Die Daten betreffen die anderen Verkehrsteilnehmenden, die Verkehrsverhältnisse, die Infrastruktur und die meteorologischen Verhältnisse. Dazu kommt eine ganze Reihe weiterer Daten und Informationen, die nicht direkt mit

	<p>dem Fahren zusammenhängen, wie Daten und Informationen für Kommunikationsmöglichkeiten und Unterhaltung. Sicheres und zuverlässiges automatisiertes Fahren setzt eine angemessene Sicherheit und einen ausreichenden Schutz dieser Daten voraus. Diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ist schwierig, weil eine ganze Reihe verschiedener Akteure an verschiedenen Formen des automatisierten Fahrens beteiligt sein können, die durchaus unterschiedliche Ziele verfolgen.</p> <p>Die Datensicherheit bezeichnet grundsätzlich die Eigenschaft von informationsverarbeitenden und informationslagernden Systemen, die die Schutzziele «Verfügbarkeit», «Vertraulichkeit» und «Integrität» der Daten sicherstellen. Datensicherheit hat das Ziel, Daten mit geeigneten Massnahmen gegen Verlust, Manipulationen und andere Bedrohungen zu schützen, damit sie in einer gewünschten Qualität nutzbar sind.</p> <p>Verschiedene Akteure benötigen eine hohe Verfügbarkeit, Integrität und Authentizität der Daten. Hier sollten die bekannten Massnahmen zur Erhöhung der Datensicherheit in Systemen und Anwendungen implementiert werden (EBP, 2018).</p> <p>Der Datenschutz bezeichnet den Schutz personenbezogener Daten vor Missbrauch. Der Datenschutz gewährleistet das Recht des Menschen auf informationelle Selbstbestimmung, also darauf, selbst über die Verwendung von Daten zu seiner Person zu bestimmen im Sinne von «Wer darf welche meiner Daten zu welchem Zweck verwenden?». Im Bereich des automatisierten Fahrens gilt es Fragen zu klären wie: Muss ein Minimalstandard bezüglich des Datenschutzes definiert werden und wenn ja, wie kann ein angemessener Datenschutz definiert werden? (EBP, 2018)</p>
<p>Quellen</p>	<p>ASTRA (2017): Die Vernetzung von Verkehrsteilnehmern in der intelligenten Mobilität.</p> <p>Bfu (2016): Automatisiertes Fahren, Herausforderungen für die Verkehrssicherheit, Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern.</p> <p>EBP (2018): Datensicherheit und Datenschutz beim automatisierten Fahren (<i>unveröffentlicht</i>).</p> <p>Europäische Kommission (2016): Eine europäische Strategie für Kooperative Intelligente Verkehrssysteme – ein Mei-</p>

	<p>lenstein auf dem Weg zu einer kooperativen, vernetzten und automatisierten Mobilität, Mitteilung der Kommission.</p> <p>FVS (2018): Automatisiertes Fahren – Auswirkungen auf die Strassenverkehrssicherheit, Fonds für Verkehrssicherheit.</p> <p>SAE International (2016): Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, J3016_201609, https://www.sae.org/standards/content/j3016_201609</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Aspekte der Verkehrssicherheit sind global gültig. Zur SAE-Stufe 3 laufen derzeit international verschiedene Diskussionen, ob die Risiken bei der Interaktion von Mensch und Maschine überhaupt in genügendem Masse reduziert werden und ob solche Fahrzeuge zugelassen werden können.</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Mit einer eher kurzfristigen Perspektive sieht die Studie des FVS (FVS, 2018) in der Schweiz einen Handlungsbedarf bei Unfallursachen besonders im Zusammenhang mit der Nutzung und Verbreitung von Fahrzeugen der SAE-Stufen 1 bis 3. Die SAE-Stufe dürfte in Bezug auf Sicherheit kaum mit vertretbarem Aufwand umgesetzt werden können. Es braucht beispielsweise Lösungen für den Umgang mit der bestehenden Übernahmeproblematik und den damit verbundenen besonderen Beanspruchungen durch die Fahrzeuglenkenden. Auch die Förderung resp. Schulung des Bewusstseins der Fahrzeuglenkenden hinsichtlich spezifischer Gefährdungsbilder im Umgang mit automatisierten Systemen ist notwendig.</p> <p>Mittel- bis langfristig sieht die Studie vor allem einen Handlungsbedarf bei regulativen und politischen Entscheiden resp. Vorgaben. Diese beinhalten zum Beispiel Fragen zu den zwingenden Anforderungen und Voraussetzungen an die zur Diskussion stehenden Fahrzeuge, aber auch zur Verfügbarkeit der erforderlichen Infrastruktur und Gewährleistung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden und der Datenströme. Ein dabei wichtiger Aspekt scheint das Prüfen und Umsetzen von regulatorischen Vorgaben in Bezug auf zusätzliche Fahrerassistenzsysteme zu sein, die zum Beispiel die Fahrzeuglenkenden überwachen, bzw. die Abklärung, welche Massnahmen eine aktive Steuerung durch die Behörden erfordern, zum Beispiel die Bewilligungsbehörde zur Inverkehrsetzung. Hier ist die Schweiz von der interna-</p>

	<p>tional geregelten Fahrzeugzulassung abhängig (vgl. Factsheet 01).</p> <p>In der Strassenverkehrssicherheit werden die Handlungsoptionen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit in der Schweiz häufig den vier Handlungsfeldern «Engineering», «Education», «Enforcement» und «Economy» zugeordnet. Wichtig ist, dass Massnahmen über alle Bereiche, von der Gestaltung der Infrastruktur und Weiterentwicklung der Fahrzeugtechnik (Engineering), bis zur Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmenden hinsichtlich der Risiken im Kontext des automatisierten Fahrens (Education) und zur polizeilichen Überwachung der gesetzlichen Vorgaben und Normung (Enforcement) sowie finanziellen Anreizsystemen für die Mobilitätsnutzerinnen und -nutzer (Economy) zu prüfen und mit den Erfahrungen im Ausland zu spiegeln sind.</p>
--	---

Factsheet 06: Auswirkungen auf Strassenkapazität und Leistungsfähigkeit

<p>Hintergrund</p>	<p>Selbstfahrende Fahrzeuge könnten auf der Strasse geringere Abstände einhalten, da sie eine gegenüber dem Menschen verbesserte Reaktionsgeschwindigkeit aufweisen. Würden dies nicht nur einzelne, sondern zahlreiche vernetzte Fahrzeuge tun, besteht die Möglichkeit, dass in einem Zeitabschnitt die gleiche Infrastruktur von einer höheren Anzahl Fahrzeuge befahren werden kann. Verkehrstechnisch spricht man von Strassenkapazität oder Leistungsfähigkeit von Strassen. Wenn sich diese durch selbstfahrende Fahrzeuge erhöhen, könnten einerseits bei gleicher Nachfrage Überlastzustände weniger oft auftreten und andererseits könnte sich der Infrastrukturbedarf verringern.</p>
<p>Übersicht</p>	<div data-bbox="379 760 1057 869"> </div> <div data-bbox="394 887 1039 1216"> <p>Kapazität bei gemischtem Verkehr und Berücksichtigung der Zeitlücken T_{ah}</p> <p>C_n [Kfz/h]</p> <p>Anteil autonomer Fahrzeuge η</p> <p> $L_{pliv} = 7,5 \text{ m}$ $T_a = 0,5 \text{ s}$ $T_h = 1,15 \text{ s}$ $T_{ah} = 0,9 \text{ s}$ </p> </div> <p>Oben: Beispiel von reduzierten Abständen resp. Folgezeitlücken nach Krause et al. (2017). Automatisierte und vernetzte Fahrzeuge (links) im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen (rechts).</p> <p>Unten: Theoretische Kapazitätswirkungen nach Anteil selbstfahrender Fahrzeuge nach Friedrich (2015). Dabei wird eine Folgezeitlücke von 0.5 s für automatisierte Fahrzeuge und eine Folgezeitlücke von 1.15 s für menschlich gesteuerte Fahrzeuge verwendet.</p>

Thema	<p>Folgezeitlücken</p> <p>Die Kapazität einer Strasseninfrastruktur hängt direkt davon ab, welche Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen eingehalten werden. Bei Fahrerinnen und Fahrern sind diese notwendig, um auf Ereignisse auf der Strasse sicher reagieren zu können. Die Folgezeitlücke besteht aus verschiedenen Anteilen, bei Bremsvorgängen beispielsweise aus dem Sehen und Erkennen eines Ereignisses, dem Reagieren, dem Fuss aufs Bremspedal setzen sowie die technische Ansprechzeit der Bremsen.</p> <p>Die Kapazitätsbetrachtung ist aber auch abhängig von der Strassenhierarchie: Während auf Hochleistungsstrassen (Autobahnen, Autostrassen) die Kapazität vor allem durch Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen sowie durch die Stabilität des Verkehrsflusses definiert wird, sind auf dem untergeordneten Netz bei Stadtstrassen und Ortsdurchfahrten vor allem Knoten (z.B. Vorfahrtskreuzungen, Kreisel oder Lichtsignalanlagen) leistungsbestimmend.</p> <p>Hochleistungsstrassen</p> <p>Die in der Realität beobachteten Zeitlücken unterscheiden sich nach Fahrweise der Fahrerinnen und Fahrer. Untersuchungen für gesättigte Autobahnen in Deutschland weisen einen Mittelwert von 1.15–1.40 Sekunden auf (Friedrich und Wagner, 2015). Bereits heute wird dieser Wert aber von einzelnen aggressiv fahrenden Lenkerinnen und Lenkern unterschritten. Gemäss Gesetz muss im Strassenverkehr eine Zeitlücke von mindestens 0.9 Sekunden eingehalten werden, die Empfehlung beträgt jedoch 2.0 Sekunden. Die Faustregel, wonach der räumliche Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug «der halbe Tacho in Metern» betragen soll, entspricht einer Folgezeitlücke von 1.8 Sekunden.</p> <p>Heutige Folgezeitlücken könnten durch automatisierte Systeme theoretisch um die menschlichen Zeitanteile in Bezug auf Sehen und Erkennen von Ereignissen, Reaktions- und Fussumsetzzeit reduziert werden. Dabei hat auch die Vernetzung der Fahrzeuge einen Einfluss: Je besser und schneller die Informationen zwischen den Fahrzeugen ausgetauscht werden, desto kleinere Zeitlücken sind möglich. Experten schätzen für automatisierte und vernetzte Fahrzeuge auf Autobah-</p>
--------------	--

nen minimale Zeitlücken von 0.3–0.9 Sekunden (Wagner, 2015; Fellendorf, 2017). Zudem dürften die Zeitlücken durch die Automatisierung resp. Vernetzung einheitlicher werden und damit geringere Streuungen aufweisen. Auf Autobahnen werden zudem schnellere Fahrstreifenwechsel (kooperativeres Verhalten) und homogenere Geschwindigkeiten erwartet (Krause et al., 2017).

Stadt- und Ortsstrassen

An Knoten mit Lichtsignalanlagen fahren Menschen bereits heute antizipiert, sprich sie halten geringere Zeitlücken zum vorderen Fahrzeug ein, damit sie die Knoten schneller passieren können. Für städtische Knoten in Deutschland schätzt Friedrich (2015) für menschlich gesteuerte Fahrzeuge einen Mittelwert von ca. 0.6 Sekunden. Dieser könnte durch die Automatisierung auf 0.3–0.5 Sekunden reduziert werden (Friedrich und Wagner, 2015). Zudem dürften automatisierte Fahrzeuge insbesondere an Knoten aus dem Stand einheitlicher und schneller beschleunigen, sodass mehr Fahrzeuge pro Zeiteinheit die Knoten passieren können.

Kapazitätseffekte

Die Kapazität ist definiert als grösste Verkehrsstärke (Anzahl Fahrzeuge pro Stunde), die ein Verkehrsstrom an einem bestimmten Strassenquerschnitt erreichen kann. Können die tatsächlichen Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen infolge der Automatisierung und Vernetzung reduziert werden, erhöht sich die maximale Verkehrsstärke und damit die Kapazität einer Strecke. Die Zunahme verhält sich überproportional zum Anteil automatisierter Fahrzeuge (vgl. Abbildung nach Friedrich, 2015). Maximalwerte für Kapazitätserhöhungen werden erreicht, wenn alle Fahrzeuge automatisiert und vernetzt sind. Im Mischverkehr von automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen fallen die Kapazitätseffekte deutlich geringer aus.

Deutlich zurückhaltender sind beispielsweise Calvert et al. (2017): Sie gehen davon aus, dass die Verbreitung von SAE-Stufen für viele Jahre heterogen sein wird, und argumentieren, dass insbesondere das Vorhandensein von tieferen Automatisierungsstufen die Kapazität verringert. Erst mit Anteilen von über 70 % vollautomatisierter Fahrzeuge dürften Verbesserungen des Verkehrsflusses auftreten.

Forschungsergebnisse für Hochleistungsstrassen

Zu den maximalen Kapazitätseffekten liegen verschiedenste Abschätzungen und Simulationsresultate vor. Die Angaben für Autobahnen reichen von sehr optimistischen Werten von +500 % (Hermann, 2018), + 270 % (Tientrakool et al., 2011) über mittlere Werte von rund + 80 % (Friedrich, 2016) bis hin zu deutlich geringeren Zunahmen (Krause et al., 2017). Eine besonders umfassende Simulationsstudie für Autobahnen (Fellendorf 2017) zeigt unter der Berücksichtigung der gesetzlich festgelegten Zeitlücke von 0.9 Sekunden für unterschiedliche Streckenabschnitte, Durchdringungsraten automatisierter Fahrzeuge, Geschwindigkeitsregimes, Schwerverkehrsanteilen sowie Verkehrsstromverhältnissen Kapazitätswirkungen in der Grössenordnung von 0 bis + 30 %.

Wie erwähnt, sind diese Wirkungen direkt abhängig von den angenommenen Zeitlücken, die automatisierte Fahrzeuge einhalten können resp. dürfen. Diese Angaben sind jedoch noch nicht gesichert und auch von Annahmen zur Vernetzung der Fahrzeuge abhängig. Werden automatisierten Fahrzeugen in den früheren Zuständen aufgrund von Sicherheitsüberlegungen höhere mittlere Zeitlücken einprogrammiert, als dies heute der Fall ist, würde die Kapazität vorerst abnehmen (Krause et al., 2017).

Im schweizerischen Autobahnnetz sind die dichten Ein- und Ausfahrten und Verzweigungen kapazitätsbestimmend. Auf diesen Abschnitten sind die Folgezeitlücken heute schon sehr gering und durch Automatisierung resp. Vernetzung nur noch geringfügig zu optimieren. Die Stabilität des Verkehrsflusses dürfte mit zunehmendem Anteil an automatisierten Fahrzeugen aber ansteigen. Bei hohen Verkehrsbelastungen könnte die Wahrscheinlichkeit für Verkehrszusammenbrüche resp. Staus so abnehmen. In einer amerikanischen Simulation kommunizieren Fahrzeuge und Infrastruktur miteinander, um den Verkehrsfluss auf der Interstate 66 in Virginia zu glätten. Eine Verkehrsleitzentrale kann bei 20 % der Fahrzeuge eine Richtgeschwindigkeit vorgeben und damit die Gefahr, dass sich ein Stau bildet, nachweislich reduzieren. Ohne kooperative und adaptive Geschwindigkeitsregelung variierten die gemessenen Geschwindigkeiten zwischen 0 und 70 km/h, während mit dieser Technologie Werte zwischen 50 und 105 km/h erreicht wurden (Hermann, 2018).

	<p>Forschungsergebnisse für Stadt- und Ortsstrassen</p> <p>In Städten besteht bei vollständiger Automatisierung ein theoretisches Potenzial für Kapazitätssteigerungen von rund 20–40 % (Friedrich 2015). Aufgrund von zu berücksichtigenden Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden dürfte die Kapazitätswirkung in der Stadt aber grundsätzlich tiefer ausfallen als auf den Autobahnen. Das Wissen über die Interaktionen von automatisierten Fahrzeugen mit dem Fuss- und Veloverkehr sowie dem ÖV ist derzeit noch beschränkt und muss genauer erforscht werden.</p> <p>Weitere Studien sind den Wirkungen automatisierter Taxifloten auf die Verkehrszustände in Städten gewidmet. Maciejewski et al. (2017) gehen von geringeren Zeitlücken und einem verbesserten Fahrverhalten an Knoten aus. Damit könnten grosse Taxifloten positive Wirkungen auf den Verkehrsfluss in Städten haben.</p>
<p>Quellen</p>	<p>Calvert et al. (2017): Will Automated Vehicles Negatively Impact Traffic Flow? Journal of Advanced Transportation, https://doi.org/10.1155/2017/3082781</p> <p>Fellendorf (2017): Automatisierung im Mischverkehr – verkehrswissenschaftliche Erkenntnisse, Überlegungen zur Leistungsfähigkeit; TU Graz, Vortrag am ÖVG-Forum Automatisierung im Verkehr.</p> <p>Friedrich (2015): Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge; in Maurer et al. (Hrsg.), Autonomes Fahren, Springer, Berlin.</p> <p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main, 2018.</p> <p>Krause et al. (2017a): Mikroskopische Simulation von automatisierten Fahrzeugen zur Ermittlung der Wirkungen auf die Kapazität von Autobahnen; Technische Universität München; in Fachzeitschrift Strassenverkehrstechnik (Dezember 2017), FGSV Köln.</p> <p>Krause et al. (2017b): Impact of Automated Vehicles on Capacity of the German Freeway Network, Conference Paper; Technische Universität München.</p> <p>Maciejewski et al. (2017): Congestion effects of autonomous taxi fleets. Transport. https://journals.vgtu.lt/index.php/Transport/article/view/212</p>

	<p>Tientrakool et al. (2011): Highway capacity benefits from using vehicle-to-vehicle communication and sensors for collision avoidance, paper presented at the IEEE Vehicular Technology Conference.</p> <p>Wagner (2015): Steuerung und Management in einem Verkehrssystem mit autonomen Fahrzeugen; in: Maurer et al. (Hrsg.), Autonomes Fahren, Springer, Berlin.</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Die Kapazitätseffekte von automatisierten Fahrzeugen sind ein grosses Versprechen dieser Technologie und werden deshalb weltweit intensiv erforscht. Aufgrund des breiten Spektrums von Annahmen und von möglichen Auswirkungen, findet derzeit eine Diskussion unter Wissenschaftlern statt. Bislang wird in den meisten Ländern davon ausgegangen, dass die Strassenkapazitäten infolge Automatisierung deutlich zunehmen. Verkehrstechnische Aspekte sind global gültig, weshalb sich Experten aus den USA und Europa regelmässig austauschen, insbesondere zur mathematischen Modellierung.</p> <p>Das deutsche Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) fördert die Erprobung von Technologien zum automatisierten und vernetzten Fahren im Rahmen von digitalen Testfeldern auf Autobahnen (A9 in Bayern) und in Städten (z.B. Berlin, Braunschweig, Dresden, Düsseldorf, Hamburg, Ingolstadt, München). Zudem wurde ein digitales Testfeld Deutschland-Frankreich-Luxemburg vereinbart. Ziel ist es, die positiven Wirkungen auf Verkehrssicherheit, Effizienz und Emissionen nachzuweisen. Dabei werden Auswertungen von Kapazitätseffekten in der Realität möglich. Ähnlich zur A9 wird auch in Österreich auf der A2 eine Teststrecke definiert (ALP.Lab).</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Positive Kapazitätseffekte ergeben sich durch automatisierte Fahrzeuge v.a. dann, wenn die zeitlichen Abstände zwischen diesen Fahrzeugen geringer sind als bei menschlich gesteuerten Fahrzeugen. Dabei sind kürzere Reaktionszeiten wesentlich.</p> <p>Die Schweiz kann hierzu bessere Kenntnisse über das tatsächliche Folgeverhalten automatisierter Fahrzeuge erwerben, insbesondere für leistungsbestimmende Anschlüsse und Verflechtungszonen. Dies kann beispielsweise über die Ermöglichung entsprechender Forschung und/oder – unter Einbezug von Fahrzeugherstellern – Testfelder wie im Ausland erfolgen.</p>

Auf dieser Basis können zusätzliche Anforderungen in die international geregelte Fahrzeugzulassung eingebracht und/oder zusätzliche nationale Anforderungen formuliert werden, beispielsweise dass unter Einhaltung von Sicherheitsstandards nur Fahrzeuge mit positiven Wirkungen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit des Verkehrsnetzes zugelassen werden.

Zu den bisher schwach erforschten Interaktionen von automatisierten Fahrzeugen mit dem Fuss- und Veloverkehr sowie dem ÖV müssen Erkenntnisse über die Fähigkeiten und Grenzen von Fahrzeugsystemen gesammelt werden, die ebenfalls bei der international geregelten Fahrzeugzulassung einzubringen sind. In Innenstädten und Agglomerationen können hierzu beispielsweise Pilotversuche von automatisierten Fahrzeugen ermöglicht, begleitet und ausgewertet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass verschiedene technologische Ansätze unterschiedlicher Hersteller getestet werden, um das Fahrzeugverhalten möglichst breit beobachten zu können.

Factsheet 07: Ethik und Moral

Hintergrund	<p>Ethik und Moral sind beim automatisierten Fahren dort zentral, wo Werte abgewogen werden müssen. Aus ethischer Sicht beinhaltet beispielsweise die Diffusion von automatisierten Fahrzeugen ein grundsätzlich hohes Potenzial zur Verbesserung der Lebensverhältnisse vieler Menschen. Im Vordergrund stehen dabei die sinkende Wahrscheinlichkeit von Unfällen sowie die Möglichkeit, Menschen ohne Führerschein einen besseren Zugang zum Mobilitätssystem zu ermöglichen (Inklusion). Darüber hinaus können automatisierte Fahrzeuge prinzipiell, wenn auch abhängig von den regulativen Rahmenbedingungen, ökologische und ökonomische Nutzen erbringen.</p> <p>Allerdings stellen sich bei der Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen aus ethischer Sicht auch schwerwiegende Fragen, die für eine mögliche Zulassung relevant sind. Im Vordergrund stehen dabei die beiden folgenden Fragen:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sobald selbstfahrende Fahrzeuge auf Strassen fahren, können Situationen auftreten, in denen über Leben und Tod zu entscheiden ist. Wie kann ein ethisch vertretbarer Umgang mit dieser Situation aussehen?2. Wie können angesichts der vielfältigen Datenflüsse, die mit dem automatisierten Fahren verbunden sind, die individuellen Rechte an den persönlichen Daten gewährleistet bleiben? <p>Weitere Fragen stellen sich darüber hinaus bezüglich des Übergangs zu einem System des vollständig automatisierten Fahrens, welches in einer ersten Phase zunächst durchaus eine sinkende Unfallsicherheit mit sich bringen könnte. Schliesslich thematisieren die Ethiker die Problematik der gerechten Produktionsbedingungen des automatisierten Fahrens, bspw. bezüglich der Schürfung von seltenen Erden (Kirchschläger 2017).</p>
--------------------	--

Übersicht

Ethische Fragen stellen sich beispielsweise in gemeinsamen Verkehrsräumen, Beispiel von Shared Spaces, Bildquelle: Wargo/Garrick (2016)

Thema**Ethische Grundpositionen**

Wie in den meisten wissenschaftlichen Disziplinen ist auch in der Ethik von einer Pluralität der Positionen auszugehen. Als eine von den Meisten geteilte Grundposition kann dabei immerhin von der Universalität der individuellen Menschenrechte ausgegangen werden.

Beispiele des Ethikbezugs

Der Mensch trifft während der Steuerung eines Fahrzeugs zahlreiche Entscheidungen. Bei selbstfahrenden Fahrzeugen werden diese Entscheidungen durch Algorithmen übernommen, die von Programmierern entworfen werden.

Ein daraus folgendes ethisches Grunddilemma wurde durch Lin (2015) gemäss der folgenden fiktionalen Entscheidungssituation aufgezeigt: Aufgrund der hohen Geschwindigkeit kann ein selbstfahrendes Fahrzeug einen schweren Zusammenprall mit einem Menschen nicht mehr verhindern. Es bestehen drei Möglichkeiten:

1. Abschwanken nach links und ein 8-jähriges Mädchen töten
2. Abschwanken nach rechts und eine 80-jährige Grossmutter töten
3. Kein Abschwanken und beide töten

Die Entscheidung, welche Möglichkeit die bessere ist, ist ein ethisches Dilemma. Die Möglichkeiten 1 und 2 führen zu einer ungleichen Behandlung von Individuen, die Möglichkeit 3 führt jedoch zum Tod von beiden. Es müssten also Kriterien definiert werden, die eine Entscheidung erlauben, wer leben dürfte und wer sterben müsste. Gleichzeitig sind solche Kriterien aus Sicht der individuellen Menschenrechte nie zulässig. Eine rein utilitaristische Sicht ist aus dieser Perspektive in den Augen der meisten Ethiker nicht haltbar (Hermann, 2018). Es stellt sich deshalb die Frage, ob es nicht einer Art Zufallsgenerator zu überlassen ist, wie sich das Fahrzeug in solchen Situationen verhält.

In jedem Fall gilt es aber, möglichst zu verhindern, dass solche Dilemmasituationen überhaupt auftreten. Dies hat vielfältige Auswirkungen auf die Regulation des automatisierten Fahrens (Geschwindigkeit, Mischverkehr usw.).

Weitere Dilemmata zeigen sich auch bei anderen Gedankenexperimenten (Lin, 2015): Ist ein Zusammenprall mit einem Motorradfahrer mit Helm oder ein Zusammenprall mit einem solchen ohne Helm vorzuziehen? Sind eher Menschen in einem Fahrzeug des Herstellers A oder B zu schützen? Ist Unfall mit anderen oder eher einen Selbstunfall zu provozieren? Es stellen sich zahlreiche ethische Fragen.

Selbstfahrende Fahrzeuge und das Trolley-Problem

Mit selbstfahrenden Fahrzeugen erhalten klassische Entscheidungsprobleme aus der Philosophie, wie beispielsweise das Trolley-Problem, neue Bedeutung. Dabei muss entschieden werden, ob man einen unkontrollierbaren Eisenbahnwagen auf fünf Menschen auf dem Hauptgleis auffahren lässt, sodass diese sterben, oder man die Weiche über einen Hebel aktiviert, damit der Wagen auf eine einzelne Person auf dem Nebengleis trifft, sodass diese stirbt. Dabei geht es um den Grundsatz «sterben lassen» oder «töten». Es wurden viele Variationen und «Verbesserungen» des Trolley-Problems für automatisierte Fahrzeuge vorgeschlagen (Walker Smith, 2017).

Während das Trolley-Problem das gebräuchlichste öffentlich diskutierte Rahmenwerk für die Auseinandersetzung mit den ethischen Herausforderungen bei der Übertragung der Fahraufgabe auf automatisierte Systeme darstellt, haben mehrere Forscherinnen und Forscher begonnen, das Gespräch auf an-

dere ethische Dilemmata zu verlagern. Barbara Fried (2012) argumentiert, dass die Konzentration auf tragische Dilemmata wie das Trolley-Problem dazu führt, dass Menschen ethische Probleme ignorieren, die unter weniger extremen Umständen auftreten.

Weitere wichtige ethische Fragen

Durch den Betrieb automatisierter Fahrzeuge bei tieferen Geschwindigkeiten könnten sowohl die negativen Umwelt- als auch die Sicherheitsfolgen des Verkehrs reduziert werden. Forscherinnen und Forscher stellen die Frage, ob diese Vorteile die längeren Fahrzeiten aufwiegen, die durch tiefere Höchstgeschwindigkeiten eventuell entstehen. Zudem fragen sie, ob niedrigere Geschwindigkeiten dazu führen würden, dass automatisierte Systeme zurückhaltender eingesetzt würden. Dies würde wiederum die Sicherheitseffekte mindern. Sollen daher für automatisierte Systeme spezielle Infrastrukturen erstellt werden, womit auf Kosten anderer Verkehrsteilnehmer positive Ergebnisse erzielt würden (Himmelreich 2018)?

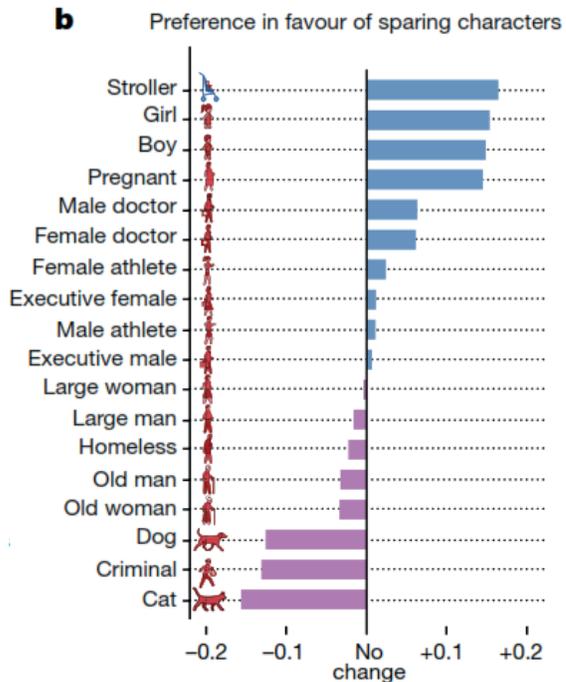
Fleetwood (2016) vertritt aus Sicht der öffentlichen Gesundheit die Ansicht, dass es ethisch und moralisch unerlässlich ist, die Fahrzeugautomatisierung voranzutreiben, um deren Vorteile zu realisieren. Die Frage, wie man die Priorität von Fussgängern, Radfahrern, öffentlichen Verkehrsmitteln, Autos mit Fahrern und selbstfahrenden Autos im urbanen Kontext ausbalancieren muss, könnte ein viel schwierigeres und wichtigeres ethisches Dilemma sein als die Lösung des Trolley-Problems für jede denkbare Situation. Aber auch die Frage, ob Menschen dazu gezwungen werden können resp. dürfen, automatisierte Systeme zu nutzen, hat einen ethischen und moralischen Hintergrund und ist noch zu klären.

Studienresultate

Zu den moralisch-ethischen Entscheidungen, die Menschen beim Fahren treffen würden, wurden verschiedene Studien durchgeführt. Sütfeld et al. (2016) argumentieren, dass für automatisierte Fahrzeuge ethische Modelle erstellt werden müssen, die auf den menschlichen Entscheidungen basieren. Dabei kommen «Value-of-Life-Modelle» dem menschlichen Verhalten am nächsten. Diese berücksichtigen nicht nur die Anzahl der Leben, sondern differenzieren deren Wert nach Alter oder an-

deren Eigenschaften. Die Studie von Sütfeld et al. (2016) bestätigt zudem, dass menschliche Entscheidungen stark durch Zeitdruck beeinflusst werden.

Rahwan et al. (2017) haben eine «Moral Machine» programmiert, die ständig neue Entscheidungsszenarien generiert. Einerseits wollen sie damit die Diskussion zu den moralischen Dilemmata vorantreiben, andererseits werden die Eingaben der Nutzerinnen und Nutzer ausgewertet. Global gesehen (rund 40 Mio. Entscheidungen aus 233 Ländern) bestehen die Präferenzen «Menschen vor Tieren», «Verschonung einer höheren Anzahl von Leben» und «Verschonung von jungen Leben». Werden einzelne Wesen mit unterschiedlichen Eigenschaften betrachtet, wurden global folgende Präferenzen beobachtet:



Präferenzen bzgl. des Verschonens von Menschen und Tieren, relativer Vor- oder Nachteil (Wahrscheinlichkeit) verglichen mit einem erwachsenen Mann bzw. einer erwachsenen Frau (Awad et al., 2018)

Aus der Zuordnung der befragten Personen zu Ländern konnten drei wesentliche kulturelle Cluster festgestellt werden, die sich hinsichtlich der Gewichtung von Eigenschaften in Entscheidungssituationen unterscheiden. Fahrzeughersteller und politische Entscheidungsträger müssen sich bei den Vorgaben für die künstliche Intelligenz diesen Unterschieden bewusst sein (Awad et al., 2018). Beispielsweise wiesen Befragte in individualistischen Kulturen eine höhere Präferenz auf, möglichst viele Leben zu verschonen. In Kulturen, bei denen das Kollektiv mehr im Zentrum steht und der Respekt gegenüber Älteren ausgeprägt ist, gibt es deutlich geringere Präferenzen, junge Leben zu verschonen. Innerhalb der Ethik ist dieser Forschungsstrang aber sehr umstritten. Kritisiert wird dabei vor allem, dass die wesentlichen Treiber hinter diesen Clustern ökonomischer Art seien und die kulturelle Interpretation diesen Umstand in einer nicht adäquaten Form verhülle.

Kritische Stimmen weisen aber darauf hin (NZZ, 2017), dass Algorithmen, die auf Experimenten zu menschlichen Entscheidungen basieren (sogenannte «empirische Ethik»), verzerrt sind, da sich die Menschen nicht real in den Situationen befinden. Auch dürfte das Erkennen von Eigenschaften der betroffenen Menschen mit Unsicherheiten behaftet sein (Bsp. Alter). Zudem würden die daraus abgeleiteten Regeln den Grundsatz der gleichen Behandlung aller Individuen (u.a. gemäss der Schweizer Bundesverfassung, BV) missachten.

Eine Studie von Bonnefon et al. (2016) zeigt auf, dass Probanden «utilitaristische» selbstfahrende Fahrzeuge zwar gutheissen, aber selbst solche bevorzugen, die die Passagiere um jeden Preis schützen. Zudem lehnen sie die Durchsetzung von utilitaristischen Regeln ab und würden solche selbstfahrenden Fahrzeuge weniger kaufen. Dies zeige gemäss Bonnefon et al. (2016) auf, dass eine sicherere Technologie verzögert angenommen werden dürfte und damit von den Menschen eine erhöhte Unfallanzahl in Kauf genommen wird. Hermann (2018) wirft gar die Frage auf, ob Fahrzeuge künftig erlauben könnten, zwischen einem altruistischen oder einem egoistischen Fahrmodus zu wählen. Im ersten Fall wäre die Unfallvermeidung die höchste Priorität, im zweiten Fall würde das Fahrzeug hingegen niemals auf Kosten der Passagiere einen Unfall vermeiden – was ohne Zweifel eine moralisch fragwürdige Programmierung bedeuten würde.

	<p>Da es keine schnelle und einfache Antwort auf die ethischen und moralischen Fragen gibt, bleibt nur der Weg eines gesellschaftlichen Diskurses. Die Gesellschaft ist zusammen mit Politik und Wissenschaftlern aufgefordert, die Entwicklung zu reflektieren und eine umfassende Diskussion zu beginnen. Dabei gilt es aber eine «Tyrannei der Mehrheit» zu verhindern. Beispielsweise ist aus der Sicht der Ethik irrelevant, ob sich im eingangs genannten Beispiel eine Mehrheit von 90 % für das Sterben der Grossmutter entscheidet. Das individuelle Menschenrecht ist in jedem Fall höher zu gewichten.</p>
<p>Quellen</p>	<p>Awad et al. (2018): The Moral Machine experiment, in: Nature, Vol. 563, 59–64.</p> <p>BMVI (2016): Automatisiertes und vernetztes Fahren, Ethik-Kommission, Bericht Juni 2017, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publicationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile</p> <p>Bonnefon et al. (2016): The social dilemma of autonomous vehicles, in: Science, Vol. 352, Issue 6293, Juni 2016.</p> <p>DOT (2018): Preparing for the Future of Transportation: Autonomous Vehicles 3.0 (AV 3.0), U.S. Department of Transportation, https://www.transportation.gov/av/3/preparing-future-transportation-automated-vehicles-3</p> <p>EU (2019): Road Safety: Commission welcomes agreement on new EU rules to help save lives, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-19-1793_en.htm</p> <p>Fleetwood (2017): Public Health, Ethics, and Autonomous Vehicles, American Journal of Public Health.</p> <p>Fried (2012): What Does Matter? The Case for Killing the Trolley Problem (Or Letting It Die), The Philosophical Quarterly.</p> <p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.</p> <p>Himmelreich (2018): Never Mind the Trolley: The Ethics of Autonomous Vehicles in Mundane Situations. Ethical Theory and Moral Practice. http://www.johanneshimmelreich.net/wc/uploads/2018/05/Never-Mind-the-Trolley.pdf</p> <p>Kirchschläger (2017): Automatisierung von Mobilität – theologisch-ethische Anfragen. feinschwarz.net</p>

	<p>Lin (2015): Why Ethics Matters for Autonomous Cars, in: M. Maurer et al. (Hrsg.), Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Springer, Berlin.</p> <p>NZZ (2017): Autonome Fahrzeuge brauchen keine Ethik-Software, Kommentar, NZZ, 30.08.2017, https://www.nzz.ch/meinung/autonome-fahrzeuge-brauchen-keine-ethik-software-ld.1308201</p> <p>Rahwan et al. (2017): Moral Machine, Massachusetts Institute of Technology, http://moralmachine.mit.edu/hl/de</p> <p>Sütfeld et al. (2017): Using Virtual Reality to Assess Ethical Decisions in Road Traffic Scenarios: Applicability of Value-of-Life-Based Models and Influence of Time Pressure, Universität Osnabrück, Juli 2017, https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbeh.2017.00122/full.</p> <p>Walker Smith (2017): The Trolley and the Pinto: Cost-Benefit Analysis in Automated Driving and Other cyber-Physical System. Texas A&M Law Review.</p> <p>Wargo and Garrick (2016): Shared space intersections, Congress for New Urbanism.</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Deutsche Ethik-Kommission</p> <p>Die Ethik-Kommission des deutschen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat sich umfassend mit ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Fragen des automatisierten und vernetzten Fahrens auseinandergesetzt. In ihrem Bericht werden 20 Regeln hierfür aufgestellt (BMVI 2016). Diese Regeln dürften die Rechtslegung und -sprechung in Deutschland zu selbstfahrenden Fahrzeugen prägen. Deutschland ist bisher das einzige Land, das offizielle ethische Leitlinien für Entscheidungen automatisierter Fahrsysteme vorgeschlagen hat.</p> <p>Grundlagen in den USA</p> <p>Das dritte Leitliniendokument des United States Department of Transportation zur Fahrzeugautomatisierung (DOT, 2018) beginnt mit mehreren «Automation Principles», die das Department verfolgen will. Diese Grundsätze könnten ethische Auswirkungen haben, klären aber im Allgemeinen nicht, wie ethische Dilemmata, die sich aus der Automatisierung ergeben, angegangen werden sollten.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> — Grundsatz 1 besagt, dass «die Sicherheit in den Vordergrund» gestellt wird. Dieser Grundsatz spricht sowohl die Notwendigkeit an, den Einsatz automatisierter Antriebssysteme voranzutreiben, um bestehende Sicherheitsprobleme zu mindern, als auch das Risiko neuer Sicherheitsherausforderungen durch die Automatisierung. Er gibt Hinweise darauf, welche anderen Merkmale des Reisens gegen die Sicherheit abgewogen werden sollten oder wie aktuelle und neue Risiken gegeneinander abgewogen werden könnten. — Grundsatz 6 besagt, dass «die Freiheiten der Amerikaner» geschützt und verbessert werden. Dazu gehören die «Freiheit der Amerikaner, ihre eigenen Fahrzeuge zu fahren» und der Zugang zur «unabhängigen Mobilität». Diese Wahlfreiheit könnte eines der Merkmale des Reisens sein, das gegen die im Grundsatz 1 genannte Sicherheit abgewogen werden muss. <p>Im Anhang B werden auf einer Seite die Themen zusammengefasst, die bei der Entwicklung des Leitfadens am häufigsten angesprochen wurden. Darin sind moralische oder ethische Fragen nicht enthalten. Der Anhang C enthält eine Liste zu «Bekanntem aktuelle Normenentwicklungen für autonome Landfahrzeuge». Gemäss der Liste vom August 2018 werden keine ethischen Standards entwickelt. Einige Themen berühren jedoch moralische Fragen, beispielsweise werden Normen für die Interaktion mit gefährdeten Verkehrsteilnehmenden, die Definition eines minimalen Risikozustandes und die Frage, ob spezielle autonome Fahrzeuge für Menschen mit Behinderungen zugänglich sein müssen, darin aufgeführt.</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>In der Schweiz fehlt derzeit eine Grundlage für ethische Grundprinzipien im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren. Die 20 ethischen Regeln aus Deutschland (BMVI, 2016) geben aber aufgrund der kulturellen Nähe Hinweise, welche Auslegung künftig auch für die Schweiz gelten könnte. Im Folgenden werden die Regeln aufgeführt und die mögliche Adaption in der Schweiz kurz behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Teil- und vollautomatisierte Verkehrssysteme dienen zuerst der Verbesserung der Sicherheit aller Beteiligten im Strassenverkehr. Daneben geht es um die Steigerung von Mobilitätschancen und die Ermöglichung weiterer Vorteile. Die technische Entwicklung gehorcht dem Prinzip der Privatautonomie im Sinne eigenverantwortlicher Handlungsfreiheit.</i>

	<p>→ CH: adaptierbar, Sicherheit wichtig, Privatautonomie gemäss Art. 6 BV</p> <p>2. <i>[...] Die Zulassung von automatisierten Systemen ist nur vertretbar, wenn sie im Vergleich zu menschlichen Fahrleistungen zumindest eine Verminderung von Schäden im Sinne einer positiven Risikobilanz verspricht.</i></p> <p>→ CH: Adaptierbar, Zulassung v.a. durch EU geprägt; der Bund kann aber seine Interessen in internationalen Gremien einbringen.</p> <p>3. <i>Die Gewährleistungsverantwortung für die Einführung und Zulassung automatisierter und vernetzter Systeme im öffentlichen Verkehrsraum obliegt der öffentlichen Hand. Fahrsysteme bedürfen deshalb der behördlichen Zulassung und Kontrolle. [...]</i></p> <p>→ CH: Die Prüfung von automatisierten Fahrsystemen stellt eine besondere Herausforderung dar und dürfte für die öffentliche Hand nicht vollumfänglich (für alle Fahrsituationen) möglich sein. Hersteller müssten somit im Rahmen der Produkthaftung mehr Verantwortung übernehmen (vgl. Factsheet 03 Recht).</p> <p>4. <i>Die eigenverantwortliche Entscheidung des Menschen ist Ausdruck einer Gesellschaft, in der der einzelne Mensch mit seinem Entfaltungsanspruch und seiner Schutzbedürftigkeit im Zentrum steht. Jede staatliche und politische Ordnungsentscheidung dient deshalb der freien Entfaltung und dem Schutz des Menschen. [...]</i></p> <p>→ CH: adaptierbar</p> <p>5. <i>Die automatisierte und vernetzte Technik sollte Unfälle so gut wie praktisch möglich vermeiden. Die Technik muss nach ihrem jeweiligen Stand so ausgelegt sein, dass kritische Situationen gar nicht erst entstehen, dazu gehören auch Dilemma-Situationen, [...]. Die erhebliche Steigerung der Verkehrssicherheit ist Entwicklungs- und Regulierungsziel, und zwar bereits in der Auslegung und Programmierung der Fahrzeuge zu defensivem und vorausschauendem, schwächere Verkehrsteilnehmer schonendem Fahren.</i></p> <p>→ CH: adaptierbar</p> <p>6. <i>Die Einführung höherer automatisierter Fahrsysteme insbesondere mit der Möglichkeit automatisierter Kollisionsvermeidung kann gesellschaftlich und ethisch geboten sein, wenn damit vorhandene Potentiale der Schadensminderung genutzt werden können. Umgekehrt ist eine</i></p>
--	--

	<p><i>gesetzlich auferlegte Pflicht zur Nutzung vollautomatisierter Verkehrssysteme oder die Herbeiführung einer praktischen Unentrinnbarkeit ethisch bedenklich, wenn damit die Unterwerfung unter technische Imperative verbunden ist (Verbot der Degradierung des Subjekts zum blossen Netzwerkelement).</i></p> <p>→ CH: adaptierbar; entspricht Art. 6 BV</p> <p>7. <i>In Gefahrensituationen, die sich bei aller technischen Vorsorge als unvermeidbar erweisen, besitzt der Schutz menschlichen Lebens in einer Rechtsgüterabwägung höchste Priorität. Die Programmierung ist deshalb im Rahmen des technisch Machbaren so anzulegen, im Konflikt Tier- oder Sachschäden in Kauf zu nehmen, wenn dadurch Personenschäden vermeidbar sind.</i></p> <p>→ CH: adaptierbar</p> <p>8. <i>Echte dilemmatische Entscheidungen, wie die Entscheidung Leben gegen Leben sind von der konkreten tatsächlichen Situation unter Einschluss «unberechenbarer» Verhaltensweisen Betroffener abhängig. Sie sind deshalb nicht eindeutig normierbar und auch nicht ethisch zweifelsfrei programmierbar. [...] Es wäre gerade deshalb wünschenswert, durch eine unabhängige öffentliche Einrichtung (etwa einer Bundesstelle für Unfalluntersuchung automatisierter Verkehrssysteme oder eines Bundesamtes für Sicherheit im automatisierten und vernetzten Verkehr) Erfahrungen systematisch zu verarbeiten.</i></p> <p>→ CH: Grundsätzlich adaptierbar. Der Ansatz einer unabhängigen öffentlichen Einrichtung wird derzeit auch in Forschungsvorhaben der Schweiz diskutiert.</p> <p>9. <i>Bei unausweichlichen Unfallsituationen ist jede Qualifizierung nach persönlichen Merkmalen (Alter, Geschlecht, körperliche oder geistige Konstitution) strikt untersagt. Eine Aufrechnung von Opfern ist untersagt. Eine allgemeine Programmierung auf eine Minderung der Zahl von Personenschäden kann vertretbar sein. Die an der Erzeugung von Mobilitätsrisiken Beteiligten dürfen Unbeteiligte nicht opfern.</i></p> <p>→ CH: adaptierbar, gleiche Behandlung von humanen Individuen, auch wenn in Untersuchungen zur empirischen Ethik Präferenzen auszumachen sind</p> <p>10. <i>Die dem Menschen vorbehaltene Verantwortung verschiebt sich bei automatisierten und vernetzten Fahrssystemen vom Autofahrer auf die Hersteller und Betreiber der technischen Systeme und die infrastrukturellen, politi-</i></p>
--	--

	<p><i>schen und rechtlichen Entscheidungsinstanzen. Gesetzliche Haftungsregelungen und ihre Konkretisierung in der gerichtlichen Entscheidungspraxis müssen diesem Übergang hinreichend Rechnung tragen.</i></p> <p>→ CH: Rückgriff des Versicherers (Haftpflichtversicherung) auf den Hersteller sind denkbar, da die Fahrerin oder der Fahrer bei Programmier- oder Systemfehler nicht verantwortlich gemacht werden kann (vgl. Factsheet 03 Recht). Die rechtlichen Mechanismen insbesondere in Bezug auf Hersteller aus dem Ausland sind hierfür zu diskutieren und zu konkretisieren. Für Automatisierungsstufen, bei denen Fahraufgaben von Menschen übernommen werden müssen, dürfte eine Speicherung von Vorgangsdaten wichtig werden. Diese geben Aufschluss über manuelle und automatisierte Vorgänge während der Fahrt (Wer hat gesteuert? Welche Prozesse liefen? etc.). Die EU bereitet derzeit Regelungen für eine entsprechende Blackbox von Fahrzeugen vor (EU, 2019).</p> <p>11. <i>Für die Haftung für Schäden durch aktivierte automatisierte Fahrsysteme gelten die gleichen Grundsätze wie in der übrigen Produkthaftung. Daraus folgt, dass Hersteller oder Betreiber verpflichtet sind, ihre Systeme fortlaufend zu optimieren und auch bereits ausgelieferte Systeme zu beobachten und zu verbessern, wo dies technisch möglich und zumutbar ist.</i></p> <p>→ CH: Sofern Rückgriffe möglich werden (siehe Regel 10), dürfte die Beobachtung und die Verbesserung im Interesse des Herstellers/Betreibers liegen. Wie diese Prozesse zukünftig aussehen, ist gegenwärtig Inhalt von Diskussionen der UNO (GRVA). Dabei wird auch eine Selbstzertifizierung durch Hersteller berücksichtigt.</p> <p>12. <i>Die Öffentlichkeit hat einen Anspruch auf eine hinreichend differenzierte Aufklärung über neue Technologien und ihren Einsatz. Zur konkreten Umsetzung der hier entwickelten Grundsätze sollten in möglichst transparenter Form Leitlinien für den Einsatz und die Programmierung von automatisierten Fahrzeugen abgeleitet und in der Öffentlichkeit kommuniziert und von einer fachlich geeigneten, unabhängigen Stelle geprüft werden.</i></p> <p>→ CH: adaptierbar, u.a. auch Ziel der vorliegenden Studie zur Technikfolgenabschätzung</p> <p>13. <i>[...] Eine vollständige Vernetzung und zentrale Steuerung sämtlicher Fahrzeuge im Kontext einer digitalen Verkehrs-</i></p>
--	---

infrastruktur ist ethisch bedenklich, wenn und soweit sie Risiken einer totalen Überwachung der Verkehrsteilnehmer und der Manipulation der Fahrzeugsteuerung nicht sicher auszuschliessen vermag.

→ CH: Adaptierbar, die totale Überwachung ist durch klar geregelte Nutzungsrechte, welche im gesellschaftlichen Diskurs ausgehandelt werden, zu vermeiden.

14. *Automatisiertes Fahren ist nur in dem Masse vertretbar, in dem denkbare Angriffe, insbesondere Manipulationen des IT-Systems oder auch immanente Systemschwächen nicht zu solchen Schäden führen, die das Vertrauen in den Strassenverkehr nachhaltig erschüttern.*

→ CH: adaptierbar

15. *[...] Fahrzeughalter oder Fahrzeugnutzer entscheiden grundsätzlich über Weitergabe und Verwendung ihrer anfallenden Fahrzeugdaten. Die Freiwilligkeit solcher Datenpreisgabe setzt das Bestehen ernsthafter Alternativen und Praktikabilität voraus. [...]*

→ CH: Grundsätzlich denkbar, dann müsste das Konzept «My Data» gestärkt werden, dieses steht aber mit anderen Zielen im Konflikt (z.B. Optimierung Gesamverkehrssystem, Erhöhung Verkehrssicherheit, haftungsrechtliche Rückverfolgung). Dieser Zielkonflikt in Bezug auf Daten muss gesellschaftlich ausgehandelt werden.

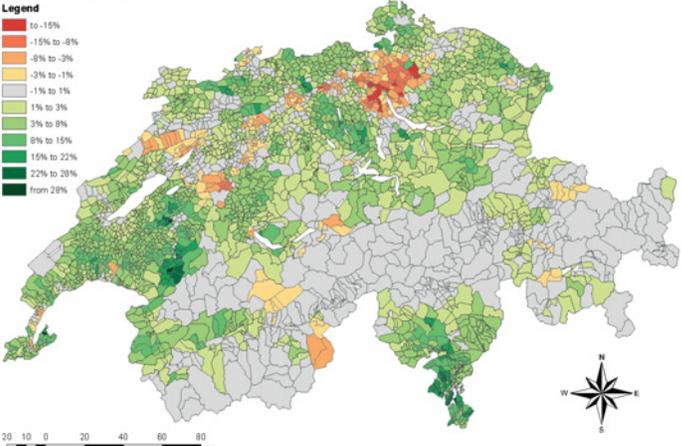
16. *Es muss klar unterscheidbar sein, ob ein fahrerloses System genutzt wird oder ein Fahrer mit der Möglichkeit des «Overrulings» Verantwortung behält. Bei nicht fahrerlosen Systemen muss die Mensch/Maschine-Schnittstelle so ausgelegt werden, dass zu jedem Zeitpunkt klar geregelt und erkennbar ist, welche Zuständigkeiten auf welcher Seite liegen, insbesondere auf welcher Seite die Kontrolle liegt. Die Verteilung der Zuständigkeiten (und damit der Verantwortung) zum Beispiel im Hinblick auf Zeitpunkt und Zugriffsregelungen sollte dokumentiert und gespeichert werden. [...]*

→ CH: Aufzeichnungsgeräte (Data Storage System for Auto-mated Driving, DSSAD) dürften gemäss Diskussionen zur internationalen Fahrzeugzulassung ein Bestandteil der technischen Anforderungen werden. Seitens ASTRA werden diese als unabdingbar betrachtet. Die EU bereitet derzeit Regelungen für eine entsprechende Black-box von Fahrzeugen vor (EU, 2019).

17. *Software und Technik hochautomatisierter Fahrzeuge müssen so ausgelegt werden, dass die Notwendigkeit ei-*

	<p><i>ner abrupten Übergabe der Kontrolle an den Fahrer («Notstand») praktisch ausgeschlossen ist. [...]</i></p> <p>→ CH: Adaptierbar, der Bund kann diese Interessen in internationale Gremien zu fahrzeugtechnischen Vorschriften einbringen, die konkrete Erarbeitung erfolgt jedoch gemeinsam mit anderen Ländern bzw. der EU.</p> <p>18. <i>Lernende und im Fahrzeugbetrieb selbstlernende Systeme sowie ihre Verbindung zu zentralen Szenarien-Datenbanken können ethisch erlaubt sein, wenn und soweit sie Sicherheitsgewinne erzielen. Selbstlernende Systeme dürfen nur dann eingesetzt werden, wenn sie die Sicherheitsanforderungen an fahrzeugsteuerungsrelevante Funktionen erfüllen [...]. Es erscheint sinnvoll, relevante Szenarien an einen zentralen Szenarien-Katalog einer neutralen Instanz zu übergeben, um entsprechende allgemeingültige Vorgaben, einschliesslich etwaiger Abnahmetests zu erstellen.</i></p> <p>→ CH: Die Prüfung von lernenden automatisierten Fahrsystemen stellt eine besondere Herausforderung dar und dürfte für die öffentliche Hand nicht vollumfänglich (für alle Fahrsituationen) möglich sein. Hersteller müssten somit im Rahmen der Produkthaftung mehr Verantwortung übernehmen (vgl. Factsheet 03 Recht).</p> <p>19. <i>In Notsituationen muss das Fahrzeug autonom, d.h. ohne menschliche Unterstützung, in einen «sicheren Zustand» gelangen. Eine Vereinheitlichung insbesondere der Definition des sicheren Zustandes oder auch der Übergaberoutinen ist wünschenswert.</i></p> <p>→ CH: Adaptierbar, für automatisierte Fahrzeuge müssten die «sicheren Zustände» auf Verordnungsstufe festgehalten sein.</p> <p>20. <i>Die sachgerechte Nutzung automatisierter Systeme sollte bereits Teil der allgemeinen digitalen Bildung sein. Der sachgerechte Umgang mit automatisierten Fahrsystemen sollte bei der Fahrausbildung in geeigneter Weise vermittelt und geprüft werden.</i></p> <p>→ CH: Adaptierbar, die Vermittlung eines verantwortungsvollen Umgangs für jüngere Generationen dürfte einen Gewinn für die Sicherheit und den Erfolg von automatisierten Fahrsystemen darstellen. Ab SAE-Stufe 4 dürfte eine Ausbildung von Fahrerinnen und Fahrer entfallen.</p>
--	--

Factsheet 08: Wirtschaftliche Aspekte der Automatisierung im Verkehr

<p>Hintergrund</p>	<p>Der Verkehr ist ein gewichtiger Faktor der schweizerischen Volkswirtschaft. Die Einführung automatisierter Fahrzeuge führt zu veränderten Kosten und Nutzen. Sie dürfte weitreichende Auswirkungen auf die Wirtschaft haben, sowohl durch direkte und indirekte Wirkungen auf wirtschaftliche Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Verkehrssystem (z.B. Fahrzeughersteller, [öffentliche] Verkehrsbetriebe, Arbeitsplätze, Logistik) als auch durch die Änderung von Reisekosten und dem Reiseverhalten.</p>
<p>Übersicht</p>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>Legend</p> <ul style="list-style-type: none"> to -15% -15% to -8% -8% to -3% -3% to -1% -1% to 1% 1% to 3% 3% to 8% 8% to 15% 15% to 22% 22% to 28% from 28% </div> <div style="flex: 2;">  </div> </div> <p>Veränderte Erreichbarkeiten infolge zusätzlicher Fahrten und erhöhter Kapazitäten in der Schweiz (Meyer et al., 2016)</p>
<p>Thema</p>	<p>Automobilindustrie</p> <p>Fahrzeughersteller werden auf verschiedene Weisen von der Automatisierung betroffen sein. Obwohl das komfortablere Fahren die Nachfrage nach privaten Fahrzeugen erhöhen könnte, ist es auch wahrscheinlich, dass die Automatisierung zu einer Verlagerung hin zu kommerziellen Fahrzeugflotten und einem kleineren Gesamtfahrzeugbestand führen wird. Wenn Fahrzeuge vermehrt gemeinschaftlich genutzt werden, also sowohl der Besetzungsgrad erhöht und die Fahrleistung</p>

über die Lebensdauer eines Fahrzeugs vergrössert werden kann, dürften die Fahrzeughersteller weniger Fahrzeuge verkaufen. Zudem dürften auch aufgrund des Rückgangs bei den Unfällen eine etwas längere Lebensdauer und eine höhere Kilometerleistung erreicht werden. Dabei ist wahrscheinlich, dass Fahrzeuge aufgrund des gestiegenen Anteils an eingebauter Technologie zu höheren Preisen verkauft werden, zumindest am Anfang der Entwicklung.

Es ist derzeit noch unklar, ob die klassischen Fahrzeughersteller ihre Fahrzeuge künftig an Flottenbetreiber verkaufen oder ob sie selbst Flotten betreiben und damit ihre Geschäftsmodelle stärker auf Verkehrs- und Datendienstleistungen ausrichten werden. Der Verkauf von Automobilen ist heute ein Geschäft mit relativ geringen Margen. Firmen wie GM und Ford gehen für die Zukunft von höheren Gewinnmargen ergänzender Dienstleistungen zu selbstgebaute resp. -fahrenden Fahrzeugen aus.

Insgesamt bleibt ungewiss, wie sich die Produktionsmengen verändern werden. Viele Fahrzeughersteller konzentrieren sich weiterhin auf den Verkauf von Fahrzeugen gemäss ihrem traditionellen Geschäftsmodell. Auch diejenigen, die sich auf zukünftige ergänzende Geschäftsmodelle vorbereiten, verkaufen kurzfristig weiterhin Fahrzeuge (v.a. der SAE-Stufen 2 und allenfalls 3) an Haushalte. Für Hersteller von Bussen mit bereits heute deutlich höherer Nutzungsintensität sind Veränderungen der Produktionsmengen deutlich weniger wahrscheinlich.

Mit der Automobilindustrie verknüpfte Wirtschaftszweige

Veränderte Produktionszahlen von Fahrzeugherstellern werden sich auch auf die Umsätze der für die Schweizer Wirtschaft wichtigen Zulieferbetriebe auswirken. Die Automatisierung im Verkehr hat zudem bereits zur Gründung Dutzender Unternehmen und zu immensen Investitionen in Elektronik und Software geführt (Beiker et al., 2016). Zusätzlich zu den Start-up-Unternehmen haben etablierte Automobilhersteller und Zulieferfirmen Milliardenbeträge in Akquisitionen und Partnerschaften investiert (Kerry und Karsten, 2017).

Darüber hinaus kann die Reduktion von Unfällen die Nachfrage nach Wartung und Reparaturen von Fahrzeugen erheb-

lich verringern. Da die Funktionen von Fahrzeugen vermehrt von Softwarekonzernen sichergestellt werden, wird eine zunehmend qualifizierte und ausgebildete Belegschaft erforderlich sein, um eine effektive Instandhaltung zu gewährleisten. Wenn der private Fahrzeugbesitz in ein flottenbasiertes Modell mit eigener Wartung übergeht, dürfte zudem die Nachfrage für bestehende Unterhaltsbetriebe deutlich reduziert werden.

Medizin, Versicherungen und Rechtsberatung

Clements und Kockelman (2017) schreiben, dass in den USA über 2 Millionen Krankenhausbesuche und 240'000 verlängerte Krankenhausaufenthalte pro Jahr auf Verkehrsunfälle zurückzuführen sind. Im besten Fall liessen sich 21 Milliarden US-Dollar an Kosten für medizinische Leistungen vermeiden, wenn die 90 % auf menschliches Versagen zurückzuführenden Unfälle verhindert werden könnten. Diese Ersparnisse entsprechen etwa 2 % der amerikanischen Gesundheitskosten. Ein wesentlicher Teil der medizinischen Kosten wird dabei von Versicherungsgesellschaften getragen. Eine weitere medizinische Auswirkung der verbesserten Fahrzeugsicherheit könnte eine geringere Verfügbarkeit von geeigneten Organspendern sein. Ein grosser Teil der gespendeten Organe stammt in den USA von gesunden, jungen Spendern, die bei Autounfällen ums Leben kommen (Lipson und Kurman, 2016).

Versicherer dürften zudem erheblich betroffen sein, wenn sich der individuelle Autobesitz (mit Privatverträgen) zu Flotten mit grossen Unternehmensverträgen verlagert. Mit der Automatisierung dürfte die Risikoeinschätzung für Versicherer schwieriger werden.

Schliesslich dürfte sich auch der Bedarf an Anwälten verändern, die auf Verkehrsunfallschäden spezialisiert sind. Sowohl mittel- als auch langfristig könnten Ansprüche vermehrt in Produkthaftungsklagen bei Herstellern geltend gemacht werden (Walker Smith, 2017).

Logistik

Der Transport stellt für viele güterproduzierende Industrien einen wesentlichen Teil der Logistikkosten dar. Die Fahrerinnen und Fahrer von Lastwagen machen etwa die Hälfte der

Transportkosten aus. Berücksichtigt man Fahrzeitbeschränkungen, die sicherstellen, dass die Fahrerinnen und Fahrer die Fahrzeuge sicher bedienen, so entfällt ein noch grösserer Teil der Logistikkosten. Dies ermöglicht Sendern und Empfängern, Kosten zu senken oder die Lieferketten zu erweitern und damit die Effizienz ihrer Produktion zu verbessern.

Arbeitsplätze in Verkehrsberufen

Eine vollständige Automatisierung des Güter- und Personenverkehrs könnte erhebliche Auswirkungen auf die Belegschaft der Transportbranche haben. Arbeitnehmende, die als Lastwagenfahrer/in, lokale Zustellfahrer/in, Taxifahrer/in, Fahrer/in von öffentlichen Verkehrsmitteln, Lagerarbeiter/in, Terminalarbeiter/in etc. beschäftigt sind, wären mit automatisierten Alternativen nicht mehr konkurrenzfähig (ITF, 2017a).

Die Automatisierung im Verkehr dürfte sich jedoch wie bei anderen historischen Automatisierungsschritten nicht nur negativ auf die Gesamtbeschäftigung auswirken, da viele neue Arbeitsplätze dazukommen könnten, beispielsweise für die Systemüberwachung oder neue Dienstleistungen. Die neuen Arbeitsplätze erfordern andere Fähigkeiten und haben andere Lohn- und Leistungsmerkmale als traditionelle Arbeitsplätze (ITF, 2017a; Viscelli, 2017).

Öffentlicher Sektor

Die Einnahmen des Staates können durch die Automatisierung ebenfalls beeinflusst werden, insbesondere wenn das öffentliche Parken eine wichtige Einnahmequelle für lokale Behörden ist. Die Einnahmen aus Ordnungsbussen dürften sinken. Bei signifikanten Verschiebungen vom privaten Individualfahrzeugbesitz hin zum Flottenmodell dürften zudem die Einnahmen aus Fahrzeugsteuern deutlich sinken.

Software- und Serviceproduzenten

In einem selbstfahrenden Auto braucht es eine zentrale Steuerungseinheit, die alle Fahrzeugfunktionen kennt und die gesamte Kommunikation steuert. Dieses System gewinnt mit zunehmender Automatisierung und Vernetzung an Bedeutung und wird zur zentralen Komponente im gesamten Fahrzeug, zumal auch alle Navigations- und Telematikdaten dort erfasst werden (Hermann, 2018). Hieraus ergeben sich neue Geschäftsfelder für und Arbeitsplätze bei etablierten Fahr-

	<p>zeugherstellern und Zulieferern als auch für (neue) Technologiefirmen.</p> <p>Daneben entwickeln die Unternehmen eine Vielzahl von ergänzenden Diensten, indem sie die Fahrzeuge immer mehr mit der Aussenwelt verbinden. So haben viele Fahrzeughersteller intensiv in bordeigene Unterhaltungssysteme investiert. Allerdings wartet auch die bestehende Unterhaltungsindustrie nur darauf, ihre Leistungen in den Fahrzeugen anbieten zu können (Hermann, 2018). Solche Dienste werden wichtiger, wenn Fahrerinnen und Fahrer von ihren Fahraufgaben entlastet werden. In der «gewonnenen» Zeit können Medienangebote konsumiert werden, die beispielsweise über kostenpflichtige Abonnements oder ein werbefinanziertes Modell bereitgestellt werden. Aus einer Studie des Fraunhofer Instituts geht hervor (Hermann, 2018), dass Probanden bereit sind, für Services, die die Kommunikation und das Arbeiten vereinfachen und beschleunigen, pro Monat zwischen 28 und 37 Euro zu bezahlen.</p> <p>Erste Experten diskutieren, ob Mobility-on-demand-Angebote sogar mit einem werbefinanzierten Medienmodell gratis angeboten werden könnten. Dabei könnten Stopps entlang der Route vorgeschlagen werden oder Reisende werden Werbung ausgesetzt. In der Verknüpfung mit ortsbezogenen Daten und allfälligen persönlichen Benutzerdaten könnte zudem personalisierte Werbung geschaltet werden. Rund um die gesammelten Daten wird eine Industrie mit verschiedenen (personalisierten) Services entstehen.</p> <p>Verringerte Transportkosten</p> <p>Viele Experten erwarten, dass automatisierte Fahrzeuge die Transportkosten pro Kilometer senken. Anwendungen wie Platooning sowie eine homogenere Beschleunigung und Verzögerung reduzieren den Benzinverbrauch. Sicherheitsgewinne automatisierter Fahrzeuge dürften zudem die Versicherungskosten senken.</p> <p>Auch der Betrieb von gemeinschaftlich genutzten Fahrzeugflotten dürfte die Betriebskosten senken, ohne die individuelle Mobilität zu beeinträchtigen. Dabei wird erwartet, dass eine deutlich verminderte Fahrzeuganzahl benötigt wird, wenn Menschen nicht mehr ihre eigenen Fahrzeuge benutzen. Erste optimistische Schätzungen gehen davon aus,</p>
--	---

dass die Gesamtzahl der Fahrzeuge um bis zu 80–90 % sinken könnte (Kornhauser et al., 2016; Fagant und Kockelman, 2015; ITF, 2017b).

Bessere Instandhaltungspraktiken könnten dazu führen, dass Fahrzeuge vor der Ausserbetriebnahme deutlich mehr Kilometerleistung erbringen. Zum Beispiel fahren die Taxis in New York City während mindestens 5 bis 6 Jahren mehr als 90'000 Kilometer pro Jahr – mehr als doppelt so viel wie die meisten individuell genutzten Fahrzeuge während ihrer ganzen Lebensdauer (NYC, TLC 2014; NYC, TLC 2018).

Bösch et al. (2017) weisen aber darauf hin, dass in vielen internationalen Studien zu Fahrzeugflotten einzelne Kostenteile nicht berücksichtigt werden. Dazu gehören beispielsweise der Overhead der Mobilitätsdienstleister oder ein erhöhter Aufwand für Unterhalt und Reinigung, da die Sorgfalt der Nutzenden tief sein dürfte. Zudem dürften geteilte Fahrzeuge (im Pooling) eher tiefe Besetzungsgrade aufweisen und damit die Kostenvorteile nicht vollständig ausschöpfen.

Zunehmende Verkehrs- und Fahrleistungen

Einige dieser Kosteneinsparungen werden dazu führen, dass die Einsparungen von Individuen reinvestiert werden und eine zusätzliche Reisebereitschaft entsteht. Diese zusätzlichen oder längeren Fahrten könnten zu neuen Überlastungen mit entsprechend negativen Effekten auf die Volkswirtschaft führen, wobei aber die positiven Kapazitätseffekte automatisierter Fahrzeuge zumindest teilweise entgegenwirken.

Es gibt jedoch noch weitere Gründe, die auf eine Zunahme des Reiseverkehrs durch den Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge schliessen lassen: Gegenüber konventionellen Fahrzeugen wird der Mensch in selbstfahrenden Fahrzeugen höherer Level zum reinen Passagier. Dabei kann er sich anderen Aktivitäten widmen, beispielsweise dem Arbeiten oder dem Schlafen. Die Reisezeit wird damit im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen anderweitig nutzbar und längere Reisen werden damit von Menschen weniger negativ bewertet. Reisedauer und Reisedistanzen könnten sich somit erhöhen.

Die Automatisierung kann zudem vielen neuen Reisenden ermöglichen, mit einem Auto mobil zu sein. Viele Menschen

können aufgrund ihres Alters noch nicht oder nicht mehr Auto fahren, sind krank, körperlich eingeschränkt oder anderweitig nicht in der Lage, im heutigen Verkehrssystem ein Auto zu nutzen. In Zukunft könnten diese Personen auch auf ein selbstfahrendes On-demand-Fahrzeug zugreifen, um gewünschte Ziele zu erreichen. Während diese Reisenden heute ein anderes Verkehrsmittel nutzen (zu Fuss, mit dem Fahrrad, mit öffentlichen Verkehrsmitteln) oder gar nicht reisen, können sie sich künftig für ein selbstfahrendes Auto entscheiden und damit die Fahrleistung weiter erhöhen.

Ein weiterer Faktor, der zu einer Zunahme der Fahrleistung führen dürfte, sind Leerfahrten, also Fahrten, bei denen selbstfahrende Fahrzeuge ohne Passagiere unterwegs sind. Diese können vor allem beim Bringen und Holen von Personen und Waren entstehen. Aber auch bei automatisierten Flottenfahrzeugen müssten – zumindest teilweise – Fahrten zwischen den Ab- und Zugangsorten ohne Passagiere durchgeführt werden.

Verringerte Reisewiderstände und Produktivität

Wenn die Automatisierung die Reisebereitschaft der Menschen erhöht, da sie pro zurückgelegtem Kilometer weniger bezahlen und die Reisezeit im Fahrzeug anderweitig nutzen können, könnte dies ihren Zugang zum Arbeitsmarkt erheblich erweitern. Fachpersonen sind möglicherweise eher bereit, aus der Ferne an einen zentralen Unternehmensstandort zu reisen. Dies erhöht das Einzugsgebiet der Unternehmen und dürfte einen Einfluss auf die Produktivität haben. Selbstfahrende Güterfahrzeuge können ähnliche Auswirkungen auf die Produktivität der Industrien haben. Diese können bessere und kostengünstigere Lieferanten und Produkte wählen.

Die Automatisierung könnte zudem neue Reisemöglichkeiten für Menschen eröffnen, für die der Reisewiderstand bisher zu gross war. Diese neuen Reisenden könnten als Verbraucher von Gütern und Dienstleistungen an weiteren Standorten zum Wachstum der Wirtschaft beitragen.

Folgen für die Raumstruktur

Geringere Reisekosten und die gesteigerte Reisebereitschaft könnten die Siedlungsmuster verändern. Menschen müssten bei der Wahl ihres Wohnortes weniger auf die Erreichbarkeit

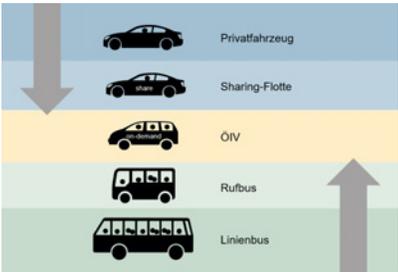
	<p>achten. Damit hat die Automatisierung das Potenzial, die Zersiedelung zu vergrössern. Meyer et al. (2016) zeigen mögliche Folgen des automatisierten Fahrens auf die Erreichbarkeiten in der Schweiz auf. Dabei wurde untersucht, wie sich die Erreichbarkeiten aller Gemeinden in der Schweiz wandeln, wenn sich sowohl das Angebot als auch die Nachfrage gemäss den derzeitig abschätzbaren Wirkungen von automatisierten Fahrzeugen verändern. Für gut an das Strassennetz angeschlossene ländliche Gebiete verbessert sich die Erreichbarkeit deutlich, vor allem durch erhöhte Netzkapazitäten und eine im Vergleich weniger stark erhöhte Nachfrage. Dieser Umstand fördert eine Zunahme der Zersiedelung. In Städten wird je nach Szenario eine schwache oder sogar negative Entwicklung der Erreichbarkeiten prognostiziert, da die zusätzliche Nachfrage die gestiegene Kapazität überschreitet.</p> <p>In Städten kann die Automatisierung auch der Verdichtung dienen, wenn substanzielle Parkierungsflächen infolge einer starken Nutzung von kollektiven Fahrzeugflotten zurückgebaut werden können. Dies spielt zentrale Flächen für höherwertige Nutzungen frei. Zudem könnten die Kosten für den Bau von Wohneinheiten erheblich gesenkt werden, wenn der Flächenbedarf für Parkgaragen entfällt. Dies könnte das städtische Wohnen günstiger machen.</p>
<p>Quellen</p>	<p>Beiker et al. (2016): How the convergence of automotive and tech will create a new ecosystem. McKinsey Automotive and Assembly. https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-the-convergence-of-automotive-and-tech-will-create-a-new-ecosystem</p> <p>Bösch et al. (2017): Cost-Based Analysis of Autonomous Mobility Services. Working Paper, 1225. Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich.</p> <p>Clements und Kockelman (2017): Economic Effects of Automated Vehicles, Transportation Research Record No. 2602.</p> <p>DHIK (2018): Studie Autonomes Fahren – Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungsanalyse, Deutscher Industrie- und Handelskammertag.</p> <p>Fagant und Kockelman (2015): Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities barriers and policy recommendations for capitalizing on self-driven vehicles.</p>

	<p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbst-fahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.</p> <p>ITF (2017a): Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport.</p> <p>ITF (2017b): Shared Mobility Simulations for Helsinki.</p> <p>Kerry and Karsten (2017): Gauging investment in self-driving cars. Brookings Institute Report. https://www.brookings.edu/research/gauging-investment-in-self-driving-cars/</p> <p>Kornhauser (2016): Nationwide Ride-Sharing: A first look at the potential and its implications on Fleet Size, Fleet Operations, Integration with Existing Urban Rail, Intercity Rail, Intercity air system and Societal benefits.</p> <p>KPMG (2015): Connected and Autonomous Vehicles – The UK Economic Opportunity.</p> <p>Lipson and Kurman (2016): Driverless: Intelligent Cars and the Road Ahead. MIT Press.</p> <p>Meyer et al. (2016): Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland, IVT ETH Zürich.</p> <p>New York City Taxi and Limousine Commission (2018): 2018 Factbook.</p> <p>New York City Taxi and Limousine Commission (2014): 2014 Factbook.</p> <p>Viscelli (2018): Driverless? Autonomous Trucks and the Future of the American Trucker. http://driverlessreport.org/files/driverless.pdf</p> <p>Walker Smith (2017): Automated Driving and Product Liability. Michigan State Law Review.</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Die beschriebenen qualitativen wirtschaftlichen Auswirkungen sind nicht an einen bestimmten Länderkontext gebunden und haben in unterschiedlichen Ausprägungen allgemeine Gültigkeit. Aufgrund der Bedeutung der Automobilindustrie für den Wohlstand vieler (grosser) Volkswirtschaften findet bei der Entwicklung von automatisierten Fahrzeugen aber auch ein Wettbewerb der Nationen statt. Dem KPMG-Index bezüglich des Standes der Automatisierung im Verkehr zufolge führen derzeit die Niederlande und Singapur (Hermann, 2018).</p>

	<p>Verschiedene Studien haben die monetären Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge spezifisch für Länder abgeschätzt. Für Deutschland werden Einsparungen von 15 Mrd. Euro jährlich bei einem breiten Einsatz von selbstfahrenden Fahrzeugen erwartet (DHIK, 2018). Die wichtigsten Effekte sind dabei Benzinersparnisse, Betriebskosteneinsparungen, Zeitkostensparnisse infolge eines optimierten Verkehrsflusses, Sicherheitsgewinne, Entlastung von Grosstädten durch bessere Erreichbarkeit ländlicher Räume sowie die Verringerung städtischer Fahrzeugstellplätze. Zusätzliche Kosten entstehen durch IT-Sicherheit und Datenschutz sowie zusätzlich durchgeführte Fahrten.</p> <p>Für das Vereinigte Königreich kommt KPMG (2015) zum Schluss, dass sich bis 2030 grosse ökonomische Nutzen (£ 51 Mrd.) aufsummieren werden, wovon der weitaus grösste Teil den Nutzenden zugute kommt. Wie KPMG führen verschiedene Studien die grössten Auswirkungen darauf zurück, dass die Benutzer ihre Pendelwege produktiver nutzen können. Clements und Kockelman (2017) schätzen über 1.2 Billionen US-Dollar an Auswirkungen einer Vollautomatisierung in den USA, einschliesslich positiver und negativer Auswirkungen auf 15 Branchenkategorien. Gemäss Hermann (2018) tragen die verminderten Unfallkosten mit 480 Milliarden US-Dollar mehr als ein Drittel zur Kosteneinsparung bei. Weitere 168 Milliarden US-Dollar liessen sich in den USA auch durch selbstfahrende Lastwagen einsparen (Hermann, 2018).</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Mit der Automatisierung im Verkehr können auch in der Schweiz positive Effekte auf den Wohlstand erwartet werden. Es gilt jedoch, diese Entwicklung so zu steuern, dass die negativen Auswirkungen auf Arbeitsplätze, Zersiedelung, Ressourcen etc. minimiert werden. Entsprechend sind von Bund, Kantonen, Städten und Gemeinden zuerst ausgewogene und aufeinander abgestimmte Ziele (bzw. Gewichtungen) zu definieren. Erst in einem zweiten Schritt ist festzulegen, wie diese unter Einsatz der Automatisierung am besten erreicht werden können. Selbstfahrende Fahrzeuge sind nicht als Selbstzweck zu verstehen, sondern als Mittel zur besseren Zielerreichung einzusetzen. Hierzu sind Festlegungen auf allen Staatsebenen notwendig und auch Ver-</p>

	<p>einbarungen mit der Wirtschaft möglich. Private Innovatoren können helfen, die Chancen der Automatisierung für den Personen- wie auch Warentransport rasch und unkompliziert zu realisieren.</p> <p>Die Entwicklung ist von der öffentlichen Hand aktiv zu steuern. Denkbar ist die Einflussnahme über Lenkungsabgaben, zeitlich oder räumlich differenzierte Verbote von Leerfahrten, die Priorisierung von Fahrzeugen nach Belegung und/oder Fahrzweck, die Verteilung von Zeitfenstern für Fahrten, die Einflussnahme auf das Routing etc. Darüber hinaus müssen Städte und Gemeinden den Rahmen für privatwirtschaftlich angebotene Mobilitätsdienste resp. «City-Logistik»-Konzepte schaffen und mit entsprechenden Vorgaben sicherstellen, dass die Politikziele erreicht werden.</p>
--	--

Factsheet 09: Anwendungen im Personenverkehr

<p>Hintergrund</p>	<p>Eine Reise kann heute mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln durchgeführt werden. Man kann sein eigenes Auto nutzen, ein Auto teilen (kommerzielles oder privates Carsharing), ein Taxi nehmen, zu Fuss gehen, mit dem Velo fahren, in den Zug einsteigen, einen öffentlichen Bus nehmen usw. Die beiden Verkehrsmittel mit den grössten Anteilen in der Schweiz sind dabei der motorisierte Individualverkehr (MIV, v.a. Auto, Taxi, Carsharing, Motorrad) und der öffentliche, kollektive Verkehr (ÖV, v.a. Eisenbahn, Tram, Bus, kollektiv deshalb, weil mehrere Personen gemeinsam reisen).</p> <p>Die Automatisierung verändert die Eigenschaften aller Verkehrsmittel und führt zudem dazu, dass im Übergangsbereich zwischen ÖV und MIV neue Angebote entstehen können, welche die heutige Trennung von ÖV und MIV infrage stellen. Solche neuen Formen werden öffentlicher Individualverkehr genannt (ÖIV gemäss ARE, 2017).</p> <p>Im Folgenden werden mögliche Angebotsformen beschrieben und es wird aufgezeigt, wo welche Angebotsformen an Bedeutung gewinnen könnten. Die meisten neuen Angebotsmöglichkeiten entstehen im Strassenverkehr, da der Schienenverkehr immer eine Form des öffentlichen Kollektivverkehrs sein wird. Doch auch im Schienenverkehr ist die Automatisierung mit neuen Chancen verbunden.</p>
<p>Übersicht</p>	 <p>Das Diagramm zeigt die hierarchische Einbettung des öffentlichen Individualverkehrs (ÖIV) im Strassenverkehr. Von oben nach unten sind folgende Ebenen dargestellt: Privatfahrzeug (blauer Balken), Sharing-Flotte (blauer Balken), ÖIV (gelber Balken), Rufbus (hellgrüner Balken) und Linienbus (dunkelgrüner Balken). Ein grauer Pfeil zeigt nach unten, ein anderer nach oben.</p> <p>Neue Formen des Kollektivverkehrs (ÖIV) im Strassenverkehr, Übergangsbereich zwischen konventionellem MIV (Privatfahrzeug) und klassischem ÖV (Linienbus). Lesehilfe: <i>von oben nach unten</i>: extreme Individualisierungsform (oben) bis ausgeprägte Bündelung (unten), Quelle: (EBP, 2017)</p>

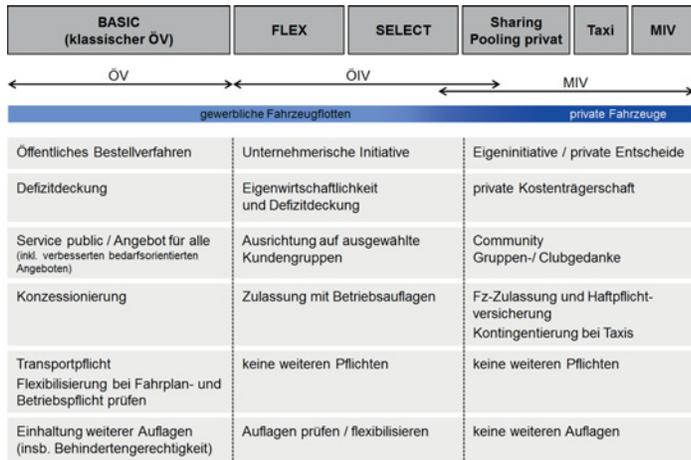
<p>Thema</p>	<p>Angebotsformen im Strassenverkehr</p> <p>Im Strassenverkehr könnten selbstfahrende Fahrzeuge grosse Veränderungen bringen, insbesondere im neuen ÖIV. Dabei sind verschiedene Stufen zwischen individueller und kollektiver Nutzung von Fahrzeugen denkbar (siehe Abbildung oben), beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Automatisierte Fahrzeuge im Privatbesitz mit individueller Nutzung — Automatisierte Fahrzeuge in einer Flotte einer privaten Sharing-Unternehmung, individuelle Nutzung nacheinander (Car-sharing) — Automatisierte Sammeltaxis einer Sharing-Unternehmung mit serieller und paralleler Nutzung (Car- und Ridesharing) — Automatisierter Rufbus mit definierten Haltepunkten, mit einer dynamischen, nachfrageorientierten Bedienung (Ridesharing, Kleinbusse) — Automatisierte grössere Massentransportmittel mit stark kollektiver Nutzung (z.B. Trolleybusse) <p>Unter Kollektivverkehr werden alle Formen verstanden, bei der eine Person ein von einem Unternehmen angebotenes Fahrzeug nutzt, welches auch von anderen Personen während seiner Fahrt (zeitweise) mitgenutzt werden kann (simultanes Teilen des Fahrzeugs, Ridesharing). Der Kollektivverkehr umfasst auch den konventionellen heutigen ÖV und den ÖIV. Gegenüber dem ÖV zeichnet sich dieser Übergangsbereich durch eine Flexibilisierung und Individualisierung zugunsten der Kundinnen und Kunden aus (ASTRA, 2016). Dazu gehören die Flexibilisierung der Abfahrtszeit (On-demand-Verkehr), das Aufheben fixer Routen/Linien, die Möglichkeit variabler Halteorte oder eine Kombination dieser Elemente. Unter den ÖIV fallen auch Pooling-Angebote von privaten Anbietern. Hier besteht allerdings ein fließender Übergang zum Privatverkehr, welcher seine Fahrten ebenfalls als Pooling-Angebot offerieren kann (EBP, 2018).</p> <p>Weiterentwicklung ÖV und ÖIV</p> <p>Verschiedene Angebote im ÖIV sind mit selbstfahrenden Fahrzeugen denkbar. EBP (2018) untersuchte beispielsweise die Weiterentwicklung des heutigen ÖV zu einem Basic-Angebot und die Ergänzung mit zwei denkbaren mehr individualisierten ÖIV-Produkten (Flex und Select genannt).</p>
---------------------	--

Das Basic-Angebot wird mit dem künftigen politisch gewünschten Grundangebot (Service public) gleichgesetzt. Um eine breite Benutzbarkeit im Sinne der heute gesetzlich verankerten Transportpflicht, ein klares, einfach zu vermittelndes Angebot und eine hohe Planbarkeit zu gewährleisten, dürften bei dieser Angebotsform weiterhin fixe Linien, ortsfeste Haltestellen und zumindest tageszeitlich fixe Fahrpläne im Vordergrund stehen. Im städtischen Kontext dürften für das Basic-Angebot vorwiegend grössere Fahrzeuge eingesetzt werden. Besonders im ländlichen Raum bei geringer Nachfrage könnten aber auch bedarfsorientierte Angebote unter das Basic-Segment fallen.

Beim ÖIV-Angebot «Flex» handelt es sich ausnahmslos um verschiedene Formen von On-demand-Angeboten. Die Gewinne für Benutzerinnen und Benutzer sind gegenüber dem ÖV kürzere Zu- und Abgangswege, kürzere Reisezeiten, ein Zuwachs an möglichen Direktverbindungen und verbesserter Komfort. Für eine regelmässige Benutzung sind Abonnementmodelle denkbar. Als Anmelde-, Informations- und Vertriebskanal stehen digitale Geräte im Vordergrund. Diese erlauben die ortsunabhängige und jederzeitige Nutzung dieser Angebote. Die Stärke von Flex-Angeboten dürfte vor allem im sub- und periurbanen Raum sowie auf tangentialen städtischen Relationen zum Tragen kommen, da hier eine hohe Nachfragedichte mit dispersen Quell- und Zielbeziehungen vorliegt.

Beim ÖIV-Angebot «Select» erfolgt ein fließender Übergang der Angebotsformen in individuelle Taxiservices. Es handelt sich um on demand Tür-zu-Tür-Angebote mit tiefen Reisezeiten. In allen Raumtypen kommen nur kleinere Fahrzeuge zum Einsatz (Sammeltaxi, Robotaxi). Die Bündelung der Fahrgäste erfolgt sehr selektiv nur da, wo deren Reisewege und Komfortansprüche fast deckungsgleich sind. Andernfalls resultieren zu hohe Fahrzeitverluste durch Umwege und eine Abgrenzung gegenüber dem Flex-Segment ist nicht mehr möglich. Im ländlichen Raum ist es denkbar, dass für die Wahl von Ein- und Ausstiegsort Einschränkungen gelten, um das Ride-sharing überhaupt zu ermöglichen. Da die Fahrzeuge ohnehin identisch sind, kann der Kunde bei der Bestellung explizit wählen, ob er ein Einzeltaxi wünscht oder zur Reduktion seiner persönlichen Kosten eine selektive Mitfahrt anderer Gäste zulässt.

Die drei Angebotsformen unterscheiden sich neben der unterschiedlichen Preisstruktur auch durch ihre räumliche Verfügbarkeit voneinander. Je nach Nachfragepotenzial und Zahlungsbereitschaft der Nutzenden werden Anbieter ihr Marktgebiet spezifisch aussuchen, weshalb für Nutzende nicht in allen Teilräumen die drei Angebotsformen zur Verfügung stehen dürften.



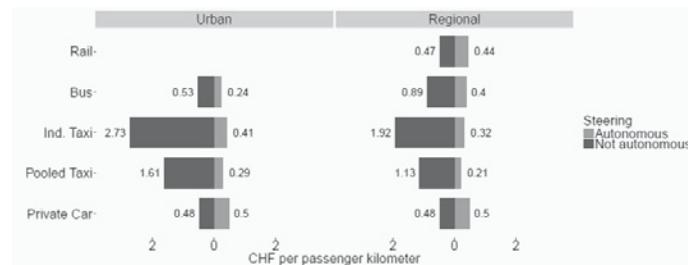
Vorschlag der Abgrenzung gemäss EBP (2018)

Kostenvergleich der neuen Angebotsformen

Unabhängig davon, wie die Transportunternehmen heute aufgestellt sind, werden sich die Betriebskosten von automatisierten gegenüber konventionellen Fahrzeugen verändern. Bösch et al. (2017) haben in ihrer Studie die Kostenstruktur der heutigen Hauptverkehrsmittel für die Schweiz beschrieben und deren Veränderung nach einer Automatisierung der Fahrzeuge analysiert.

Die Studie kommt zum Schluss, dass sich die Personenkilometerkosten automatisierter Busse im urbanen wie auch regionalen Umfeld gegenüber konventionellen Bussen annähernd halbieren. Die Kosteneinsparung ergibt sich hauptsächlich durch die Einsparung von Personalkosten. Es entstehen aber auch neue Kosten für die Informations- und Kommunikationstechnologie, Dispositions- und Sicherheitssysteme sowie für vermehrte Reparatur und Reinigung der Fahrzeuge etc. Ähnliche Gründe (v.a. entfallende Personalkosten) führen zu deutlichen Kostenreduk-

tionen bei individuellen und kollektiven Taxis. Diese dürften – zumindest auf der Kostenseite – eine deutliche Attraktivitätssteigerung erfahren. Allgemein wird ein tiefes Preisniveau erreicht, die Personenkilometerkosten der unterschiedlichen Verkehrsmittel nähern sich einander stark an.

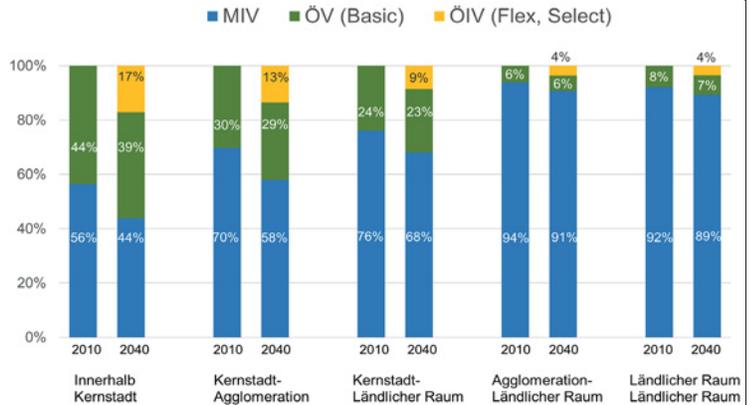


Veränderung der Kosten pro Personenkilometer für automatisierte Verkehrsmittel (Bösch et al., 2017)

Gemeinsam und gleichzeitig genutzte vollautomatisierte Fahrzeuge (Ridesharing) sind bezüglich Kosten attraktiv, jedoch sind die Vorteile nicht so deutlich wie in ersten internationalen Studien angenommen, da diverse Kostenanteile nicht berücksichtigt wurden (Bösch et al., 2017). Dazu gehören Overhead-Kosten der Unternehmen, Parkkosten sowie ein erhöhter Aufwand für Unterhalt und Reinigung, da die Sorgfalt der Nutzenden tief sein dürfte. Weiter muss auch damit gerechnet werden, dass solche Fahrzeuge mit sinkenden Kosten auch eher tiefe Besetzungsgrade aufweisen und ein gewisser Anteil Leerfahrten entsteht, sodass die Kostenvorteile nicht vollständig ausgeschöpft werden können (Bösch et al., 2017).

Veränderte Verkehrsmittelwahl

Welche Verkehrsmittel die Nutzerinnen und Nutzer am Schluss wählen, ist neben dem Preis abhängig von anderen Eigenschaften des Angebotes. Dazu gehören v.a. die Reisezeiten, die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit sowie der Komfort. EBP (2018) hat die Veränderung des Modalsplits für die neuen Angebotsformen auf Basis des Gesamtverkehrsmodells 2040 des Kantons Zürich abgeschätzt. Dafür wurden die Veränderungen der Verkehrsmittelwahl nach Relationen zwischen drei Raumtypen unterschieden.



Veränderung Verkehrsmittelwahl (Modalsplit nach Verkehrsleistung) auf Basis einer Abschätzung

Das Basic-Angebot (Fortentwicklung des klassischen ÖV) wird demnach weitgehend konstante Anteile aufweisen, auch wenn substantielle Angebotserweiterungen infolge Betriebskosteneinsparungen möglich sind. Dies gilt auch für bedarfsorientierte Basic-Angebote. Diese haben die Chance, auf der letzten Meile verbesserte und wirtschaftlich tragbare Zubringer zum nächsten Mittelverteiler oder zum nächsten Regionalzentrum anzubieten.

Die Wechsler auf den ÖIV nutzen heute hauptsächlich den MIV. Die neuen ÖIV-Angebotsformen Flex und Select sind aus Kundensicht attraktiv, weil sie eine Alternative zum Besitz eines eigenen Fahrzeugs darstellen. Dabei ist der ÖIV flexibler als der heutige ÖV. Gegenüber dem Privatverkehr resultieren für den Fahrgast nebst reduzierten Reisekosten nur geringe oder gar keine Fahrzeitverlängerungen und geringe Komforteinbussen. Insbesondere in städtischen Räumen ist zur Gewährleistung einer komparativen Reisezeit auch eine Priorisierung des ÖIV gegenüber dem Privatverkehr vorstellbar.

Der Anteil des kollektiven Verkehrs (Basic, Flex und Select) an der Gesamtverkehrsleistung erhöht sich auf allen Relationen gegenüber heute, wobei der Anteil des kollektiven Verkehrs in der Kernstadt zukünftig auf über 50 % abgeschätzt wird. Das Nachfragepotenzial des kollektiven Verkehrs sinkt, je disperser die Raumstruktur ist.

Um Erkenntnisse über Nutzung und Akzeptanz solcher neuer Angebotsformen zu gewinnen, werden national und international bereits verschiedene Tests durchgeführt. Für die meisten solcher Tests müssen heute allerdings noch Fahrer oder Fahrerinnen oder zumindest Begleitpersonen eingesetzt werden, um die gesetzlichen Bestimmungen einzuhalten.

Angebotsformen im Schienenverkehr

Der Schienenpersonenverkehr umfasst ÖV-Angebote im Fern- und Nahverkehr wie IC-, IR-, RE-Züge, S-Bahnen, Stadtbahnen, Trams, U-Bahnen etc. Die Automatisierung zeigt sich dabei in der schrittweisen Übernahme von Fahraufgaben durch technische Systeme, von Anfahr- und Haltevorgängen bis hin zur Steuerung in Störfällen. Führerlose Bahnen auf isolierten und räumlich klar abgrenzten Strecken sind längst im Einsatz, zum Beispiel die Luftkissenbahn «Skymetro» am Flughafen Zürich oder die Metro «ligne m2» in Lausanne. Im Fern- und Regionalverkehr ist weltweit bisher noch keine vollautomatisierte Anwendung realisiert.

Im schienengebundenen ÖV ist der Übergang zur Automatisierung weniger komplex als im Strassenverkehr. Die Fahrzeuge befahren festgelegte Strecken, sind heute schon in übergeordnete Steuerungen eingebunden und werden als Flotten beschafft resp. erneuert. Wie rasch sich das automatisierte bzw. führerlose Fahren durchsetzt, wird einerseits bestimmt durch die Innovationskraft der Branche, ist aber auch abhängig von den Fahrzeuggenerationen, da das Rollmaterial im ÖV deutlich länger im Einsatz ist als im Individualverkehr.

Der schienengebundene Verkehr mit seinen Vorteilen der hohen Leistungsfähigkeit, der direkten Anbindung in die Zentren und der hohen Zuverlässigkeit gegenüber dem strassengebundenen Verkehr dürfte auch zum Zeitpunkt der Vollautomatisierung nachgefragt werden. Die Möglichkeit zur korridorspezifischen Bündelung sehr starker Personenströme führt dazu, dass schienengebundene Systeme auch zukünftig einen wichtigen Anteil der gesamten Personenverkehrsleistung einnehmen werden. Im schienengebundenen ÖV verändert die Automatisierung die Kostenstrukturen nur wenig, da der Anteil der entfallenden Personalkosten geringer als beim strassengebundenen ÖV ist (Bösch et al., 2017).

Unter der Voraussetzung, dass die Abgeltungen im öffentlichen Verkehr in gleichem Umfang aufrechterhalten bleiben, dürften

	<p>nachfragestarke Relationen nach wie vor mit schienengebundenen Systemen am attraktivsten bedient werden (z.B. Fernverkehrsstrecken, Pendlerverkehrsstrecken auf der Relation Kernstadt–Agglomeration oder S-Bahn Relationen innerhalb der Kernstadt).</p> <p>Mobility-as-a-Service (MaaS)</p> <p>Ein vielfach genanntes Konzept für die Zukunft ist, Mobilität als gesamte Dienstleistung zu verstehen, genannt «Mobility-as-a-Service». Grundlage bildet eine Plattform, die alle Facetten einer Reise – Auswahl des Ziels, Buchung, Ticketausgabe und Bezahlung – für möglichst viele öffentliche und private Transportmittel integriert (Hermann, 2018). Dabei steht nicht mehr das Verkehrsmittel im Mittelpunkt, sondern die beste Verbindung zwischen zwei Orten.</p>
<p>Quellen</p>	<p>ARE (2017): Zukunft Mobilität Schweiz, UVEK-Orientierungsrahmen 2040, https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/zukunft-mobilitat-schweiz.html</p> <p>ASTRA (2016): Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität», Anhang 1, http://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/medien/medienmitteilungen.msg-id-65042.html</p> <p>Berlkönig (2018): https://www.berlkoenig.de/ besucht am 26.11.18</p> <p>Bösch et al. (2017): Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Services, Working Paper, August 2017, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich.</p> <p>EBP (2017): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Grundlagenanalyse, https://www.ebp.ch/de/projekte/studie-zum-einsatz-automatisierter-fahrzeuge-im-alltag</p> <p>EBP (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3c: Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV), https://www.ebp.ch/de/projekte/automatisierte-fahrzeuge-moegliche-angebotsformen-im-kollektiven-verkehr-oev-und-oeiv</p> <p>EcoBus (2018): Max-Planck-Institut, https://www.ecobus.jetzt/ueber-das-projekt.html</p>

	<p>Feigon et al. (2018): Private Transit: Existing Services and Emerging Directions. TCRP Research Report 196. Shared-Use Mobility Center: Chicago, IL.</p> <p>FTA (2018): Mobility on Demand (MOD) Sandbox Program, https://www.transit.dot.gov/research-innovation/mobility-demand-mod-sandbox-program</p> <p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.</p> <p>MBTA (2018): On-Demand Paratransit Pilot Program, https://www.mbta.com/accessibility/the-ride/on-demand-pilot</p> <p>Metzger (2018): MBTA's disabled customers switch to Uber, Lyft. Boston Globe, February 2018, https://www.bostonglobe.com/metro/2018/02/27/mbta-disabled-customers-switch-uber-lyft/CO8S5Cohy0ggorj6rQk1XO/story.html</p> <p>Mohl (2018): T notes: Uber, Lyft keep growing at the T. Commonwealth Magazine. June, https://commonwealthmagazine.org/transportation/t-notes-uber-lyft-keep-growing-at-the-t/</p> <p>Oliver Wyman (2016): Mobility 2040, Staying ahead of disruption.</p> <p>Roland Berger (2016): THINK ACT – A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem.</p> <p>VDV (2015): Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge, Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen, Verband deutscher Verkehrsunternehmen, https://www.vdv.de/positionensuche.aspx?mode=detail&id=9DAAE371-2F2C-43B9-B614-26FF397F0BB7</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>In vielen internationalen Studien wird erwartet, dass der MIV in Bezug auf die Verkehrsleistung Anteile an den ÖIV verlieren dürfte, während der ÖV konstant bleibt. Beim MIV werden beispielsweise Verluste von ca. 25–30 % bis 2030 weltweit (Roland Berger, 2016) bzw. 15–20 % bis 2040 in Deutschland prognostiziert (Oliver Wymann, 2016).</p> <p>Der Verband deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) hat aber auch die Herausforderungen durch die «Steigerung der Attraktivität des PKW» infolge der Automatisierung erkannt, welche in der Folge die ÖV-Nutzung verringern könnte. Der VDV sieht aber auch Chancen für den ÖV, welche sich «mit dem Sprung zum</p>

vollautonomen Fahren» ergeben. In seinem Positionspapier von 2015 plädiert er dafür, dass sich die Verkehrsunternehmen auf die automatisierte Zukunft vorbereiten, indem sie u.a. MaaS anbieten und «Experimente mit autonomen Shuttles» wagen.

In Deutschland werden solche neuen, bedarfsgesteuerten Angebotsformen in Pilotprojekten bereits getestet. So werden beispielsweise in Oberharz Fahrten mit Kleinbussen in einer ländlichen Umgebung unter Verwendung von Optimierungsalgorithmen eingesetzt (EcoBus, 2018). In Berlin verkehrt der «Berlkönig» als Kooperation der Berliner Verkehrsbetriebe und dem Start-up ViaVan rund um die Uhr, um Fahrten im Stadtgebiet zu teilen. Auch in den USA demonstrieren zahlreiche Pilotprojekte, öffentlich-private Partnerschaften und kommerzielle Dienstleistungen, wie der automatisierte ÖIV aussehen könnte. Feigon et al. (2018) geben einen Überblick über eine Reihe von privaten Nahverkehrsdienstleistungen, die weitgehend unter die Begrifflichkeit des ÖIV fallen. Die folgenden Beispiele mit klassischen, nicht automatisierten Fahrzeugen (derzeit noch mit Fahrer/in) zeigen verschiedene Geschäftsmodelle auf, die auf dem US-Markt eingesetzt oder entwickelt werden. Mit der Automatisierung ergeben sich weitere Potenziale.

- In Summit, New Jersey, hat sich der Betreiber von Vorortszügen nach New York City dafür entschieden, private Fahrten zum lokalen Bahnhof zu subventionieren. Die Mehrheit der Bahnbenutzenden fuhr zuvor mit eigenen Fahrzeugen zum Bahnhof und parkte diese in Parkhäusern vor Ort. Durch den Vertrag mit On-demand-Fahrdiensten konnte der Bahnbetreiber die Investitionskosten für zusätzliche Parkflächen vermeiden.
- In Hillsborough County, Florida (Vorort von Tampa mit geringerer Siedlungsdichte), hat der öffentliche Nahverkehrsanbieter mit Privatunternehmen Kontakt aufgenommen, um On-demand-Fahrten zu Bushaltestellen zu einem reduzierten Preis anzubieten. Das Programm umfasst die Möglichkeit eines einzigen Bezahlvorgangs für beide Verkehrsmittel.
- In Arlington, Texas (Stadt mit 400'000 Einwohnerinnen und Einwohnern), wurde der Betrieb des nur auf Buslinien beruhenden öffentlichen Nahverkehrssystems eingestellt und durch einen On-demand-Service ersetzt. Über eine App können Fahrzeuge gerufen werden, die im Sharing genutzt werden können. Der Anbieter ist auch in Manhattan, Chicago und Washington, D.C., tätig. Die Nutzer bezahlen eine

Pauschale und werden an einer Ecke in der Nähe ihres Zielortes abgesetzt, ähnlich wie bei einer dynamischen Buslinie.

- In Boston, Massachusetts, findet einer der grössten Pilotversuche statt, der «Paratransit» durch On-demand-Angebote ersetzt. Paratransitdienste sind gemeinsam genutzte Fahrdienste, die aus nachfragegesteuertem ÖV, organisierter Mitfahrvermittlung, geteiltem Fahrzeugbesitz und Taxiverkehr bestehen. Diese Dienste werden in der Regel über eine telefonische Buchung im Voraus reserviert und bieten jenen Menschen Mobilität, die nicht in der Lage sind, den klassischen ÖV zu benutzen. Überall dort, wo eine Abdeckung durch Busse vorhanden ist, sind ÖV-Anbieter verpflichtet, auch Paratransitdienste anzubieten. Diese sind jedoch teuer im Betrieb und Passagiere müssen sich mit ungünstigen Buchungsregeln und langen Wartezeiten abgeben. Die Vertragsabschlüsse mit On-demand-Anbietern führten zu einer deutlichen Senkung der Kosten pro Fahrt, aber nicht zu Kosteneinsparungen, da deutlich mehr On-demand-Fahrten angefordert wurden (Metzger 2018; Mohl 2018; MBTA 2018).
- Über diese Beispiele hinaus leitet die Federal Transit Administration des U.S. Department of Transportation ein Programm namens «Mobility-on-Demand (MOD) Sandbox». Dieses hilft bei der Finanzierung, Planung und Evaluation von neuen Diensten. Elf exemplarische Partnerschaften zwischen privaten On-demand-Dienstleistern und traditionellen Verkehrsbetrieben werden unterstützt (FTA 2018).

Diese On-demand-Fahrten privater Anbieter, die in den USA mittlerweile Millionen von Fahrten durchführen, zeigen mögliche Auswirkungen automatisierter kommerzieller Fahrdienste auf die Verkehrssysteme. On-demand-Anbieter sind in Städten und Stadtteilen besonders beliebt, in denen das Parkieren eingeschränkt ist, und bieten jenen Reisenden eine bequeme Automobilität, denen für die Fahrt kein Auto zur Verfügung steht oder die nicht fahren. Da in vielen grossen amerikanischen Städten die ÖV-Anbieter Schwierigkeiten haben, einen zuverlässigen Service zu gewährleisten, haben On-demand-Fahrten oft die traditionellen öffentlichen Verkehrsmittel ersetzt.

Neben diesen Beispielen von ÖIV-Anwendungen mit nicht automatisierten Fahrzeugen gibt es in den USA auch mehrere realisierte oder geplante On-demand-Angebote mit selbstfahrenden Fahrzeugen. In Frisco, Texas, und Arlington, Texas (siehe oben),

	<p>werden automatisierte Fahrzeuge (SAE-Stufen 3–4) eingesetzt, um Fahrten zwischen festen Abfahrts- und Abholorten anzubieten. Die Tests sind aber allesamt gratis für die Nutzungen, vorerst gibt es in den USA noch keinen Staat, in dem Anbieter für Fahrten in einem automatisierten Fahrzeug Gebühren erheben dürfen.</p> <p>Ein anderes Unternehmen führte im Jahr 2018 in Chandler und weiteren Städten in der Gegend von Phoenix, Arizona, fahrerlose Fahrdienste ein. In diesem Beispiel wird es keine festen Abhol- und Absetzstandorte geben und das Einsatzgebiet wird nicht geografisch begrenzt sein. Gleichzeitig geteilte Fahrten sind aber nicht vorgesehen. Das Angebot steht nur Teilnehmenden eines früheren Testprogramms offen. In Partnerschaft mit dem lokalen ÖV-Anbieter werden Fahrten zur Abdeckung der ersten bzw. letzten Meile von ÖV-Fahrten erleichtert.</p> <p>Weitere Player im internationalen Mobility-as-a-Service-Markt sind gemäss Hermann (2018): Whim (Finnland, Urheber des MaaS-Konzeptes), UbiGo (Schweden), Qixxit (Deutsche Bahn), Moovel (Daimler Deutschland), Beeline (Singapur), Smile App (Wiener Linien), Bridj (USA) und Bixi (Kanada).</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Auch in der Schweiz werden bereits verschiedene Formen von automatisierten Angeboten getestet (Stand März 2019, Liste nicht abschliessend):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Projekt von PostAuto Schweiz AG mit Einsatz von zwei selbstfahrenden SmartShuttles von Navya seit 2016, in Zusammenarbeit mit der Stadt Sion, dem Kanton Wallis und der EPFL — Die Freiburgischen Verkehrsbetriebe (TPF) lancierten 2017 in Zusammenarbeit mit dem Marly Innovation Center (MIC), der Gemeinde Marly, der Agglomeration Freiburg und dem Kanton Freiburg ein Pilotprojekt mit einem selbstfahrenden Shuttlebus von Navya, der die Anbindung des MIC-Quartiers an das TPF-Verkehrsnetz ermöglicht. — In Neuhausen am Rheinfall verkehrt ein Navya-Shuttle auf der Linie 12 seit Frühjahr 2018 als durchgängiges Mobilitätskonzept (Mobility-as-a-Service) mit geplantem First- und Last-Mile-Konzept. Es unterscheidet sich von anderen Pilotprojekten dadurch, dass es in das bestehende ÖV-Liniennetz des Kantons Schaffhausen eingebunden ist und somit die existierende Infrastruktur benutzt.

- Die Transports publics genevois (tpg) setzen seit Juli 2018 ein Navya-Shuttle auf einer Versuchslinie im Mischverkehr in Meyrin ein.
- In der Stadt Zug fährt seit Januar 2019 ein selbstfahrender Shuttle von EasyMile auf den Stadtstrassen. Es ist ein gemeinsames Projekt von SBB, Mobility, Zugerland Verkehrsbetriebe AG, Stadt Zug und Technologiecluster Zug geplant.
- In der Stadt Bern plant Bernmobil mit Migros Aare, Stadt Bern und EWB einen Test mit einem selbstfahrenden Bus (seit 2019). In Cossonay ist ebenfalls ein Einsatz von selbstfahrenden Shuttles durch den ÖV-Betreiber MBC (Morges-Bière-Cossonay) geplant.

Ausgelöst durch die Digitalisierung erfolgen aktuell zudem verschiedene Tests zu nachfrageorientierten Angeboten (on demand). Diese sind zwar auch mit Fahrern/innen möglich, dürften aber mit automatisierten Fahrzeugen grössere Marktanteile erreichen können, weshalb sie hier auch mit aufgeführt werden:

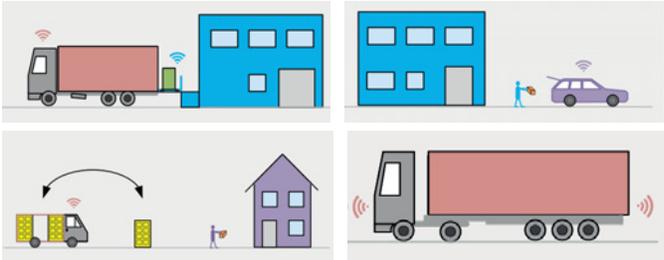
- Kollibri: Erster Tür-zu-Tür-Shuttle-Dienst der Schweiz in Brugg, durchgeführt von Postauto in Kooperation mit verschiedenen Partnern der öffentlichen Hand sowie Kyyti, dem finnischen Technologiepartner
- Geplanter Test des On-demand-Dienstes von Shotl in Zusammenarbeit mit der Koordinationsstelle für Nachhaltige Mobilität (KoMo) und des kantonalen Amtes für öffentlichen Verkehr im Kanton Bern (gem. Präsentation Shotl an Fachtagung vom 14.11.2018)

Neue Angebotsformen im Kollektivverkehr können wertvolle Beiträge zur Realisierung der verkehrspolitischen Ziele leisten. Mit einem angepassten regulatorischen Rahmen besteht für ÖV-Unternehmen und für die Städte die Chance, eine noch effektivere Bündelung von Personen im ÖV und im ÖIV (gemeinschaftlich genutzte Fahrzeuge) sowie eine gewünschte Hierarchie des Verkehrssystems zu fördern. Der öffentlichen Hand fällt mit ihren Steuerungsinstrumenten im regulatorischen Bereich eine zentrale Gestaltungsaufgabe zu:

- Der Bund kann einen rechtlichen Rahmen für das Austesten innovativer Angebotsformen am Markt schaffen. Hierzu kann er starre Vorgaben des Personenbeförderungsgesetzes (PBG) mit strikter Unterscheidung zwischen ÖV und Privatverkehr flexibilisieren und dem ÖIV Entwicklungsspielraum ermöglichen.

	<ul style="list-style-type: none">— Zudem müssen der Rechts- und Finanzrahmen bzw. die Organisation und Aufgaben von ÖV-Unternehmen auf der Strasse geklärt werden. Transportunternehmen des öffentlichen Nahverkehrs dürfen heute nur bestellte und abgeglichene Verkehre durchführen. Hier ist z.B. die Trennung von Transportunternehmen in zwei Bereiche zu prüfen: ein Bereich für bestellte und abgeglichene Verkehre, ein anderer Bereich für eigenwirtschaftliche Produkte (evtl. analog SBB: Infrastrukturunternehmen inkl. Betrieb und Steuerung, Transportunternehmen im Regionalverkehr, eigenwirtschaftlicher Fernverkehr).— Besteller von ÖV-Angeboten können Rationalisierungsnutzen aufgrund der Automatisierung in den kollektiven bzw. öffentlichen Verkehr reinvestieren.— Ein geeignetes Zulassungsverfahren für ÖIV-Anbieter ist zu erarbeiten. Dieses könnte eine Prüfung etwaiger Betriebsauflagen umfassen, u.a. hinsichtlich Parkierungs- und Wartungsmöglichkeiten, technischer Ausstattung der Fahrzeuge zur Integration in ein städtisches Verkehrsmanagement, Vorgaben zur Beeinflussung des Verkehrsaufkommens, räumliche Zufahrtsbeschränkungen oder -erleichterungen, Behandlung in der Verkehrssteuerung (z.B. analog heutiger ÖV-Priorisierung).
--	--

Factsheet 10: Anwendungen im Güterverkehr

Hintergrund	<p>Auch im Güterverkehr ermöglichen selbstfahrende Fahrzeuge neue Anwendungsformen. Der Transport von Waren dürfte vereinfacht und vergünstigt werden und damit den Trend zu Mehrverkehr – neben dem Personenverkehr – verstärken. Der Bedarf für innovative Güterversorgungskonzepte und eine Bündelung der Transporte insbesondere in Städten steigt. Im Folgenden werden denkbare Konzepte für selbstfahrende Güterfahrzeuge auf den Autobahnen, auf der «letzten Meile» (Feinverteilung) und auf den «letzten Metern» (Strassenkante bis zum Bezugsort) beschrieben.</p>
Übersicht	 <p>Denkbare Anwendungen automatisierter Fahrzeuge im Güterverkehr (von oben nach unten: Warenumschlag Teilladungsverkehr, Abholen von Paketen, Paketfachboxen, Autopilot, EBP 2018)</p>
Thema	<p>Bei der Betrachtung des Güterverkehrs muss zwischen Komplettladungsverkehr und Teilladungsverkehr unterschieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Komplettladungsverkehre sind Punkt-zu-Punkt-Verkehre, beispielsweise zwischen zwei Logistikzentren. Werden dabei die Transporte mit selbstfahrenden Güterfahrzeugen durchgeführt, ergeben sich vor allem Kosteneinsparungen durch den Wegfall des Fahrers resp. der Fahrerin. Anpassungen im Betriebskonzept (Bsp. Fahrtzeitpunkt, Routenwahl) sind nicht absehbar. — Im Unterschied dazu sind bei Teilladungsverkehren, welche den Transport von Stückgut (Bsp. in Paletten) oder Paketen abdecken, grosse Änderungen zu erwarten: Mit der Digitalisierung können Kunden ihre Konsumgüter direkt nach Hause bestellen, Unternehmen können Lagerbestände optimieren und Waren in jeweils geringeren Mengen bestellen. Dies alles führt zu einer Reduktion der Sendungsgrösse

und zu einer Zunahme der Anzahl Sendungen. Selbstfahrende Güterfahrzeuge ermöglichen durch einen optimierten Einsatz allenfalls eine Reduktion der Anzahl erforderlicher Fahrzeuge bei gleicher Fahrtenanzahl bzw. Fahrleistung.

Anwendungen im Güterverkehr über lange Distanzen: Platooning und Autopilot

Unter Platooning versteht man das steuerungstechnische Bündeln von Lastwagen, sodass diese in geringem Abstand hintereinanderfahren können, ohne dass die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird. Ziele des Platooning sind eine erhöhte Strassenkapazität durch verringerte Zeitlücken, eine höhere Wirtschaftlichkeit und ein verringerter Benzinverbrauch durch Windschattenfahren. Für das Bilden und Auflösen von Platoon-Verbänden müssen spezielle Abschnitte ausgeschieden werden.

International wurden bereits verschiedene Testfahrten zum Platooning durchgeführt (vgl. Abschnitt «Situation im Ausland»). Interessant dürfte diese Anwendung im internationalen Fernverkehr sein, ohne ein konkurrenzfähiges Angebot des kombinierten Verkehrs Schiene – Strasse. Auf Überlandstrassen oder gar im Innerortsbereich wird sich Platooning aufgrund von zahlreichen kreuzenden oder einmündenden Fahrzeugen kaum durchsetzen. Trotz Platooning dürften in allen Lastwagen weiterhin Fahrerinnen und Fahrer verbleiben, wobei diejenigen der hinteren Fahrzeuge das Steuer in der Regel über längere Phasen nicht mehr übernehmen müssen und zumindest teilweise ihre Unterwegszeit für andere Tätigkeiten nutzen können (EBP, 2018).

Verkehrt ein Lastwagen zumindest teilweise (bspw. auf der Autobahn) selbstfahrend, so ist zu klären, ob der Fahrerin oder dem Fahrer diese Zeit zumindest teilweise als Ruhezeit angerechnet werden kann, sofern er diese nicht für anderweitige Logistikaufgaben nutzt. In den Gesetzgebungen zur Ruhezeit müsste dieser Aspekt aufgenommen werden.

Für die Schweizer Autobahnen wurden die betrieblichen Folgen eines Platooning in einer Studie (ASTRA, 2017) abgeschätzt und beschrieben. Kritische Stellen sind Tunnelabschnitte ab 300 m Länge, bei denen sich ein Platoon-Verband zur Gewährleistung des Brandschutzes aufzulösen hat. Zudem sprechen betriebliche und infrastrukturelle Gründe dafür, die Abstände der Lastwagen auch im Bereich von Ein- und Ausfahrten mindestens zu er-

höhen, damit beispielsweise Einmündungsvorgänge von regulären Fahrzeugen auf die Autobahnen möglich bleiben. Auf dem Schweizer Autobahnnetz könnte unter diesen Restriktionen Platooning nur auf 20–25 % der Abschnitte erfolgen, ohne Auflösung der Platoon-Verbände bei Ein- und Ausfahrten wäre Platooning immerhin auf rund 80 % der Strecken möglich. Die Folgen von starken Steigungen und grossen Brücken auf den Betrieb der Platoon-Verbände sind noch wenig bekannt.

Neue Möglichkeiten in der City-Logistik

Für die Güterversorgung im dichten, urbanen Umfeld wird oft der Begriff «City-Logistik» verwendet. Es gibt aber keine eindeutige Definition. Allgemein werden darunter Konzepte verstanden, welche die Bündelung des städtischen Güterverkehrs – und insbesondere des Teilladungsverkehrs – zum Ziel haben und dadurch letztlich die Anzahl Güterverkehrsfahrten und die Belastung der Strassen reduzieren helfen. Die Energieeffizienz in der urbanen Logistik ist eine weitere grosse Herausforderung (Rapp, 2017). Eine optimale Auslastung aller Fahrzeuge setzt eine freiwillige oder verordnete Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen voraus. Dies widerspricht der gegenläufigen heute beobachtbaren Tendenz zu mehr Wettbewerb. Um Synergien erzielen zu können, wären Standardisierungen notwendig (branchenspezifische Lösungen, Behältersysteme, Softwareschnittstellen etc.).

Güterverkehr in Innenstädten wird vor allem durch die Anlieferung von Verkaufsgeschäften und Dienstleistungsbetrieben, Kurier- und Postdienstleistungen, Versorgung von Hotellerie und Gastrogewerbe, Baustellen sowie Abfall und Recycling erzeugt. Infolge der Trends wie Online-Handel und kleineren Lagergrößen kann davon ausgegangen werden, dass der Güterverkehr im Vergleich zum Personenverkehr überproportional wachsen wird (ARE, 2016).

Selbstfahrende Güterfahrzeuge können Bestandteil von neuen City-Logistik-Konzepten sein (Taniguchi, 2017), beispielsweise wenn am Stadtrand Umschlagzentren eingerichtet werden, die eine Güterübergabe von Langstrecken- resp. Komplettladungsverkehren (Schiene oder Strasse) auf automatisierte, kleinere Fahrzeuge für die betrieblich optimierte Feinverteilung und Bündelung in der Stadt ermöglichen. Ein anderes denkbare Konzept sind mobile, in einem Logistikzentrum befüllte Paketfach-

boxen, die mit automatisierten Fahrzeugen in die Quartiere gefahren, dort für einen bestimmten Zeitraum abgestellt und später wieder abgeholt werden. Kunden können dann ihre Pakete innerhalb eines bestimmten Zeitfensters abholen (EBP, 2018).

Insbesondere in Städten findet heute der Warenumschlag oftmals auf Flächen statt, die nicht speziell für diesen Zweck gekennzeichnet sind. An welchen Stellen und unter welchen Bedingungen ein solches kurzzeitiges Halten für den Güterumschlag gestattet ist, wird in der Verkehrsregelverordnung (VRV) festgehalten. Für eine korrekte Anwendung dieser Vorschriften muss die Fahrerin oder der Fahrer diese kennen. Ebenso ist eine gute Beobachtungsgabe erforderlich, um deren Einhaltung einschätzen und prüfen zu können, ob nun das Anhalten für den Güterumschlag an einer bestimmten Stelle zulässig ist oder nicht. Verkehren Fahrzeuge ohne Begleitperson, so können diese hohen Anforderungen an ein technisches System ein Problem darstellen (EBP, 2018).

Konzepte auf den «letzten Metern»

Eine vollautomatisierte Zustellung von Sendungen auf den «letzten Metern» vom Haltepunkt eines selbstfahrenden Güterfahrzeugs am Strassenrand bis hin zur Haustüre des Kunden stellt eine besondere Herausforderung dar, da jede örtliche Situation sehr individuell ist. Im Teilladungsverkehr zwischen Unternehmen und Kunden wird voraussichtlich weiterhin eine Person das selbstfahrende Fahrzeug begleiten müssen, da ansonsten die Be- und Entladung nicht zeit-, fach- und kostengerecht erfolgen kann (EBP, 2018).

Beim Paketdienst ist es denkbar, dass der Empfänger durch Ankündigung eines Lieferzeitfensters und mit SMS-Übermittlung eines Zugangscodes das Paket selbst aus dem Fahrzeug holt. In diesem Falle wäre keine Begleitperson erforderlich. Solche Systeme setzen jedoch eine «hohe Zuverlässigkeit» und Mobilität aller Empfänger voraus.

Bei kleinen Sendungsgrössen (Paketen) mit Zustellung an Paketstationen ist es denkbar, dass die Anlieferung mit selbstfahrenden Güterfahrzeugen erfolgt. Der Warenumschlag kann entweder automatisiert oder durch den lokalen Betreiber der Paketstation durchgeführt werden. Auch im Komplettladungsverkehr und im Teilladungsverkehr zwischen Unternehmen ist der Einsatz von unbegleiteten automatisierten Fahrzeugen denkbar.

Der Warenumsschlag kann entweder automatisiert oder durch den Empfänger durchgeführt werden. Die Verantwortlichkeiten bezüglich der Ladungssicherung sind dann neu zu definieren. Je komplexer die Zustellung (Anzahl und Infrastruktur der zu bedienenden Orte), desto eher dürfte eine Person diese Prozesse begleiten (EBP, 2018).

Automatisierte Fahrzeuge für den Transport von kleinvolumigen Gütern

Private selbstfahrende Fahrzeuge können dazu ab Level 4 auch genutzt werden, Pakete und kleine Stückgüter unbegleitet abzuholen. Gegenüber dem Versand mit den heute üblichen Distributionskonzepten kann die Lieferzeit beschleunigt und die Auslieferung unabhängiger von der zeitlich-örtlichen Verfügbarkeit der Warenempfänger werden. Das unbegleitete Abholenlassen durch automatisierte Fahrzeuge führt dazu, dass in der Lieferkette die «letzte Meile» weniger gebündelt erfolgt und somit mehr (Leer-)Fahrten generiert werden. Dem dadurch verursachten Verkehr kann beispielsweise entgegengewirkt werden, indem in urbanen Räumen ein dichtes Netz von Paketfachboxen geschaffen wird, die nahe bei den Empfängerinnen und Empfängern liegen. Das Betreibermodell ist idealerweise so zu wählen, dass eine gemeinsame Nutzung für alle Kurier-, Express- und Paketdienstleistern interessant ist. Dabei stellen die Standardisierung von Prozessen und die digitalen Schnittstellen eine Herausforderung dar.

Kombination mit Spezialsystemen wie Paketroboter und Drohnen

Für die Feinverteilung werden derzeit auch andere automatisierte Systeme wie Paketroboter und Drohnen getestet. Hierzu ist ein Einsatz in Kombination mit automatisierten Güterfahrzeugen denkbar, wo Paketroboter oder Drohnen zu einem bestimmten Punkt geführt werden und von dort für die Feinverteilung «auszuschwärmen».

Paketroboter könnten bei der Paketauslieferung im Kurzstreckenbereich für gewisse Marktteilnehmer interessant sein (Pizakurier, Paket- und Kurierdienst, Zustellung von Medikamenten etc.). Innerhalb von Betriebsarealen könnten Paketroboter für die interne Postzustellung verwendet werden. Weil die Lademenge solcher Paketroboter relativ gering ist, dürfte das Nutzen-

	<p>Kosten-Verhältnis auch langfristig nur für ausgewählte Transportbedürfnisse attraktiv sein. Die gesellschaftliche Akzeptanz solcher Systeme, insbesondere im urbanen öffentlichen Raum (bspw. auf Trottoirs), und die sich daraus ergebenden ordnungspolitischen Vorgaben dürften von Bedeutung sein (EBP, 2018).</p> <p>Drohnen sind ein Transportmittel, das sich im Luftraum, ausserhalb der in Städten sonst gewohnten und entsprechend geregelten Verkehrsflächen bewegt. Bei einem dichten Drohnenverkehr wäre die Gewährleistung der Sicherheit sehr herausfordernd (Vermeidung von Kollisionen und Abstürzen). Bezüglich Wirtschaftlichkeit ist zu beachten, dass beim Lufttransport das mögliche Ladegewicht gering und der Energiebedarf vergleichsweise hoch ist. Der politische und gesellschaftliche Widerstand dürfte aufgrund der Sicherheit, der Lärmproblematik und der Nutzung des Luftraums hoch sein und Zulassungen dürften sich auf ausgewählte Nutzungen beschränken. Damit ist zu erwarten, dass sich der Einsatz von Drohnen auch langfristig nur in ausgewählten Nischen durchsetzen wird (EBP, 2018).</p>
<p>Quellen</p>	<p>Adler (2018): Autonomous Guided Platooning of Big Rigs Could Arrive Before Robo-Taxis, auf: trucks.com.</p> <p>ARE (2016): Verkehrsperspektiven 2040, Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz, August 2016, https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/grundlagen-und-daten/verkehrsperspektiven.html</p> <p>ASTRA (2017): Chancen und Risiken des Einsatzes von Abstandshaltesystemen sowie des Platoonings von Strassenfahrzeugen – Machbarkeitsanalyse, 11. August 2017, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&src=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjyneKMloveAhUDBSwKHb02DigQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.astra.admin.ch%2Fdam%2Fastra%2Ffr%2Fdokumente%2Fabteilung_strassennetzeallgemein%2Fbericht_platooning.pdf.download.pdf%2F170811_ASTRA_Platooning_Bericht_V5.0.pdf&usg=AOvVaw3pqGM2-PXnXebXg8uagXbf</p> <p>Behrend (2018): Wenn Algorithmen das Steuer übernehmen, in DVZ: «Zukunftslabor Nutzfahrzeug, Road Innovation Lab 2018»</p> <p>Bhuiyan (2018): Uber's self-driving trucks have been hired to deliver freight in Arizona. <i>Recode</i>.</p>

	<p>DHL (2018): DHL Logistics Trend Radar, Version 2018/19</p> <p>Dickey (2018): Self-driving car startup Nuro teams up with Kroger for same-day grocery Delivery. <i>Techcrunch</i>.</p> <p>EBP (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3f «Güterverkehr / City Logistik (Strasse)», Fassung vom 28.03.2018, https://www.ebp.ch/de/projekte/automatisierte-fahrzeuge-im-alltag-gueterverkehr-und-city-logistik</p> <p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.</p> <p>McKinsey (2016): Parcel delivery: the future of last mile. Travel, Transport, and Logistics Practice.</p> <p>NZZ (2018): Stadtlogistik: Mehr Güter, weniger Energie, NZZ am Sonntag.</p> <p>Rapp (2017): Energieeffiziente und CO₂-freie urbane Logistik 2050, Vortrag anlässlich der SVI-Forschungstagung, 21. September 2017, http://www.svi.ch/fileadmin/redaktoren/dokumente/Veranstaltungen___Kurse/SVI_Agenda/Forschungstagung2017_2018/H_Energieeffiziente_UrbaneLogistik_Bohne_Arnold.pdf</p> <p>Taniguchi (2017): City logistics: Best practices in Japan for sustainable and liveable cities, Kyoto University, 10.10.2017</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Weltweite Trends</p> <p>Im internationalen Güterverkehr sind derzeit folgende Trends auszumachen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Durch Effizienzsteigerungen können Kosten für Logistik niedrig gehalten werden. Dies ermöglicht es, Waren rascher, über grössere Distanzen und spezifischer nach den Bedürfnissen der Kunden zu befördern. — Der Online-Handel verändert das Einkaufsverhalten. Den Konsumenten wird das einfache Bestellen von Waren ermöglicht (auch im Ausland). Eine Zunahme der Anzahl beförderter Pakete ist die Folge. — Die Digitalisierung und Individualisierung führt zu einer Zunahme nach Logistics-on-Demand zwischen Unternehmen. <p>Automatisierten Systemen – von selbstfahrenden Lastwagen bis hin zu Last-Mile-Robotern und Drohnen – wird in Zusammen-</p>

hang mit diesen Trends ein grosses Potenzial zugeschrieben, insbesondere in Bezug auf Sicherheit, Effizienz und Qualität. Der Einsatz von selbstfahrenden Fahrzeugen wird von der Branche selbst frühestens in fünf Jahren als relevant eingeschätzt (DHL, 2018). Zahlreiche Start-ups und Technologieunternehmen sind Vorreiter bei neuen Konzepten für die automatisierte Güterzustellung. Aber auch etablierte Fahrzeughersteller testen derzeit an verschiedenen Orten der Welt ihre selbstfahrenden Lastwagen.

Platooning und Güterfernverkehr

Der Verband der Automobilindustrie prognostiziert, dass Platooning zumindest auf Autobahnen bereits in fünf Jahren zum gewohnten Bild gehören wird (Behrend, 2018). Im Rahmen von europäischen und US-amerikanischen Projekten haben einige Versuchsfahrten stattgefunden, insbesondere auf Initiative von Lastwagenherstellern.

In Deutschland gibt es beispielsweise seit Anfang 2018 Platooning-Testfahrten auf der A9, dem digitalen Testfeld Autobahn. Die EU hat einen Lastwagen-Platooning-Wettbewerb ausgeschrieben, um die Anstrengungen der Entwickler zu unterstützen, an dem DAF, Daimler, MAN, Scania und Volvo teilnahmen (Hermann, 2018). Ziel ist es unter anderem, Standards bezüglich der in Europa eingesetzten Platooning-Technologie herauszubilden.

Auch in den USA wurden bereits erste Testfahrten mit selbstfahrenden Lastwagen in North Carolina durchgeführt. Das U.S. Department of Transportation hat gesamthaft zehn Standorte definiert, an welchen ähnliche Tests durchgeführt werden sollen, beispielsweise auf der Interstate 110 in Kalifornien, einem Gebiet mit intensivem LKW-Verkehr in der Nähe der beiden grössten Containerhäfen der USA. In den USA mit einem grossen Fernverkehrsmarkt wird geschätzt, dass selbstfahrende Lastwagen viel schneller als automatisierte Personenwagen zum Alltag auf den Strassen gehören, da die Verbesserung der Treibstoffeffizienz und die digitale Infrastruktur auf Autobahnen relativ einfach realisiert werden können (Adler, 2018). Während Platooning getestet wird, haben Fahrzeughersteller bereits Pläne für kommerziell erhältliche teilautomatisierte Lastwagen vorgestellt. Auch chinesische Hersteller wie TuSimple und FAW Jiefang Automotive testen derzeit selbstfahrende Lastwagen (Hermann, 2018).

	<p>City-Logistik</p> <p>Selbstfahrende Lastwagen dürften sich aufgrund der geringeren Komplexität zuerst auf Autobahnen und erst später auf den städtischen Strassen durchsetzen. Daher müssten Lastwagen trotz der Fortschritte im Platooning die Kontrolle vorerst an einer oder einen an Bord befindlichen FahrerIn oder Fahrer zurückgeben, wenn sie die Autobahnen verlassen.</p> <p>In vielen Städten Europas, in Nordamerika und Asien wurden in den letzten Jahren verschiedene Tests zum Thema City-Logistik durchgeführt. Urban Consolidation Centers, Cargo Bikes, CO₂-neutrale Fahrzeuge, Microhubs sind nur einige Ideen. Exemplarisch sei hier das Konzept von UPS in Hamburg erwähnt, wo in der Innenstadt Container abgestellt und von dort aus Güter umweltschonend per Elektrofahrrad oder zu Fuss ausgeliefert werden. Eine überbetriebliche Bündelung des Lieferverkehrs von 50 Unternehmen erfolgt in Cityporto von Padua, die Feinverteilung erfolgt mittels Einsatz von Gas- und Hybridfahrzeugen in einer Public-Private-Partnership. In Paris Nord wurde kürzlich eine Logistikanlage mit Bahnanschluss in Betrieb genommen, die Feinverteilung erfolgt per Elektrofahrzeug (NZZ, 2018).</p> <p>Nach der Übernahme des Start-ups Otto begann Uber 2017 mit der Erprobung vollautomatisierter Lieferungen in Arizona (Bhuiyan, 2018). Auch das Start-up-Unternehmen Nuro hat Pläne angekündigt, in Zusammenarbeit mit Kroger einen Lieferservice für Lebensmittel mit den elektrischen Lieferbehältern des Unternehmens zu starten (Dickey, 2018). Viele Experten erwarten, dass die autonome Paketzustellung ein weiteres Wachstumsfeld sein wird. McKinsey geht beispielsweise davon aus, dass 80 % der Paketzustellungen in den USA bis 2030 vollautomatisiert erfolgen (McKinsey, 2016).</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Mit dem Einsatz automatisierter Last- und Lieferwagen oder gar Lieferroboter werden Behörden mit verschiedenen Auswirkungen konfrontiert, die genauer zu überprüfen sind. Schweizer Behörden können auf ihrem Gebiet verschiedene lenkende Massnahmen für den Güterverkehr treffen, wie beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Regelung des Einsatzes von automatisierten Transportfahrzeugen auf öffentlichen Strassen

	<ul style="list-style-type: none">— Klare Definition von geeigneten Strassenabschnitten oder Flächen für Güterumschlag im Siedlungsgebiet, idealerweise auf Privatgrund und lärmoptimiert— Mobile und/oder dispers verteilte «Paketfachboxen» und/oder Paketstationen im öffentlichen und/oder im privaten urbanen Raum mit geeigneten Bewirtschaftungskonzepten und einer für Unternehmen verpflichtenden Nutzung— Klärung des Einsatzes von Paketrobotern im Bereich von Fussgängerzonen/Trottoirs— Regelung des Einsatzes von Drohnen im Siedlungsraum
--	--

A2 Tabellarische Darstellung der Szenarien

Tab. 21: Merkmale des Nutzungsszenarios «Stark individualisierte Nutzung»

	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung
Prägende Trends	Individualisierung, Datenschutz und Privatsphäre, globale Wirtschaft und Finanzmärkte, Informations- und Kommunikationstechnologien	
Vernetzung	Fahrzeughersteller und Datenlieferanten bestimmen Vernetzungsgrad. Vernetzung v.a. mit Herstellern, nicht mit anderen Fahrzeugen. Freiwillige Kooperationen zwischen Herstellern denkbar. Kommunikationsnetz teilweise noch mit Lücken, v.a. in peripheren Gebieten.	Fahrzeughersteller und Datenlieferanten bestimmen Vernetzungsgrad. Vernetzung v.a. mit Herstellern, nicht mit anderen Fahrzeugen. Freiwillige Kooperationen zwischen Herstellern verbreitet. Kommunikationsnetz in der ganzen Schweiz von hoher Qualität.
Regulierungen	Es gibt praktisch keine Regulierungen, der Markt allein bestimmt den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen. Die Zulassung von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 ist nicht restriktiv. Private Angebote für ÖIV können im Rahmen der bestehenden Verordnungen zur Personenbeförderung (weniger als 8 Personen, keine Konkurrenz zum ÖV) bzw. Regelungen für Taxis befördert werden.	Es gibt zunehmende Regulierung bei Aspekten mit negativem Einfluss (z.B. Pflicht für mind. SAE-Stufe 4 auf gewissen Autobahnabschnitten, damit höhere Kapazitäten erreicht werden können; oder tiefere Geschwindigkeitslimits in Städten, damit Emissionen nicht linear mit Verkehr zunehmen), allenfalls sind Zulassungs- und Konzessionsbedingungen mit zunehmendem Aufkommen an gewisse Auflagen geknüpft.
Verkehrsbeeinflussung/-management	Keine weitere hoheitliche Einflussnahme gegenüber heute	Verstärkte hoheitliche Einflussnahme da, wo sonst negative Auswirkungen drohen (z.B. kein menschliches Fahren mehr auf hochausgelasteten Abschnitten oder restriktivere Geschwindigkeitsvorgaben, die alle einzuhalten haben)

Rollen Fahrzeughersteller und (Daten-) Industrie	Starke Rolle der Fahrzeughersteller, die zum Verkauf ihrer Fahrzeuge teilweise auch mit Software- und Datenfirmen zusammenarbeiten	Sehr starke Rolle der Fahrzeughersteller, die zum Verkauf ihrer Fahrzeuge teilweise auch mit Software- und Datenfirmen zusammenarbeiten
Preis der Mobilität	Infolge einer sich verringernenden Bündelung von individuellen Wegen steigen die Kosten für Nutzerinnen und Nutzer an. Dem können individuelle Zeitgewinne gegenüberstehen. Die Abrechnung erfolgt individuell, auch für den klassischen ÖV.	Weitere Zunahme der Kosten für Nutzerinnen und Nutzer. Eine Zunahme der Fahrleistungen aufgrund von Entbündelung und Individualisierung kann zu vermehrten Staus führen, welche die individuellen Zeitgewinne kompensieren.
MIV: Besitzer und Nutzer	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden von allen Bevölkerungsschichten gekauft und genutzt, u.a. auch von Gruppen, die bisher selber nicht Auto fahren können. Der Anteil an der Gesamtflotte von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 beträgt etwas mehr als die Hälfte.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden von allen Bevölkerungsschichten gekauft und genutzt, u.a. auch von Gruppen, die bisher selber nicht Auto fahren können. Der Anteil an der Gesamtflotte von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 steigt an auf bis über 90 %.
MIV: Räumliche Verbreitung	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommen vor allem auf langen Distanzen resp. auf Wegen mit hohem Autobahnanteil zum Einsatz. In städtischen Räumen sind vermehrt auch Leerfahrten festzustellen.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden zunehmend in allen räumlichen Situationen eingesetzt, v.a. in Agglomerationen werden auch viele Leerfahrten zu verzeichnen sein.
MIV: Verkehrsleistung	Zusätzlich zur Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmenden Reisedistanzen ¹⁹ auch deutliche Zunahme der Verkehrsleistung auf Autobahnen	Zusätzlich zur Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmenden Reisedistanzen auch sehr grosse Zunahme der Verkehrsleistung auf allen Netzhierarchien
ÖV: Rolle	Ungefähr wie heute	Allmählicher Rückgang

¹⁹ Basiszunahme gemäss Verkehrsperspektiven Schweiz 2040 (ARE, 2017).

ÖV: Angebot	Wie heute	Wie heute
ÖV: Nutzer	Wie heute	Wie heute
ÖV: Räumliche Verbreitung	Auf stark gebündelten Strömen im Fern-, Regional- und Ortsverkehr	Auf stark gebündelten Strömen im Fern-, Regional- und Ortsverkehr
ÖV: Verkehrsleistung	Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmender Reisedistanzen im Fernverkehr; Stagnation im Nahverkehr	Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmender Reisedistanzen im Fernverkehr; tendenzielle Abnahme im Nahverkehr
ÖIV: Rolle	Untergeordnete Rolle, punktuell ergänzendes Angebot zum traditionellen ÖV	Weiterhin wenig bedeutende Rolle, nur punktuelle Ergänzung zum traditionellen ÖV
ÖIV: Angebot	Wenige private Anbieter von Flotten der SAE-Stufen 4 und 5 als Sammeltaxis. Keine Konzessionen, keine Auflagen, Stufe-5-Fahrzeuge können auch mit einer Person im Fahrzeug oder leer verkehren.	Zunehmende Anzahl von privaten Anbietern von Sammeltaxi-Flotten der SAE-Stufen 4 und 5 mit minimalen Auflagen, um negative Auswirkungen zu verhindern
ÖIV: Nutzer	Tendenziell gutverdienende und jüngere Schicht, eher Luxusangebot	Vermeehrt auch Verbreitung in anderen Bevölkerungsschichten
ÖIV: Räumliche Verbreitung	V.a. in städtischen Räumen, evtl. einzelne Angebote auf langen Distanzen	V.a. in städtischen Räumen, evtl. einzelne Angebote auf langen Distanzen
ÖIV: Verkehrsleistung	Eher unbedeutend im Vergleich zu MIV/ÖV	Eher unbedeutend im Vergleich zu MIV/ÖV
GV: Räumliche Verbreitung	LKW der SAE-Stufen 3 und 4 v.a. auf Autobahnen	LKW der SAE-Stufen 3 und 4 v.a. auf Autobahnen, teilweise erste automatisierte Stufe-5-Lieferwagen für die Ver- und Entsorgung in Städten
GV: Verkehrsleistung	Gemäss Basiszunahme	Gemäss Basiszunahme

Verkehrssicherheit	Nimmt aufgrund Mischverkehr und hohen Anteils der Stufe-3-Fahrzeuge gegenüber heute deutlich ab. ²⁰	Nimmt mit zunehmender Durchdringung der SAE-Stufen 4 und 5 und weniger Fahrzeuge der Stufe 3 wieder zu.
Herausforderungen	Mehrverkehr (u.a. Nutzung der Reisezeit, neue Mobilitätsgruppen, Leerfahrten) auf heute bereits hoch ausgelasteten Strassen und Verkehrssicherheit, Zersiedelung	Mehrverkehr (u.a. Nutzung der Reisezeit, neue Mobilitätsgruppen, Leerfahrten) auf heute bereits hoch ausgelasteten Strassen, Zersiedelung
Ausmass des staatlichen Eingriffs	Starke Orientierung an individueller Freiheit, entspricht bisheriger Verkehrspolitik (Wahlfreiheit, Ausbau Verkehrsinfrastrukturen). Nutzerinnen und Nutzer können frei wählen, ob sie ein automatisiertes Fahrzeug kaufen wollen.	Starke Orientierung an individueller Freiheit, allerdings mit Einschränkung im Sinne der Systemlogik. Nutzerinnen und Nutzer können frei wählen, ob sie ein automatisiertes Fahrzeug kaufen wollen.

Tab. 22: Merkmale des Nutzungsszenarios «Neue Angebote in Städten und Agglomerationen»

	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung
Prägende Trends	Bevölkerungszunahme und Alterung, Individualisierung und Pluralisierung der Lebensstile, Reurbanisierung und Abnahme der Haushaltsgrössen, Datenschutz und Privatsphäre, globale Wirtschaft und Finanzmärkte, Informations- und Kommunikationstechnologien, künstliche Intelligenz, Nachhaltigkeit und Klimawandel	
Vernetzung	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommunizieren miteinander auf einem einheitlichen Standard; vermehrt werden auch traditionelle grosse ÖV-Gefässe wie Trams und	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommunizieren miteinander auf einem einheitlichen Standard; traditionelle grosse ÖV-Gefässe wie Trams und Busse sind in städtischen

²⁰ Abnehmende Sicherheit bei hohem Anteil an SAE-Stufe-3-Fahrzeugen gemäss (FVS/EBP, 2018).

	<p>Busse in die Vernetzung integriert. Die öffentliche Hand beteiligt sich an Datenplattformen, Treiber für Standardisierung sind die Städte und Agglomerationen (Kantone). Kommunikationsinfrastruktur teilweise noch mit Lücken, v.a. in peripheren Gebieten.</p>	<p>Räumen vollständig in die Vernetzung integriert. Die öffentliche Hand beteiligt sich an Datenplattformen, Treiber für Standardisierung sind die Städte und Agglomerationen (Kantone). Kommunikationsinfrastruktur in dicht besiedelten Gebieten weitgehend lückenlos verfügbar.</p>
Regulierungen	<p>In städtischen Räumen und Agglomerationen gibt es Vorgaben zum Einsatz von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 (z.B. zur Kommunikation, aber beispielsweise auch Vorgaben zum Besetzungsgrad in Spitzenzeiten).</p>	<p>In städtischen Räumen und Agglomerationen gibt es weitere Vorgaben zum Einsatz von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 (z.B. zur Kommunikation, Einschränkungen zu Spitzenzeiten, LSA-Priorisierung über Besetzungsgrad).</p>
Verkehrsbeeinflussung/-management	<p>Hoheitliche Verkehrsbeeinflussung/-management in städtischen Räumen</p>	<p>Hoheitliche Verkehrsbeeinflussung/-management in städtischen Räumen und Agglomerationen</p>
Rollen Fahrzeughersteller und (Daten-) Industrie	<p>Die Fahrzeughersteller kommen zunehmend unter Druck aus der datengetriebenen Industrie – in städtischen Gebieten lösen digitale Geschäftsmodelle je länger je mehr den traditionellen Fahrzeugverkauf ab.</p>	<p>Die Fahrzeughersteller stehen unter Druck aus der datengetriebenen Industrie – in städtischen Gebieten sind digitale Geschäftsmodelle mehr verbreitet als der traditionelle Verkauf von individuellen Fahrzeugen.</p>
Preis der Mobilität	<p>Der Preis für Nutzerinnen und Nutzer verändert sich nur geringfügig, wenn die Automatisierung im ÖV Effizienzgewinne ermöglicht und gleichzeitig dieses Angebot ausgebaut wird.</p>	<p>Die Ausrichtung der Städte und Agglomerationen auf ÖIV und ÖV kann Kosten erhöhen für jene Haushalte, welche unverändert am eigenen Autobesitz festhalten. Auf volkswirtschaftlicher Ebene stellt sich aber eine Kostenreduktion infolge systemischer Effizienz ein (inkl. reduzierte Kosten beim Infrastrukturausbau).</p>

MIV: Besitzer und Nutzer	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden von allen Bevölkerungsschichten gekauft und genutzt, u.a. auch von Gruppen, die bisher nicht selbst Auto fahren können. Der Anteil an der Gesamtflotte von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 beträgt etwas mehr als die Hälfte.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden von allen Bevölkerungsschichten gekauft und genutzt, u.a. auch von Gruppen, die bisher nicht selbst Auto fahren können. Der Anteil an der Gesamtflotte von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 steigt an auf bis über 90 %.
MIV: Räumliche Verbreitung	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommen vor allem in der Peripherie und auf langen Distanzen resp. auf Wegen mit hohem Autobahnanteil zum Einsatz.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden v.a. ausserhalb von Agglomerationen und in der Peripherie eingesetzt.
MIV: Verkehrs- leistung	Zusätzlich zur Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmender Reisedistanzen auch Zunahme der Verkehrsleistung ausserhalb von Städten	Zusätzlich zur Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmender Reisedistanzen auch deutliche Zunahme der Verkehrsleistung ausserhalb von Städten und Agglomerationen
ÖV: Rolle	Wie heute	Wie heute
ÖV: Angebot	Wie heute	Wie heute
ÖV: Nutzer	Wie heute	Wie heute
ÖV: Räumliche Verbreitung	Auf stark gebündelten Strömen im Fern-, Regional- und Ortsverkehr	Auf stark gebündelten Strömen im Fern-, Regional- und Ortsverkehr
ÖV: Verkehrs- leistung	Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmender Reisedistanzen im Fernverkehr; Abnahme im Nahverkehr	Basiszunahme aufgrund demografischer Entwicklung und zunehmender Reisedistanzen im Fernverkehr; deutliche Abnahme im Nahverkehr
ÖIV: Rolle	In Städten wichtige Ergänzung zum traditionellen ÖV	In Städten wichtige Ergänzung zum traditionellen ÖV, teilweise auch Ersatz von ÖV-Linien in Randgebiete und zu -zeiten

ÖIV: Angebot	Private und öffentliche Anbieter mit Konzessionspflicht und entsprechenden Auflagen	Private und öffentliche Anbieter mit Konzessionspflicht und entsprechenden Auflagen
ÖIV: Nutzer	Urbane Bevölkerung, alle Alters- und Einkommensschichten	Urbane Bevölkerung, alle Alters- und Einkommensschichten
ÖIV: Räumliche Verbreitung	Städte	Städte und Agglomerationen
ÖIV: Verkehrsleistung	In städtischen Räumen deutliche Zunahme	In städtischen Räumen und Agglomerationen deutliche Zunahme
GV: Räumliche Verbreitung	LKW der SAE-Stufen 3 und 4 v.a. auf Autobahnen; evtl. einzelne automatisierte Anwendungen in Städten	LKW der SAE-Stufen 3 und 4 v.a. auf Autobahnen; vermehrte Anwendungen der SAE-Stufe 5 in Städten und Agglomerationen
GV: Verkehrsleistung	Gemäss Basiszunahme	Gemäss Basiszunahme
Verkehrssicherheit	Nimmt aufgrund Mischverkehr und hohen Anteils der Stufe-3-Fahrzeuge gegenüber heute deutlich ab.	Nimmt mit zunehmender Durchdringung und weniger Stufe-3-Fahrzeugen wieder zu.
Herausforderungen	Konkurrenzierung traditioneller ÖV und Fuss-/Veloverkehr in urbanen Räumen. Verkehrssicherheit. Flächenmanagement im Siedlungsgebiet. Mehrverkehr MIV ausserhalb von Städten und Agglomerationen, Zersiedelung	Konkurrenzierung traditioneller ÖV und Fuss-/Veloverkehr in urbanen Räumen. Flächenmanagement im Siedlungsgebiet. Mehrverkehr (MIV) ausserhalb von Städten und Agglomerationen, Zersiedelung
Ausmass des staatlichen Eingriffs	Nutzerinnen/Nutzer können grundsätzlich frei wählen, ob sie ein automatisiertes Fahrzeug kaufen und/oder nutzen wollen. Neufahrzeuge müssen sich allerdings vernetzen können. In Städten/Agglomerationen: Höhere Effizienz (bzgl. Kosten, Fläche) durch hoheitliche Einflussnahme; Abnahme der freien Wahl des Verkehrsmittels Ausserhalb der Städte: Weiterhin freie Wahl des Verkehrsmittels	Eingeschränkte Freiheit: In dichten Räumen können Nutzerinnen und Nutzer nur noch Fahrzeuge nutzen, die sich vernetzen und – mindestens zu Spitzenzeiten – automatisiert fahren. In Städten/Agglomerationen: Hohe Effizienz (bzgl. Kosten, Fläche) durch hoheitliche Einflussnahme Ausserhalb der Städte: Freie Verkehrsmittelwahl

Tab. 23: Merkmale des Nutzungsszenarios «Schweizweit stark kollektiv geprägter Verkehr»

	Geringe Durchdringung	Hohe Durchdringung
Prägende Trends	Nachhaltigkeit und Klimawandel, Bevölkerungszunahme und Alterung, Reurbanisierung und Abnahme der Haushaltsgrössen, Informations- und Kommunikationstechnologien, künstliche Intelligenz	
Vernetzung	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommunizieren miteinander auf einem einheitlichen Standard; die öffentliche Hand macht Vorgaben hinsichtlich integraler Datenplattformen. Kommunikationsinfrastruktur in dicht besiedelten Gebieten ist weitgehend lückenlos verfügbar.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommunizieren miteinander auf einem einheitlichen Standard; vermehrt werden auch traditionelle ÖV-Gefässe wie Trams und Busse und andere Verkehrsteilnehmende in die Vernetzung integriert; die öffentliche Hand beteiligt sich an der und überwacht die schweizweit integrierte Datenplattform. Kommunikationsinfrastruktur ist auch über dicht besiedelte Gebiete hinaus weitgehend lückenlos verfügbar.
Regulierungen	Schweizweit gibt es Vorgaben zum Einsatz von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 (v.a. bezüglich der Zurverfügungstellung von Daten oder der Pflicht zum automatisierten Fahren), gilt auch für Güterverkehr. Der Einsatz privater Fahrzeuge ist reguliert (z.B. Fahrverbote zu Spitzenzeiten).	Schweizweit gibt es Vorgaben zum Einsatz von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 (v.a. bezüglich der Zurverfügungstellung von Daten oder der Pflicht zum automatisierten Fahren), gilt auch für Güterverkehr. Hinzu kommen Massnahmen, welche die individuelle Nutzung von Fahrzeugen unattraktiv machen.
Verkehrsbeeinflussung/-management	Hoheitliche Verkehrsbeeinflussung, -management und Verkehrssteuerung in der ganzen Schweiz (z.B. Priorisierung von Fahrzeugen mit hoher Auslastung oder Bepreisung von unerwünschten Nutzungen)	Hoheitliche Verkehrsbeeinflussung, -management und Verkehrssteuerung in der ganzen Schweiz (z.B. Priorisierung von Fahrzeugen mit hoher Auslastung oder Bepreisung von unerwünschten Nutzungen)

Rollen Fahrzeughersteller und (Daten-)Industrie	Die Fahrzeughersteller spielen eine immer kleinere Rolle. Der Markt wird zunehmend von datengetriebenen Geschäftsmodellen und Firmen beherrscht.	Die Fahrzeughersteller spielen keine Rolle mehr. Der Markt wird von datengetriebenen Geschäftsmodellen und Firmen beherrscht.
Preis der Mobilität	Höherer Kostendeckungsgrad im Kollektivverkehr oder reduzierter Preis für Nutzerinnen und Nutzer. Flat-Rate-Modelle nicht nur im ÖV, sondern auch beim ÖIV denkbar	Höherer Kostendeckungsgrad im Kollektivverkehr und tiefere Preise für Nutzerinnen und Nutzer. Flat-Rate-Modelle in ÖV und ÖIV wahrscheinlich
MIV: Besitzer und Nutzer	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden von allen Bevölkerungsschichten gekauft und genutzt, u.a. auch von Gruppen, die bisher nicht selbst Auto fahren können. Der Anteil an der Gesamtflotte Fahrzeugen der SAE-Stufen 3–5 beträgt etwas mehr als die Hälfte.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden von allen Bevölkerungsschichten gekauft und genutzt, u.a. auch von Gruppen, die bisher nicht selbst Auto fahren können. Der Anteil an der Gesamtflotte von Fahrzeugen der Stufen 3–5 steigt an auf bis über 90 %.
MIV: Räumliche Verbreitung	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 kommen vor allem in der Peripherie und auf langen Distanzen resp. auf Wegen mit hohem Autobahnanteil zum Einsatz.	Fahrzeuge der SAE-Stufen 3–5 werden v.a. ausserhalb von Agglomerationen und in der Peripherie eingesetzt.
MIV: Verkehrsleistung	Trotz Basiszunahme insgesamt eine tendenzielle Abnahme	Trotz Basiszunahme insgesamt eine deutliche Abnahme
ÖV: Rolle	Wird gestärkt	Wird gestärkt
ÖV: Angebot	Ausgebaut	Ausgebaut
ÖV: Nutzer	Alle Bevölkerungsschichten	Alle Bevölkerungsschichten
ÖV: Räumliche Verbreitung	Auf stark gebündelten Strömen im Fern-, Regional- und Ortsverkehr	Auf stark gebündelten Strömen im Fern-, Regional- und Ortsverkehr
ÖV: Verkehrsleistung	Über Basiszunahme hinausgehende Verkehrsleistung	Über Basiszunahme hinausgehende Verkehrsleistung
ÖIV: Rolle	In der ganzen Schweiz wichtige Ergänzung zum traditionellen ÖV, teilweise auch Ersatz von ÖV-Linien	In der ganzen Schweiz wichtige Ergänzung zum traditionellen ÖV, teilweise auch Ersatz von ÖV-Systemen

ÖIV: Angebot	Private und staatliche Anbieter mit Konzessionspflicht und entsprechenden Auflagen	Private und staatliche Anbieter mit Konzessionspflicht und entsprechenden Auflagen
ÖIV: Nutzer	Alle Bevölkerungsschichten	Alle Bevölkerungsschichten
ÖIV: Räumliche Verbreitung	Schweizweit	Schweizweit
ÖIV: Verkehrsleistung	Schweizweit deutliche Zunahme	Schweizweit grosse Zunahme
GV: Räumliche Verbreitung	LKW der SAE-Stufen 3 und 4 v.a. auf Autobahnen; automatisierte Paketlieferung und -sammlung im Siedlungsgebiet mit Pflicht zu firmenübergreifend genutzten Anwendungen (z.B. Paketboxen) in ausgewählten Städten und Agglomerationen	LKW der SAE-Stufen 3 und 4 v.a. auf Autobahnen; automatisierte Paketlieferung und -sammlung im Siedlungsgebiet mit Pflicht zu firmenübergreifend genutzten Anwendungen (z.B. Paketboxen) schweizweit realisiert
GV: Verkehrsleistung	Gemäss Basiszunahme; tendenziell Abnahme in ausgewählten Städten und Agglomerationen	Kleiner als Basiszunahme
Verkehrssicherheit	Nimmt aufgrund Mischverkehr und hohen Anteils der Stufe-3-Fahrzeuge deutlich ab gegenüber heute	Nimmt mit zunehmender Durchdringung der SAE-Stufen 4 und 5 und weniger Stufe-3-Fahrzeugen wieder zu
Herausforderungen	Konkurrenzierung Fuss-/Veloverkehr auf kurzen Distanzen. Verkehrssicherheit. Flächenmanagement im Siedlungsgebiet. Akzeptanzfragen aufgrund hoheitlicher Einflussnahme	Konkurrenzierung Fuss-/Veloverkehr auf kurzen Distanzen. Flächenmanagement im Siedlungsgebiet. Akzeptanzfragen aufgrund hoheitlicher Einflussnahme
Ausmass des staatlichen Eingriffs	Zunehmende Effizienzsteigerungen durch hoheitliche Einflussnahme und Vernetzung. In Städten wird der ÖV und ÖIV priorisiert und der MIV pönalisiert, d.h., opt out erschwert.	Sehr hohe Effizienz im Verkehrssystem durch hoheitliche Einflussnahme und Vernetzung. In Städten kein MIV mehr, nur noch ÖV und ÖIV, d.h., opt out entfällt. Ausserhalb der Städte weiterhin MIV möglich, allerdings mit Vernetzungspflicht.

Glossar

<p>Bedingte Open Data</p>	<p>In einem solchen Prinzip sind die Daten frei zugänglich; jeder kann sie frei beziehen, muss aber selber Daten zurückliefern, sofern mit den bezogenen Daten ein Geschäftsmodell betrieben wird. Die so erweiterten Daten stehen wieder allen zur Verfügung und können für neue Anwendungen genutzt werden. Davon ausgenommen sind «veredelte Daten», also Informationen. Diese können weiterhin auf dem Markt gehandelt werden. Wo die Grenze zwischen Daten und Informationen liegt, müssen die Beteiligten gemeinsam aushandeln (ASTRA, 2018).</p>
<p>Carpooling, Ridesharing</p>	<p>Im Unterschied zu Carsharing (siehe unten) bedeutet Carpooling oder Ridesharing das gemeinsame, parallele Benutzen eines Fahrzeugs für eine gewisse Strecke. Die konsequente Nutzung dieser Möglichkeiten lässt eine effiziente Bündelung der oft ähnlichen Nachfragemuster zu. Es erlaubt zudem ein bedarfsgerechtes Bereitstellen unterschiedlicher Fahrzeugarten wie beispielsweise Fahrzeuge mit einer bedürfnisgerechten Büroausrüstung oder einem attraktiven Unterhaltungsangebot sowie die direkte Bestellung und Bezahlung dieser Angebote mittels einer App.</p>
<p>Carsharing</p>	<p>Unter dem Begriff Carsharing wird die gemeinschaftliche, serielle Nutzung eines oder mehrerer Fahrzeuge verstanden. Anders als bei konventioneller Autovermietung erlaubt Carsharing ein kurzzeitiges Anmieten von Fahrzeugen. Mitglieder einer Carsharing-Organisation gehen meist eine langfristige, zum Teil kostenpflichtige Mitgliedschaft ein.</p>
<p>Fahrleistung</p>	<p>Die Fahrleistung entspricht der Summe der von Fahrzeugen innerhalb eines Zeitabschnitts (meist pro Jahr) zurückgelegten Wegstrecken, gemessen in Fahrzeug-, Zug- oder Kurskilometern. Die Kenngrösse der Fahrleistung eignet sich insbesondere zur Quantifizierung der Infrastrukturbeanspruchung und der Umweltauswirkungen des Verkehrs. Die Fahrleistung ist nicht gleichzusetzen mit der Verkehrs- oder Transportleistung (siehe unten).</p>

Kollaborativer Verkehr	Weiterentwicklung des Begriffs «kollektiver Verkehr» (siehe unten), der auch das gemeinsame Besitzen und Nutzen von Mobilitätswerkzeugen ins Zentrum stellt. Es bedeutet, Zugang zu einer Mobilitätsdienstleistung zu haben, ohne das Produkt, welches diesen Dienst liefert, zu besitzen. Durch dieses Merkmal grenzt sich die kollaborative Mobilität deutlich gegenüber der auf dem Privatbesitz des Mobilitätswerkzeuges ruhenden klassischen Individualmobilität ab. Der Begriff umfasst aber auch die individuelle, serielle Nutzung von gemeinsam genutzten Mobilitätswerkzeugen, was nicht der Definition des kollektiven Verkehrs entspricht.
Kollektiver Verkehr	Der kollektive Verkehr beschreibt alle Verkehrsformen, bei der eine Person ein von einem Unternehmen angebotenes Fahrzeug nutzt, welches auch von anderen Personen während ihrer Fahrt – zumindest zeitweise – mitgenutzt werden kann, d.h., das Fahrzeug wird simultan geteilt resp. gepoolt. Der kollektive Verkehr umfasst dementsprechend den konventionellen ÖV und den ÖiV.
KTU	Der Begriff konzessioniertes Transportunternehmen (KTU) steht in der Schweiz für Unternehmen, die im öffentlichen Verkehr tätig sind oder die eine Eisenbahninfrastruktur betreiben. Die staatliche Aufsicht wird vom Bundesamt für Verkehr ausgeübt. Für die regelmässige und gewerbsmässige Beförderung von Personen ist eine Konzession erforderlich.
Mischverkehr	Mischverkehr wird in dieser Studie für die Beschreibung des Verkehrsgeschehens in bewohnten Räumen verwendet, bei welchem neben den (teil-)automatisierten Fahrzeugen auch Zufussgehende, Velofahrende, verschiedene Formen der Mikromobilität, herkömmliche Autos und klassische städtische ÖV-Gefässe wie Trams und Busse im Strassenraum unterwegs sind. Dies trifft in geringerem Masse auch für Überlandstrassen zu (z.B. Velos, Busse), nicht aber für Autobahnen.
MIV	Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist ein Verkehrsmittel, das motorisierte Fahrzeuge zum individuellen Personen- oder Gütertransport umfasst. Dazu gehören Personenwagen, Motorräder (inkl. Kleinmotorräder und Motorfahrräder) sowie Lastwagen.

<p>Mobility-as-a-Service (MaaS)</p>	<p>Unter dem Begriff Mobility-as-a-Service (MaaS) wird eine Gesamtdienstleitung verstanden, mit welcher ein einzelner Anbieter sämtliche Mobilitätsbedürfnisse seiner Kundinnen und Kunden abdeckt. Die Nutzerin oder der Nutzer gibt den gewünschten Zielort, die gewünschte Ankunftszeit und allenfalls weitere Präferenzen in ihren/seinen «persönlichen Mobilitätsassistenten» ein. Der Anbieter schlägt unter Berücksichtigung der besonderen Wünsche, der aktuellen Verkehrssituation und der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel die optimale Wegeketten von Tür zu Tür vor. Dabei können ganz unterschiedliche Verkehrsmittel und -träger zum Einsatz kommen, öffentliche und private. Anschliessend wird automatisch die Reservation vorgenommen und der Fahrpreis vom Konto abgebogen. Denkbar ist, dass sich ein Teil der dafür nötigen Fahrzeugflotte im Besitz solcher Mobilitätsanbieter befindet. Selbstfahrende Fahrzeuge können Teil dieser Flotte sein. MaaS ist für den Personen- oder den Gütertransport vorstellbar.</p>
<p>Modal Split</p>	<p>Aufteilung des Verkehrs nach den Verkehrsmitteln, z.B. 60 % MIV, 30 % ÖV und 10 % Fuss- und Veloverkehr.</p>
<p>ÖIV</p>	<p>Der öffentliche Individualverkehr (ÖIV) ist ein Verkehrsmittel, das zwischen MIV und ÖV steht. Gegenüber dem ÖV zeichnet sich der ÖIV durch eine stärkere Orientierung an den individuellen Bedürfnissen der Fahrgäste aus. Dies kann durch eine Flexibilisierung der Abfahrtszeit (On-demand-Verkehr) oder der Route/Linie, durch variable Halte (ohne ortsfeste Haltestellen) oder durch eine Kombination dieser Elemente erreicht werden. Unter den ÖIV fallen auch Ridesharing-Angebote auf nicht privater Basis. Hier besteht allerdings ein fließender Übergang zum Privatverkehr.</p>
<p>ÖV</p>	<p>Der öffentliche Verkehr (ÖV) ist ein Verkehrsmittel, das zum Personen- oder Gütertransport für jede/n Nutzer/in der Bevölkerung zugänglich ist. Dazu gehören Eisenbahnen, Trams, Busse, Schiffe sowie Seilbahnen. Der ÖV kann zudem durch seine Pflichten charakterisiert werden: Transportpflicht von Nutzerinnen und Nutzern, Fahrplanpflicht, Betriebspflicht und Tarifpflicht.</p>

Platooning	<p>Fahrzeuge mit einem einheitlichen Kommunikationsstandard können durch Vernetzung untereinander zu einem virtuellen Gespann gekoppelt werden (platooning). Alle im Platoon fahrenden Fahrzeuge folgen einander in minimalem Abstand. Gesteuert werden sie vom Fahrzeug an der Spitze. Das Platooning-Fahren kann für den strassengebundenen Personen- und Güterverkehr infrage kommen. Aus wirtschaftlichen Überlegungen dürfte diese Entwicklung vor allem für den Güterverkehr von Interesse sein. Fahrzeuge, die in Platoon-Verbänden unterwegs sind, können aufgrund des geringeren Luftwiderstandes (Windschatten) weniger Treibstoff verbrauchen als herkömmliche.</p>
SAE	<p>Die <i>Society of Automotive Engineers</i> ist der internationale Verband der Automobilingenieure aus der Luftfahrt-, Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie. Er hat im September 2016 die Norm J3016 (<i>Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles</i>) veröffentlicht, welche sechs Stufen der Fahrautomatisierung von Strassenfahrzeugen beschreibt (0 bis 5). Die Differenzierung erfolgt über Teilaufgaben des dynamischen Fahrens, welche dem Fahrer bzw. dem System zugeordnet werden.</p>
Sharing Economy	<p>Unter dem Begriff Sharing Economy (oder «share economy») ist das systematische Ausleihen und Bereitstellen von Gegenständen, Räumen oder Kapazitäten zu verstehen. Das Prinzip lautet «Leihen statt Besitzen». Das Aufkommen sozialer Netzwerke und Smartphones mit den entsprechenden Apps begünstigt die Sharing Economy. Auf elektronischen Plattformen wird die Verfügbarkeit eines Gegenstands bekannt gemacht. Am gleichen Ort kann der Gegenstand auch ausgeliehen und bezahlt werden. Das Ziel ist eine optimale Nutzung und Auslastung von Dingen. Carsharing oder Carpooling sind weit verbreitete Ausprägungen der Sharing Economy.</p>
Verkehrsleistung (oder Transportleistung)	<p>Die Verkehrsleistung ist gleichzusetzen mit der Transportleistung des Verkehrssystems.</p> <p>Im Personenverkehr entspricht die Verkehrsleistung der Summe der von Personen innerhalb eines Zeitabschnitts (meist pro</p>

	<p>Jahr) zurückgelegten Wegstrecken, gemessen in Personenkilometern. Die Verkehrsleistung ist abhängig vom Besetzungsgrad der Fahrzeuge: Eine bestimmte Verkehrsleistung kann mit unterschiedlich vielen Fahrzeugen erbracht werden. Die Kenngrösse der Verkehrsleistungen dient dazu, die Nachfrage nach Mobilität und die von einem Verkehrssystem tatsächlich erbrachten Dienstleistungen zu quantifizieren.</p> <p>Im Güterverkehr entspricht die Verkehrsleistung der Summe der von Gütern innerhalb eines Zeitabschnitts (meist pro Jahr) zurückgelegten Wegstrecken, gemessen in Tonnenkilometern.</p>
--	---

Literatur

Acquisti, A., Brandimarte, L., Loewenstein, G. (2015): Privacy and human behavior in the age of information, in: *Science*, 347(6221), S. 509–514.

Adler (2018): Autonomous Guided Platooning of Big Rigs Could Arrive Before Robo-Taxis, Artikel in trucks.

ARE (2010): Erschliessung und Erreichbarkeit in der Schweiz mit dem öffentlichen Verkehr und dem motorisierten Individualverkehr, Grundlagenbericht.

ARE (2016): Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040, Hauptbericht, Bundesamt für Raumentwicklung, August 2016.

ARE (2017): Zukunft Mobilität Schweiz, UVEK-Orientierungsrahmen 2040, Bericht, Bern, 15. August 2017.

ASTRA (2016): Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität».

ASTRA (2017): Die Vernetzung von Verkehrsteilnehmern in der intelligenten Mobilität, 27.11.2017.

ASTRA (2018): Bereitstellung und Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr, 07.12.18.

ASTRA (2019): Strassenverkehrsunfall-Statistik 2018.

Awad et al. (2018): The Moral Machine experiment, in: *Nature*, Vol. 563, S. 59–64.

BAFU (2010): Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1990–2035, Update 2010, Bern, Umwelt-Wissen UW-1021-D.

Beckmann (2013): Kollaborative Mobilität, in: *Internationales Verkehrswesen*, Vol. 65, Nr. 3.

Behrend (2018): Wenn Algorithmen das Steuer übernehmen, in: DVZ, «Zukunftslabor Nutzfahrzeug, Road Innovation Lab 2018».

Beiker et al. (2016): How the convergence of automotive and tech will create a new ecosystem, McKinsey Automotive and Assembly, November 2016.

Berger (2016): Think Act – A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem.

BFE (2018): Energiestrategie 2050 nach dem Inkrafttreten des neuen Energiegesetzes, Dokumentation, Bundesamt für Energie, 18. Januar 2018.

BFS, ARE (2017): Verkehrsverhalten der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015.

BFS (2017): BFS Aktuell, Mobilität und Verkehr, Güterverkehr in der Schweiz, November 2017.

BFS (2018a): Verkehrsleistungen im Personenverkehr und Transportleistungen im Güterverkehr, Bundesamt für Statistik.

BFS (2018b): Streckennetz nach Verkehrsträgern.

BFS (2019a): Strassenfahrzeuge – Bestand und Motorisierungsgrad.

BFS (2019b): Treibhausgasemissionen nach Verursacherguppe. Tabelle je-d-02.03.02.3.

Bfu (2016): Automatisiertes Fahren, Herausforderungen für die Verkehrssicherheit, Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern.

Bhuiyan (2018): Uber's self-driving trucks have been hired to deliver freight in Arizona, Recode.

BMVI (2017): Ethik-Kommission – Automatisiertes und vernetztes Fahren, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 20.06.2017.

Bonnefon et al. (2016): The social dilemma of autonomous vehicles, in: Science, Vol. 352, Issue 6293.

Bösch et al. (2017): Cost-Based Analysis of Autonomous Mobility Services, Working Paper, 1225. Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich.

Calvert et al. (2017): Will Automated Vehicles Negatively Impact Traffic Flow?, in: Journal of Advanced Transportation, Volume 2017, Article ID 3082781.

Clements and Kockelman (2017): Economic Effects of Automated Vehicles, Transportation Research Record No. 2602.

DHIK (2018): Studie Autonomes Fahren – Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungenanalyse, Deutscher Industrie- und Handelskammertag.

DHL (2018): DHL Logistics Trend Radar, Version 2018/19.

Dickey (2018): Self-driving car startup Nuro teams up with Kroger for same-day grocery Delivery, Techcrunch.

DOT (2018): Preparing for the Future of Transportation: Autonomous Vehicles 3.0 (AV 3.0), U.S. Department of Transportation.

EBP (2016): Trend-Report, BaslerFonds, Arbeitsgruppe Zukunftsforschung, Stand Dezember 2016.

EBP (2017): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A), BaslerFonds, Schweizerischer Städteverband und weitere Partner, 24.10.2017.

EBP (2018a): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3b «Daten und IT-Infrastrukturen», BaslerFonds, Schweizerischer Städteverband und weitere Partner, 05.04.2018.

EBP (2018b): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Synthesebericht, BaslerFonds, Schweizerischer Städteverband und weitere Partner, 05.09.2018.

Ecoplan (2018): Abschätzung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung in der Mobilität, Machbarkeitsstudie, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern, 02.07.2018.

EU (2016a): Eine europäische Strategie für Kooperative Intelligente Verkehrssysteme – ein Meilenstein auf dem Weg zu einer kooperativen, vernetzten und automatisierten Mobilität, 30.11.2016, Brüssel.

EU (2016b): Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Strassenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern.

EU (2019): Road Safety: Commission welcomes agreement on new EU rules to help save lives, Pressemitteilung, 26.03.2019.

Fagant and Kockelman (2015): Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities barriers and policy recommendations for capitalizing on self-driven vehicles, Transport Research Part A.

FAT (2017): Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstrasseninfrastruktur, in: Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V., Nr. 296.

Feigon et al. (2018): Private Transit: Existing Services and Emerging Directions. TCRP Research Report 196. Shared-Use Mobility Center: Chicago, IL.

Fellendorf (2017): Automatisierung im Mischverkehr – verkehrswissenschaftliche Erkenntnisse, Überlegungen zur Leistungsfähigkeit; TU Graz, Vortrag am ÖVG-Forum Automatisierung im Verkehr.

Fleetwood (2017): Public Health, Ethics, and Autonomous Vehicles, American Journal of Public Health.

Fried (2012): What Does Matter? The Case for Killing the Trolley Problem (Or Letting It Die), The Philosophical Quarterly.

Friedrich (2015): Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge, in: Maurer et al. (Hrsg.), Autonomes Fahren, Springer, Berlin.

FVS, EBP (2018): Automatisiertes Fahren: Auswirkungen auf die Strassenverkehrssicherheit, Studie, Schlussbericht vom 31.05.2018.

Grundberg (2004). Zeitbezogene Nutzenkomponenten von Verkehrsdienstleistungen, Frankfurt a. Main.

Hermann (2018). Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern, Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.

Himmelreich (2018): Never Mind the Trolley: The Ethics of Autonomous Vehicles in Mundane Situations, Ethical Theory and Moral Practice.

Hochstrasser (2015): Auto ohne Fahrer, in: Aktuelle Juristische Praxis (AJP), Ausgabe 04/2015, S. 691.

IHS (2016): Autonomous vehicle sales forecast to reach 21 mil. globally in 2035, Artikel vom 07.06.2016, IHS Markit, Automotive Research and Analysis, London.

ITF (2017a): Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport.

ITF (2017b): Shared Mobility Simulations for Helsinki.

ITS-CH (2013a): Leitbild ITS-CH, Landverkehr 2025/30.

ITS-CH (2013b): Kurzbericht, Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, ASTRA, 20. November 2013.

ITS-CH (2014): Kurzbericht, Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, Themenvertiefung: Daten werden zu Informationen, ASTRA, 20.11.2014.

ITS-CH (2015): Kurzbericht, Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien, Themenvertiefung: Virtuelle Infrastruktur, ASTRA, 26.11.2015.

Kaufmann-Hayoz (2006): Human action in context: A model framework for interdisciplinary studies in view of sustainable development, in: *Umweltpsychologie* 10(1), S. 154–177.

Kerry and Karsten (2017): Gauging investment in self-driving cars, Brookings Institute Report, 16.10.2017.

Kirchschläger (2017): Automatisierung von Mobilität – theologisch-ethische Überlegungen, Feinschwarz, 13.01.2017.

Kornhauser (2016): Nationwide Ride-Sharing: A first look at the potential and its implications on Fleet Size, Fleet Operations, Integration with Existing Urban Rail, Intercity Rail, Intercity air system and Societal benefits.

KPMG (2015): Connected and Autonomous Vehicles – The UK Economic Opportunity, KPMG und SMMT, März 2015.

Krause et al. (2017a): Mikroskopische Simulation von automatisierten Fahrzeugen zur Ermittlung der Wirkungen auf die Kapazität von Autobahnen, in: *Strassenverkehrstechnik* (Dezember 2017), FGSV Köln.

Krause et al. (2017b): Impact of Automated Vehicles on Capacity of the German Freeway Network, Conference Paper; Technische Universität München.

Lavasani et al. (2016): Market Penetration Model for Autonomous Vehicles on the Basis of Earlier Technology Adoption Experience, *Transportation Research Record Journal*, Florida International University.

Lin (2015): Why Ethics Matters for Autonomous Cars, in: M. Maurer et al. (Hrsg.), *Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Springer, Berlin.

Lipson and Kurman (2016): *Driverless: Intelligent Cars and the Road Ahead*, MIT Press.

Lohmann (2015): Erste Barriere für selbstfahrende Fahrzeuge überwunden – Entwicklungen im Zulassungsrecht, *sui-generis*, ISSN 2297-105X.

Lohmann (2016): *Automatisierte Fahrzeuge im Lichte des Schweizer Zulassungs- und Haftungsrechts*, Nomos, Baden-Baden.

Lohmann, Müller-Chen (2017): *Selbstlernende Fahrzeuge – eine Haftungsanalyse*, Schweizerische Zeitschrift für Wirtschafts- und Finanzmarktrecht.

Lohmann (2018): *Der Regress des Versicherers im Kontext der Fahrzeugautomatisierung, HAVE – Haftung und Versicherung, Forum zum Thema «BGE 4A_602/2017 – Mauerfall im Regressrecht des VVG-Versicherers?» (3/2018)*.

Maciejewski et al. (2017): *Congestion effects of autonomous taxi fleets*, in: *Transport*, 33(4), S. 971–980.

Massachusetts (2018): *Report of the Massachusetts Autonomous Vehicles Working Group, Draft for Discussion, September 2018*.

Maurer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B., Winner, H. (2015): *Autonomes Fahren; Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Springer, Berlin.

McKinsey (2016): *Parcel delivery: the future of last mile*; *Travel, Transport and Logistics Practice*.

Metzger (2018): *MBTA's disabled customers switch to Uber, Lyft*; *Boston Globe*, February 2018.

Meyer et al. (2016): *Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland*, IVT ETH Zürich.

Mohl (2018): *T notes: Uber, Lyft keep growing*, *T. Commonwealth Magazine*, Juni 2018.

New York City Taxi and Limousine Commission (2014): *2014 Factbook*.

New York City Taxi and Limousine Commission (2018): *2018 Factbook*.

NZZ (2017): *Autonome Fahrzeuge brauchen keine Ethik-Software*, *Kommentar Helga Rietz*, NZZ, 30.08.2017.

NZZ (2018): *Stadtlogistik: Mehr Güter, weniger Energie*, NZZ am Sonntag, 07.10.2018.

OICA (2019): *Future Certification of Automated Driving Systems*, Submitted by the experts of OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers).

Prognos (2018): *Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte, Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit*, im Auftrag des ADAC, August 2018.

PSI (2018): Die Umweltauswirkungen von Personenwagen: heute und morgen, Hintergrundbericht, im Auftrag des BFE, 03.09.2018.

Rahwan et al. (2017): Moral Machine, Massachusetts Institute of Technology.

Rapp (2017): Energieeffiziente und CO₂-freie urbane Logistik 2050, Vortrag anlässlich der SVI-Forschungstagung, 21.09.2017.

SAE (2016): Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, J3016_201609, Society of Automotive Engineers International.

Schweizerische Eidgenossenschaft (2017): Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft, Berichts des Bundesrats vom 11. Januar 2017.

Schweizerische Eidgenossenschaft (2018): Strassenverkehrsgesetz (SVG), Fassung vom 01.01.2018.

SECO (2017): Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft, Bericht des Bundesrates vom 11. Januar 2017.

Seidl (2017): Neues aus dem Parlament, in: Strassenverkehr, 9. Jahrgang, Nr. 1/2017.

Sütfeld et al. (2017): Using Virtual Reality to Assess Ethical Decisions in Road Traffic Scenarios: Applicability of Value-of-Life-Based Models and Influence of Time Pressure, Universität Osnabrück, Juli 2017.

SVI (2019): Induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge: Eine Abschätzung. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich. Forschungsprojekt SVI 2016/001 auf Antrag der Schweizerischen Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten, Februar 2019.

Taniguchi (2017): City logistics: Best practices in Japan for sustainable and liveable cities, Kyoto University, 10.10.2017.

Tientrakool et al. (2011): Highway capacity benefits from using vehicle-to-vehicle communication and sensors for collision avoidance, paper presented at the IEEE Vehicular Technology Conference.

Treeze (2018): Aktualisierung Umweltaspekte von Elektroautos, im Auftrag des BAFU, 04.10.2018.

UVEK (2008): Ziel- und Indikatoren-System nachhaltiger Verkehr UVEK, Version Oktober 2001 (aktualisiert 2008), ARE in Zusammenarbeit mit ASTRA, BAV, BAZL und BUWAL.

UVEK, KdK, BPUK, SVV, SGV (2012): Raumkonzept Schweiz, Bericht, überarbeitete Fassung vom 20. Dezember 2012.

VDV (2015): Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge, Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen, Verband deutscher Verkehrsunternehmen.

Viscelli (2018): Driverless? Autonomous Trucks and the Future of the American Trucker, September 2018.

Wagner (2015): Steuerung und Management in einem Verkehrssystem mit autonomen Fahrzeugen, in: Maurer et al. (Hrsg.), Autonomes Fahren, Springer, Berlin.

Walker Smith (2017): The Trolley and the Pinto: Cost-Benefit Analysis in Automated Driving and Other cyber-Physical System, Texas A&M Law Review.

Walker Smith (2017): Automated Driving and Product Liability, Michigan State Law Review.

Wyman (2016): Mobility 2040, Staying ahead of disruption, November 2016.

Mitglieder der Begleitgruppe

Dr. Esther Koller-Meier (Leiterin der Begleitgruppe),
Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW

Laura Andres, Projektleiterin Freiburger Transportbetriebe TPF

Dr. Bruno Baeriswyl, Datenschutzbeauftragter des Kantons Zürich
und Mitglied des Leitungsausschusses von TA-SWISS

Dr. Jörg Beckmann, Direktor Mobilitätsakademie AG

Andreas Burgener, Direktor auto-schweiz

Christian Egeler, Bundesamt für Raumentwicklung ARE

Hauke Fehlberg, Bundesamt für Strassen ASTRA

Prof. Dr. Christian Laesser, Direktor, Research Center for Tourism and
Transport, Universität St. Gallen

Dr. Mark Reinhard, Bundesamt für Statistik BfS

Prof. Dr. Reinhard Riedl, Ko-Direktor Institut Digital Enabling, Berner Fach-
hochschule und Mitglied des Leitungsausschusses von TA-SWISS

Dr. Thomas Sauter-Servaes, ZHAW School of Engineering, Verkehrssysteme

Christoph Schreyer, Leiter Energieeffizienter Verkehr, Bundesamt für
Energie BFE

Prof. Dr. Florent Thouvenin, Lehrstuhl für Informations- und Kommunikations-
recht, Universität Zürich

Dr. Nicola Tomatis, BlueBotics SA

Prof. Dr. Eva Weber-Guskar, Institut für Philosophie I, Ruhr-Universität Bochum

Projektmanagement TA-SWISS

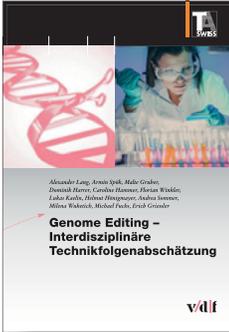
Dr. rer. soc. Elisabeth Ehrensperger, Geschäftsführerin

Dr. Christina Tobler, Projektleiterin

Weitere Publikationen von TA-SWISS

Alexander Lang et al.

Genome Editing – Interdisziplinäre Technikfolgenabschätzung



2019, 472 Seiten, zahlr. Abb. (z. T. farbig)
Format 18,5 x 26,5 cm, broschiert
ISBN 978-3-7281-3981-8
als eBook (Open Access) erhältlich

Sarah Fässler et al.

Social Freezing – Kinderwunsch auf Eis



2019, 294 Seiten, zahlr. Abb. und Tabellen
Format 16 x 23 cm, broschiert
ISBN 978-3-7281-3962-7
als eBook (Open Access) erhältlich

Thomas von Stokar et al. Sharing Economy – teilen statt besitzen



2018, 248 Seiten, zahlr. Abb. (z.T. farbig)
Format 16 x 23 cm, broschiert
ISBN 978-3-7281-3880-4
als eBook (Open Access) erhältlich

Ursula Meidert et al.

Quantified Self – Schnittstelle zwischen Lifestyle und Medizin



2018, 276 Seiten, zahlr. Abb., z.T. farbig
Format 16 x 23 cm, broschiert
ISBN 978-3-7281-3891-0
als eBook (Open Access) erhältlich

vdf

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Voltastrasse 24, VOB D, CH-8092 Zürich

Das automatisierte Fahren hat das Potenzial, unsere Mobilität grundlegend zu verändern. Selbstfahrende Fahrzeuge könnten die Verkehrssicherheit erhöhen und Betagten, Kindern oder Menschen mit Behinderungen zu mehr Mobilität verhelfen. Leerfahrten und die Nutzung der Reisezeit für andere Aktivitäten könnten jedoch auch zu Mehrverkehr führen und die Zersiedelung verstärken. Automatisiertes Fahren könnte den öffentlichen Verkehr infrage stellen, aber auch neue innovative Mobilitätsangebote ermöglichen.

Die Rolle und Bedeutung selbstfahrender Fahrzeuge in der Schweiz bestimmen künftig die politisch gesetzten Leitplanken. Gesellschaft und Politik müssen die Rolle des Staats definieren und klären, wie sich die öffentliche Hand und private Unternehmen die neuen Aufgaben teilen sollen. Neben technologischen Fragen ergeben sich zudem zahlreiche Fragen zu Wirtschaft, Recht, Politik, Gesellschaft und Ethik.

Die vorliegende transdisziplinäre Technologiefolgenabschätzung ermöglicht eine Auslegeordnung, auf deren Basis die Chancen und Risiken selbstfahrender Fahrzeuge gesellschaftlich und politisch diskutiert werden können. Darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen formuliert, um das Steuer aktiv in die gewünschte Richtung zu lenken.



v/dlf

TA-SWISS 71/2020

ISBN 978-3-7281-3995-5 (Printversion)

ISBN 978-3-7281-3996-2 (E-Book)

DOI-Nr. 10.3218/3996-2