Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Auswirkungen des automatisierten Fahrens

Teilprojekt 3: Umgang mit Daten

Effets de la conduite automatisée
Projet partiel 3: Traitement des données

Effects of automated driving
Sub-project 3: Handling Data

Roland Müller Küsnacht AG
Dr. Christian Heimgartner
Dr. Stefan Lämmer
Angelo Orlando
Timo Paulsen
Dr. Markus Rausch

Baetzner Metropolitan
Arnd Bätzner

Rupprecht Consult GmbH
Dr. Wolfgang Backhaus
Dr. Bernard Gyergyay

Anwaltskanzlei Kohli
Thomas Kohli

Forschungsprojekt ASTRA 2018/003 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

Oktober 2020 **1694**

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

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

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

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.
Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Auswirkungen des automatisierten Fahrens

Teilprojekt 3: Umgang mit Daten

Effets de la conduite automatisée
Projet partiel 3: Traitement des données

Effects of automated driving
Sub-project 3: Handling Data

Roland Müller Küsnacht AG
Dr. Christian Heimgartner
Dr. Stefan Lämmer
Angelo Orlando
Timo Paulsen
Dr. Markus Rausch

Baetzner Metropolitan
Arnd Bätzner

Rupprecht Consult GmbH
Dr. Wolfgang Backhaus
Dr. Bernard Gyergyay

Anwaltskanzlei Kohli
Thomas Kohli

Forschungsprojekt ASTRA 2018/003 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)

Oktober 2020 **1694**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung
Dr. Christian Heimgartner

Mitglieder
Arnd Bätzner
Dr. Stefan Lämmer
Angelo Orlando
Timo Paulsen
Dr. Markus Rausch
Dr. Wolfgang Backhaus
Dr. Bernard Gyergyay
Thomas Kohli

Begleitkommission

Präsident
Erwin Wieland

Mitglieder
Prof. Dr. Kay W. Axhausen
Dr. Arnd König
René Neuenschwander
Martina Müggler
Markus Liechti
Annette Antz
Dr. Denis Gilles
Alexander Lehrmann
Dr. Thomas Sauter-Servaes
Christian Egeler
Thierry Chanard
Burkhard Horn

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum **4**
Zusammenfassung **9**
Résumé **15**
Summary **21**

1 Forschungspaket Auswirkungen des automatisierten Fahrens **27**
1.1 Ausgangslage 27
1.2 Ziel und Struktur 27
1.3 Grundsätzliches Vorgehen der Teilprojekte 27

2 Problembeschreibung **29**

3 Stand der Forschung **31**

4 Vorgehen, Methodik, Lösungsansatz **33**

5 Grundlagenaufbereitung **35**
5.1 Übersicht über den Stand der Technik und der Wissenschaft 35
5.1.1 Technologische Aspekte des automatisierten Fahrens 35
5.1.2 Überblick über C-ITS – Cooperative Intelligent Transportation Systems: Anforderungen an AF-Ökosysteme 38
5.1.3 Fahrlogik 41
5.1.4 Klassifizierung von Strassenräumen und Infrastruktur 41
5.1.5 Navigationsdienste 42
5.2 Übersicht über regulatorische Aspekte 43
5.2.1 Organisatorische Themen 43
5.2.2 Rechtliche Themen 45
5.3 Übersicht über finanzielle Aspekte 51
5.4 Bedürfnisse der am AF-System beteiligten Akteure 53
5.4.1 Städte und territoriale Einheiten 54
5.4.2 Verkehrsteilnehmende und Nutzer 54
5.4.3 Infrastrukturbetreiber 55
5.4.4 Serviceanbieter 56
5.4.5 Bedeutung des Umgangs mit Daten für Neue Angebotsformen im Verkehr 56
5.5 Einsichten für die Gestaltung des Wegs zum automatisierten Fahren 57

6 Skizzierung möglicher Entwicklungspfade **59**
6.1 Identifikation und Beschreibung der relevanten Elemente der Entwicklung 59
6.1.1 Definitionen 59
6.1.2 Elemente 59
6.1.3 Element-Konstellationen und -Interaktionen 61
6.1.4 Synthese 62
6.2 Skizzierung des Entwicklungshorizonts „High Tec AF Level 4/5“ 65
6.3 Zwischenschritte auf dem Entwicklungspfad hin zu „High Tec AF Level 4/5“ 70
6.4 Spiegelung im Lichte der Nutzungsszenarios aus TP1 74

7 Beurteilung der Entwicklungspfade **79**
7.1 Identifikation der auf den Entwicklungspfaden anfallenden Daten 79
7.1.1 Basisdaten / V2B 80
7.1.2 Umfelddaten / V2E 82
7.1.3 Infrastrukturdaten / V2I 84

7.1.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V 86
7.1.5 Daten anderer Modi / V2M 89
7.1.6 Logistikdaten / V2L 91
7.1.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C 93
7.1.8 Serviceanbieter-Daten / V2S 95
7.1.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X 98
7.2 Identifikation weiterer Effekte der anfallenden Daten 100
7.2.1 Erforderliche ICT-Infrastruktur und Datenhaltung 100
7.2.2 Betreiber der Infrastruktur 101
7.2.3 Strategische Bedeutung der Daten und Datenprozesse 101
7.2.4 Zentrale Karte für automatisiertes Fahren 101
7.2.5 Aufgabenteilung zwischen Behörde und Service-Anbieter 102
7.2.6 Tracking von Individuen 102
7.2.7 Drittnutzen 102
7.2.8 Datenkreisläufe 102
7.2.9 Stör- und Ausfallsszenarios und System-Redundanzen 102
7.3 Beurteilung der anfallenden Daten und ihrer Effekte (SWOT-/GAP-Analyse) 103
7.3.1 Basisdaten / V2B 103
7.3.2 Umfelddaten / V2E 104
7.3.3 Infrastrukturdaten / V2I 105
7.3.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V 105
7.3.5 Daten anderer Modi / V2M 106
7.3.6 Logistikdaten / V2L 107
7.3.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C 108
7.3.8 Serviceanbieter-Daten / V2S 109
7.3.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X 110
7.3.10 Datenquellen 110
7.3.11 Datenprozesse 112
7.3.12 Datenzugänge 113
7.3.13 Funktionalitäten und Akteure AF-Ökosystem 115

8 Ableitung von Handlungsempfehlungen 117
8.1 Handlungsbedarf 117
8.1.1 Basisdaten / V2B 117
8.1.2 Umfelddaten / V2E 117
8.1.3 Infrastrukturdaten / V2I 117
8.1.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V 118
8.1.5 Daten anderer Modi / V2M 118
8.1.6 Logistikdaten / V2L 118
8.1.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C 118
8.1.8 Serviceanbieter-Daten / V2S 119
8.1.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X 119
8.1.10 Datenquellen 120
8.1.11 Datenprozesse 120
8.1.12 Datenzugänge 121
8.1.13 Funktionalitäten und Akteure AF-Ökosystem 121
8.2 Handlungsspielräume 121
8.2.1 Basisdaten / V2B 121
8.2.2 Umfelddaten / V2E 122
8.2.3 Infrastrukturdaten / V2I 122
8.2.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V 123
8.2.5 Daten anderer Modi / V2M 123
8.2.6 Logistikdaten / V2L 124
8.2.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C 124
8.2.8 Serviceanbieter-Daten / V2S 124
8.2.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X 125
8.2.10 Datenquellen 125
8.2.11 Datenprozesse 126
8.2.12 Datenzugänge 126
8.2.13 Funktionalitäten und Akteure AF-Ökosystem 126

8.3 Handlungsoptionen 126
8.3.1 Technische Handlungsoptionen 127
8.3.2 Regulatorische Handlungsoptionen 129
8.3.3 Finanzielle Handlungsoptionen 131
8.4 Handlungsempfehlungen 132
8.4.1 Technische Handlungsempfehlungen 132
8.4.2 Regulatorische Handlungsempfehlungen 135
8.4.3 Finanzielle Handlungsempfehlungen 139

9 Synthese 143

10 Ausblick 149

Anhänge 151
Glossar 169
Literaturverzeichnis 171
Projektabschluss 175
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen 178

Zusammenfassung

Methodologie

Das Teilprojekt 3 (TP3) beleuchtet Daten als Teil von Informations- und Kommunikationssystemen, die zwischen Akteuren und Orten inklusive Fahrzeuge, ortsfester Infrastruktur und weiteren systemisch relevanten Sendern, Empfängern und Verarbeitern kommuniziert und ausgetauscht werden. Die dadurch entstehende netzbasierte Informationsverknüpfung erlaubt eine akteurübergreifende Verfügbarkeit von Daten und darauf basierender Information. Im Hinblick auf automatisiertes Fahren stellt sich die Frage nach dem Umgang mit diesen Daten und Informationen sowohl in technischer, regulatorischer wie auch finanzieller Natur.

Das TP3 beleuchtet daher, welche **Daten in einem zunehmend digitalisierten und vernetzten Verkehrssystem** entstehen und welche Stärken und Schwächen aus der **Verfügbarkeit** dieser Daten - in einem mehrdimensionalen Verständnis, das ihnen hinterliegende und assoziierte Datenmodelle, Datenprozesse, Inhaber, Nutzer und Zeitbezug umfasst - und dem Umgang mit ihnen entstehen. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach den spezifischen **Treibern und Akteuren dieser Digitalisierung**. Das TP3 betrachtet bestehende und neue Standards, technische Evolution und Erwartungen, die an neue Technologien formuliert werden. Aufsetzend auf den gesellschaftlichen und technischen Anforderungen werden **Datenquellen, Datenzugänge und dazwischen ablaufende Datenprozesse** identifiziert. Die daraus sich ergebenden Funktionalitäten und Wirkungsmöglichkeiten bilden die Basis für **Handlungsansätze**.

Aus konzeptueller Perspektive wird somit betrachtet, wie intelligentes **Planen, Betreiben und Monitoren des Verkehrs mittels ITS-Anwendungen** möglich wird. Daraus ergeben sich Fragen der benötigten ICT-Infrastruktur und der zu **beachtenden technischen, regulatorischen und finanziellen Aspekte.** Auch aus juristischer Sicht wird untersucht, **wem die Daten, Datenmodelle und Datenprozesse gehören**. Aus den Einsichten abgeleitet werden Empfehlungen für Massnahmen von Behördenseite formuliert.

In einer Betrachtung der Grundlagen bietet das TP3 eine Übersicht über den aktuellen Stand und die Herausforderungen in **technischen Bereichen** (Sensorik, Digitale Karten, Standardisierungen, Datensicherheit), über **Steuerungslogiken in C-ITS-Systemen** und sich daraus ergebenden **Anforderungen an Systemkomponenten**. Die Rolle und das Zusammenspiel von **Fahrlogiken, gewählten Klassifizierungen von und Anforderungen an Infrastruktur und Navigationsdienste** werden beleuchtet. Im Bereich der regulatorischen Aspekte wird die Rolle grundlegender Organisationsformen wie Formen des **Zusammenspiels privater und öffentlicher Akteure** bezüglich der Organisation, des Managements und des Primats im Umgang mit Daten betrachtet. Im rechtlichen Bereich werden **Datenschutz, Immaterialgüterrechte, Öffentlichkeitsprinzip und Haftungsrechte** betrachtet. Schliesslich werden die **Bedürfnisse der an Systemen des automatisierten Fahrens beteiligten Akteure** zusammengestellt: Städte und territoriale Einheiten, Verkehrsteilnehmende und Systemnutzer, Infrastrukturbetreiber und Serviceanbieter auch von neuen Angebotsformen im Verkehr.

Vor dem Hintergrund der hohen Anforderungen, die die Schweiz an Qualität, Effizienz und Ethik stellt, zeigt sich, dass eine detaillierte **Betrachtung der grundlegenden funktionalen Komponenten und ihrer Auslegeordnung** notwendig ist – **Sensoren, Kommunikationsprozesse, physische Infrastruktur** als Teil des gebauten Umfelds, eine **digitale Karte**, sowie die eigentliche **Verkehrssteuerung** als unterliegende Logik. Die Betrachtung umfasst insbesondere eine **Diskussion von Übergangsszenarios** des teilautomatisierten Verkehrs sowie den Umgang mit nichtautomatisierten Teilnehmern wie Fussgängern und Radfahrern.

Zum Zweck einer hinreichend granularen und in Bezug auf mögliche künftige Entwicklungen flexible Analyse werden grundlegende ICT-Elemente baukastenartig definiert und im Sinne eines mehrdimensionalen Datenbegriffs u. a**. im Hinblick auf ihre Rolle in Datenprozessen und Zeitrelevanz untersucht** und mit Beispielen hinterlegt: Regler, Sensor, Monitor, Eingabeeinheit, Kommunikation als Vernetzung über Schnittstellen, Sicherheitselemente, Leserecht, Schreibrecht, automatisiertes Fahrzeug, funktionsorientiertes Gadget. Im Anschluss werden **Konstellationen und Interaktionen zwischen diesen Elementen** näher beleuchtet.

Als Ergebnis erscheint, dass für ein weitergehendes Verständnis ein Fokus auf **Datenquellen, Datenprozesse und Datenzugänge** notwendig erscheint. Im Hinblick auf das automatisierte Fahren nach SAE-Level 4 und 5 wird anschliessend beispielhaft beleuchtet, auf welche **Anforderungsebenen Alltagssituationen heruntergebrochen** werden können, sowohl im Hinblick auf individuelle und monomodale Nutzungsformen (TP1 Nutzungsszenario A) als auch kollektive und multimodale Nutzungsformen (TP1 Nutzungsszenario B). In einer aus diesen Überlegungen heraus neu entwickelten Klassifikation **beurteilt das TP3 detailliert die Entwicklungspfade der anfallenden Daten,** heruntergebrochen auf **Vehicle-to-X-Betrachtungen**: Basisdaten (V2B), Umfelddaten (V2E), Infrastrukturdaten (V2I), Fahrzeuginterne Daten (V2V), Daten anderer Modi (V2M), Logistikdaten (V2L), Nutzerdaten (V2C), Serviceanbieter-Daten (V2S) und Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale (V2Z). Weiter werden Aspekte der anfallenden Daten und **Datenprozesse wie Infrastruktur und Datenhaltung** inkl. Betreibermodelle, strategische Bedeutung, zentrale Karten, Aufgabenteilungen zwischen Behörden und Serviceanbietern, Tracking von Individuen, Drittnutzern, Datenkreisläufen und Ausfallsicherheit resp. Redundanz besprochen. in einer SWOT/GAP-Analyse werden die anfallenden Daten und ihre Effekte anschliessend beurteilt.

Aus diesen vernetzten Detailbetrachtungen werden **anschliessend zu jeder Datenkategorie Handlungsempfehlungen und Handlungsspielräume** abgeleitet. Daraus ergeben sich in einer Gesamtschau **Handlungsoptionen und Handlungsbedürfnisse** jeweils **technischer, regulatorischer und finanzieller Art**. Als Empfehlung und Synthese wird daraus abgeleitet, dass Bundesbehörden vor allem die technische Rolle und Anforderungen an Komponenten eines Ökosystems des automatisierten Fahrens in der erarbeitete Granularität nachvollziehen und verstehen können müssen, um dessen **Sicherheit und auf der Ebene der ortsfesten Infrastruktur wie der Fahrzeuge** sicherstellen zu können. Aus diesem Verständnis heraus wird es möglich, infrastrukturelle, softwaremässige und regulierende Massnahmen so in Einklang zu bringen, dass die erwartbaren Effizienzgewinne durch das automatisierte Fahren realisiert und zahlreiche negative Implikationen des heutigen Strassenverkehrs minimiert oder aufgehoben werden können.

Die notwendigen Kompetenzen können durch Auslagerung an Forschungseinrichtungen aufgebaut und weiterentwickelt werden, die Normen und Protokolle des Datenaustauschs sind hingegen in ihrer Entwicklung kaum von der Schweiz beeinflussbar. Im Sinne der bundesrätlichen Direktive, dass neue Mobilitätsangebote sich grundsätzlich in die bestehende, vor allem auf öffentlichem Verkehrsmodi basierende Angebotslandschaft einzufügen haben, ist vor allem früh ein **Fokus auf die Verbindung zwischen Datenräumen, gebauter Infrastruktur und Intermodalen Konzepten** zu legen, damit die Exzellenz des Schweizerischen Verkehrssystems als Standortfaktor gesichert und zukunftsfähig ausgebaut werden kann.

Resultate

Technische Handlungsempfehlungen

Die **Zeitsynchronizität** ist zentral für die **Funktionstüchtigkeit** digitaler Systeme. Die Behörden sollen entsprechend für die Wahrung und den Ausbau der technischen Voraussetzungen für den Zeitabgleich mit der Basiszeit sorgen, sei dies im Rahmen der öffentlichen Beschaffung, sei dies durch Beeinflussung von Marktumfeld und die Marktmechanismen. Analoges gilt für die Sicherstellung einer hohen **Ortungsgenauigkeit** möglichst überall im Verkehrssystem. Im Rahmen von Planung,

Realisierung und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur sind hierfür die entsprechenden Massnahmen vorzusehen und die zur Abwendung von Störrisiken erforderlichen technologischen Massnahmen zu identifizieren und zu evaluieren, gegebenenfalls auch im Rahmen der Forschung.

Zur **Sicherstellung des Datenzugangs** ist es unabdingbar, dass die Schweizer Behörden in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien wie auch in entsprechenden europäischen und internationalen Forschungsprojekten mitwirken und die Interessen der Schweiz einbringen.

Im Bereich der Sensorik besteht Forschungsbedarf zur Thematik der **Sicherstellung hoher Datenqualität**. Speziell der Umgang mit ungünstigen Umfeldbedingungen, genügend genauen Klassifizierungsmethoden, Risikoabfederung angesichts fehlerhafte Detektion oder Ausfällen, erforderliche Redundanzen und die Ausgestaltung allfälliger Rückfallebenen stehen dabei im Fokus.

Klarheit zum Umgang mit grossen Datenmengen, Rechenleistung, Speicherkapazitäten und Cloud-Lösungen unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit und der Cybersecurity sind zentrale Faktoren der **ICT-Systemanforderungen**. ICT-Eckelemente Clouds und Gadgets der ICT-Systeme werden von wenigen marktbeherrschenden Konzernen bestimmt, was eine grosse Herausforderung für die öffentliche Hand darstellt. Jene Systemkomponenten, die Echtzeitanforderungen unterliegen, sind zugunsten der **Systemsicherheit** zu identifizieren. Hierfür sollen die Behörden mit Wissenschaft Industrie klare Anforderungen definieren.

Zur **Qualitätssicherung** bedarf es der Formulierung von diesbezüglichen Mindestanforderungen an Datenquellen. Nach Möglichkeit wird die hiermit einhergehende Standardisierung als stetiger Prozess unter Einbezug aller wesentlichen Akteure ausgestaltet. Dabei sind auch jene Datenquellen zu bezeichnen, deren Versagen systemkritisch wäre.

Gerade auch angesichts des Mischverkehrs ist nicht abschliessend klar, ob und in welchem Umfang Verbesserungen zur **Sicherstellung der Verkehrssicherheit** realistisch sind und welche Voraussetzungen dabei erforderlich wären. Es erscheint zielführend, im Sinne einer detaillierten Auslegeordnung die relevanten Aspekte angesichts verschiedener Datenverfügbarkeiten zu evaluieren.

Im Kontext zum **Datenschutz** empfiehlt sich eine forschungsbasierte Auslotung der Potentiale dichotomer Datensystem-Architekturen, auf dass Behörden und Dritte unabhängig Zugang zu den beidseits Nutzen stiftenden Daten erhalten könnten.

Eine intermodale Anschlusssicherung stellt einen zentralen Aspekt einer effizienten **Intermodalität** dar. Die Fragen nach den diesbezüglichen Potentialen und Grenzen gilt es zu erforschen.

Bezüglich eines **integralen Verkehrsmanagement** stellt sich eine Vielzahl an Forschungsfragen: Welche Funktionalitäten sollen durch die Verkehrsmanagement-Zentrale abgedeckt werden? Wie lassen sich verschiedene Datenmodelle und -prozesse einbinden und abstimmen? Wie kann Systeminstabilitäten aufgrund konkurrierender Navigationssysteme und Flottenoptimierungsapplikationen entgegnet werden? Welche Optimierungsoptionen entstehen aus der Interaktion zwischen Nutzer und Service-Anbietern und welches Potential bieten diese aus Gesamtperspektive? Zur Beantwortung bedarf es virtueller und zu späterem Zeitpunkt auch realer Tests.

Regulatorische Handlungsempfehlungen

Für die **Funktionstüchtigkeit** ist ein uneingeschränkter Zugang zur exakten Zeit und auch zur Ortungstechnologie unabdingbare Voraussetzung und bedarf der Sicherstellung der hierzu erforderlichen staatsvertraglichen Grundlagen. Die Schweiz soll sich diesbezüglich in den relevanten europäischen und internationalen Gremien einbringen.

Zur **Sicherstellung des Datenzugangs** ist auch in regulatorischer Hinsicht eine aktive Mitwirkung der Schweiz in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien unabdingbar. Entsprechende Regulatorien insbesondere mit der Automobil- und Fahrzeugindustrie, aber auch mit den Transportunternehmungen sind hierfür zentral.

Aus aktueller Sicht erscheinen Aufsichtsgremien im Bereiche des Zugangs zu und des Umgangs mit Daten wie auch im Bereich von KI und ML und damit verbundener Fahrzeugzulassung aus Gründen der **Qualitätssicherung** als unerlässlich. Hierzu bedarf es aufgrund der Dynamik der technologischen Entwicklungen periodische und upgrade-abhängige Prüf- und Zertifizierungsverfahren. Die Erarbeitung einer Governance zum Umgang mit Algorithmen ist für ein effektives **Datenprozessmanagement** von zentraler Bedeutung. Dabei sind die Ansprüche und Erfordernisse an Prozesse der Datenverarbeitung festzulegen und Normierungen aufwärtskompatibel auszugestalten.

Im Bereich der **digitalen Verkehrsregeln** besteht Forschungsbedarf. So ist es aus heutiger Sicht nicht klar, ob und wie Verkehrsregeln ins AF-Ökosystem einfliessen sollen und können. Dabei gilt es zu klären, ob etwa die Verkehrsregeln harte Rahmenbedingungen sind oder ob diese auch verletzt werden dürfen. Mitunter geht die Vorgabe der Regeln gar mit dem eigentlichen Steuern des Systems einher.

In Kontext des **öffentlichen Beschaffungswesens** erscheint es als zentral, dass der Innovation und damit verbundener Neuartigkeit der Ansätze wie auch der vernetzten Natur nachhaltiger Verkehrslösungen Rechnung getragen wird. Ein ausschreibendes Amt deckt vielfach ein einzelnes Thema ab, nicht aber eine Vernetzung verschiedener relevanter Themen.

Die **Planungsprozesse** haben vermehrt den Aspekten des AF-Ökosystem genüge zu tragen. Durch deren Mitberücksichtigung in den Planungsinstrumenten lässt sich der Bedarf an dieser Infrastruktur und mithin der daraus hervorgehenden Daten auch mittel- bis langfristig sichern.

Im Sinne einer **Abstimmung zwischen Personen- und Güterverkehr** kann zum Einbezug automatisierter Logistik auf der gleichen Infrastruktur wie der Passagiertransport durch staatliche Anreizsetzung eine Standardisierung der Datenschnittstellen und der physischen Schnittstellen erfolgen.

Was den **Datenschutz** betrifft, so sind grundsätzlich möglichst wenige Daten zu bearbeiten (Datensparsamkeit) und Daten möglichst schnell zu aggregieren, damit kein Personenbezug mehr hergestellt werden kann (Datenanonymisierung). Zudem sind Datensysteme, welche den Fahrer oder Halter eines Fahrzeuges identifizieren, getrennt von den die reine Fahrfunktion ermöglichenden Daten zu konzipieren.

Zur Reduktion der rechtlichen Risiken im Bereich des **Datenzugangs** ist eine rechtliche Grundlage insoweit zu schaffen, als Datenbearbeitungen für die Verfolgung der in Frage stehenden öffentlichen Interessen tatsächlich notwendig sind. Für hierzu nicht zwingend notwendige Datenbearbeitungen ist auf die Einwilligung der Betroffenen als Rechtsfertigungsgrund zu verweisen. Für eine Einführung eines Dateneigentums angesichts des AF besteht kein Anlass. Allenfalls könnte es angezeigt sein, mit Bezug auf spezifische Daten Datenzugangsrechte einzuführen. Die Führung einer Datenbank im Bereich AF durch eine Behörde bedingt in jedem Fall eine Gesetzesgrundlage.

Finanzielle Handlungsempfehlungen

Im Bereich **kooperativer Finanzierungsmodelle** ist die situative Festlegung des Rahmens für ein Engagement des privaten Sektors bei Sensorik, Netzaufbau und Betrieb abzuklären mittels Zusammenarbeitsformen wie Public Private Partnerships bis hin zu Public Finance Initiatives, bei denen eine teilweise oder volle Auslagerung von Risiken öffentlicher Infrastrukturprojekte an den privaten Sektor erfolgt. Bezüglich des Umgangs mit Daten kann der Mobilfunk als Modell dienen.

Im Hinblick auf **datenbasierte Geschäftsmodelle** sind zur Sicherung und Steigerung der Güte und des Werts von Daten für nachhaltige Geschäftsmodelle technische (Cybersecurity) und regulatorische (Datenzugangsrecht) Massnahmen zu erarbeiten.

Bei der Etablierung eines **Datenzugangsrechts** ist eine Berücksichtigung bestehender Geschäfts- und Preismodelle vorzusehen.

Grundsätzlich sollen Konzepte zur **Innovationsförderung** durch den Bund in Interaktion mit Kantonen und Gemeinden erarbeitet werden, bei der eine Kultur des Austestens etabliert und auf eine Förderung der Zusammenarbeit zwischen Behörden, Wissenschaft und dem privaten Sektor gesetzt wird.

Im Hinblick auf eine effiziente Nutzung der Infrastruktur kann eine **Verzahnung der Logistik- und Passagiertransporte** zur Senkung der Transportkosten durch iterative Effizienzsteigerung führen.

Résumé

Méthodologie de Synthèse

Le sous-projet 3 examine, dans le cadre des systèmes d'information et de communication, les données qui sont communiqués et échangés entre les différents acteurs et sites, y compris les véhicules, l'infrastructure stationnaire, ainsi que d'autres expéditeurs, récepteurs et processeurs d'importance systémique. Le lien d'information basé sur le réseau qui en résulte permet aux données et aux informations qui en découlent d'être disponibles pour tous les acteurs. En ce qui concerne la conduite automatisée, la question se pose de savoir comment ces données et informations sont traitées sur les plans techniques, réglementaires et financiers.

Le sous-projet 3 examine quelles **données sont créées à l'intérieur un système de transport de plus en plus numérisé** et interconnecté, et quelles forces et faiblesses liées à la **disponibilité** de ces données - dans une approche multidimensionnelle qui comprend les modèles de données qui en forment la fondation, les processus de données, les propriétaires, les utilisateurs et la référence temporelle - et l'interaction entre eux. Dans ce contexte, se pose également la question des **moteurs et acteurs spécifiques de cette digitalisation**. Le sous-projet 3 tient compte des normes existantes et nouvelles, de l'évolution technique et des attentes formulées envers les nouvelles technologies. Sur la base des exigences sociales et techniques, **les sources de données, l'accès aux données et les processus intermédiaires de données** en sont identifiés. Les fonctionnalités et les effets possibles qui en résultent forment la base des **approches réglementaires**.

D'un point de vue conceptuel, les auteurs considèrent ainsi **comment la planification, l'exploitation et la surveillance intelligentes du trafic deviennent possibles à l'aide des applications ITS**. Cela implique des questions sur l'infrastructure ITC requise ainsi que des **aspects techniques, réglementaires et financiers** à prendre en compte. D'un point de vue juridique, les auteurs considèrent **à qui appartiennent les données, les modèles de données ainsi que les processus de traitement des données**. Les recommandations de mesures à prendre par les autorités découlent de ces informations.

En considérant les fondations, le sous-projet 3 donne un aperçu de l'état actuel et des défis dans les **domaines techniques** (capteurs, cartes numériques, normalisation, sécurité des données), dans le domaine des **logiques de contrôle des systèmes C-ITS**, et en déduit les **exigences qui en résultent pour les composants du système**. Le rôle et l'interaction des **logiques de conduite**, **les classifications sélectionnées** et **les exigences des services d'infrastructure et de navigation** sont examinés. Concernant les aspects réglementaires, le rôle des formes d'organisation de base telles que **les formes d'interaction entre acteurs privés et publics** en matière d'organisation, de gestion et de primauté du traitement des données est pris en compte. Dans le domaine juridique, **la protection des données, les droits de propriété intellectuelle, le principe de la divulgation publique et les droits de responsabilité** sont pris en compte. Enfin, sont identifiés les besoins des acteurs impliqués dans les systèmes de conduite automatisée: villes et unités territoriales, usagers de la route et utilisateurs du système, opérateurs d'infrastructures, prestataires de services, y compris des nouveaux modes de transport.

Au vu des exigences élevées que la Suisse impose en matière de qualité, d'efficacité et d'éthique, il devient clair qu'un **examen détaillé des composants fonctionnels de base et de leur disposition** est nécessaire - **capteurs, processus de communication, infrastructure physique** dans le cadre de l'environnement bâti, une **carte numérique**, ainsi que la **gestion en réel du trafic**. La considération comprend en particulier une discussion des **scénarios de transition** de trafic partiellement automatisé, ainsi que la gestion des participants non automatisés tels que les piétons et les cyclistes.

Dans le but d'une analyse suffisamment granulaire et flexible par rapport aux développements futurs possibles, les éléments de base d'un système ITC sont définis de manière modulaire et au sens d'un concept de données multidimensionnel – surtout au vu de leur **rôle dans les processus de données et de la pertinence temporelle**. Les exemples d'éléments discutés ont: contrôleur, capteur, moniteur, unité d'entrée, communication entre interfaces d'un réseau, éléments de sécurité, droits d'accès et de lecture, droits d'écriture, véhicules automatisés, gadgets à fonction spécifique. La **constellation et les interactions entre ces éléments** sont ensuite examinées en détail.

Il apparaît alors qu'une concentration sur **les sources de données, les processus de données et l'accès aux données** soit nécessaire pour une meilleure compréhension. En tant qu'exemple, la conduite automatisée selon les niveaux SAE 4 et 5 sert aux auteurs pour examiner **les niveaux d'exigence auxquels les situations quotidiennes peuvent être décomposées**, à la fois en ce qui concerne les formes d'utilisation individuelles et monomodales (scénario d'utilisation A d'après la définition du sous-projet 1) et les formes d'utilisation collectives et multimodales (scénario d'utilisation B d'après la définition du sous-projet 1). Dans une nouvelle classification basée sur ces considérations, **le sous-projet 3 évalue en détail les chemins de développement des données résultantes**, décomposées alors en considérations du type **«véhicule-à-X»**: données de base (V2B), données d'environnement (V2E), données d'infrastructure (V2I), données internes au véhicule (V2V), données d'autres modes (V2M), données logistiques (V2L), données utilisateur (V2C), données du fournisseur de services (V2S), données du centre de gestion du trafic (V2Z). En outre sont analysés d'autres aspects des données eux-mêmes ainsi que des **processus de données résultants, tels que l'infrastructure et la gestion des données**, y compris les modèles d'opérateurs, leur importance stratégique, le rôle des cartes centralisées, la répartition des tâches entre les autorités et les fournisseurs de services, le suivi des individus, de tiers utilisateurs, ainsi que des cycles de données, de la fiabilité et de la redondance. Les données résultantes et leurs effets sont ensuite évalués dans une analyse SWOT / GAP.

À partir de ces considérations détaillées réseautés, des recommandations d'action et de marge de manœuvre sont ensuite **dérivées pour chaque catégorie de données**. Il en résulte une vue d'ensemble des options d'action et des **besoins d'action, de nature technique, réglementaire et financière**. À titre de recommandation et de synthèse, il en découle que les autorités fédérales doivent en particulier comprendre le rôle technique et les exigences des composants d'un écosystème de conduite automatisée, ceci dans un détail suffisant pour en **assurer la sécurité, et au niveau des infrastructures fixes, et au niveau des véhicules**. Sur cette base, il devient alors possible d'harmoniser les mesures infrastructurelles, logicielles et réglementaires de manière à ce que les gains d'efficacité attendus de la conduite automatisée puissent être atteints, et que de nombreuses implications négatives du trafic routier actuel puissent être minimisées ou éliminées.

Les compétences nécessaires peuvent être renforcées et développées en sous-traitance à des instituts de recherche, par contre le développement de normes et de protocoles d'échange de données ne peut guère être influencé par la Suisse. Dans le sens de la directive du Conseil fédéral selon laquelle toute nouvelle offre de mobilité doive impérativement s'inscrire dans l'univers des transports existant, principalement basé sur les transports publics, **l'accent doit alors être mis sur la connexion entre les espaces de données, les infrastructures bâtis ainsi que les concepts intermodales** - ceci à un stade précoce afin d'assurer le niveau d'excellence de la Suisse. Le système de transport Suisse est ainsi reconnu non seulement pour sa durabilité, mais comme un facteur essentiel dans la compétitivité globale.

Résultats

Recommandations techniques

La **synchronisation du temps** est un des facteurs au cœur de la **fonctionnalité** des systèmes numériques. Les autorités doivent donc veiller à ce que les exigences techniques relatives à la synchronisation de l'heure avec l'heure de base soient

maintenues et étendues, que cela soit réalisé dans le cadre de marchés publics ou par action sur l'environnement du marché et les mécanismes du marché. Il en va de même pour garantir un haut **niveau de précision de positionnement** partout dans le système de trafic routier. Dans le cadre de la planification, de la mise en œuvre et de l'exploitation des infrastructures de transport, les mesures correspondantes doivent être prévues et les mesures technologiques nécessaires pour éviter les risques de perturbation doivent être identifiées et évaluées, si nécessaire également dans le cadre de la recherche.

Pour garantir **l'accès aux données**, il est essentiel que les autorités suisses participent aux comités C-ITS européens et internationaux ainsi qu'aux projets de recherche européens et internationaux correspondants, et qu'elles prennent en compte les intérêts de la Suisse.

Dans le domaine de la technologie des capteurs, des recherches sont nécessaires pour garantir une **qualité élevée des données**. En particulier, la gestion des conditions environnementales défavorables, des méthodes de classification suffisamment précises, l'atténuation des risques en cas de détection incorrecte ou de pannes, les redondances nécessaires et la conception d'éventuels niveaux de repli sont au centre des préoccupations.

La clarté dans le traitement de grandes quantités de données, la puissance de calcul, les capacités de stockage et les solutions "cloud", en tenant compte de la disponibilité et de la cybersécurité, sont des facteurs centraux dans les **exigences des systèmes ICT**. Les "clouds" et gadgets pour les systèmes TIC sont aujourd'hui marqués par quelques entreprises dominantes, ce qui est un défi majeur pour le secteur public. Les composants d'un système qui sont soumis à des exigences en temps réel doivent être identifiés pour le bénéfice de la **sécurité du système**. À cette fin, les autorités doivent définir des exigences claires pour toute collaboration avec les sciences et l'industrie.

L'assurance qualité nécessite la formulation d'exigences minimales pertinentes pour les sources de données. Dans la mesure du possible, la normalisation associée est conçue comme un processus continu impliquant tous les acteurs clés. Les sources de données dont la défaillance serait critique pour le système sont également désignées.

Compte tenu en particulier du trafic mixte, il n’est pas clairement établi si - et dans quelle mesure - des améliorations visant à **garantir la sécurité routière** sont réalistes, et quelles conditions préalables seraient nécessaires. Il apparaît judicieux d'évaluer les aspects pertinents en termes de mise en page détaillée au vu des différentes disponibilités de données.

Pour ce qui est de la **protection des données**, une exploration basée sur la recherche des potentiels des architectures de systèmes de données dichotomiques est recommandée afin que les autorités et les tiers puissent accéder indépendamment à des données alors mutuellement avantageuses.

La sécurisation des **connexions intermodales** est un aspect central d'une intermodalité efficace et les questions sur les potentiels et limites pertinents doivent être recherchées.

Une multitude de questions de recherche se posent à propos de **la gestion intégrale du trafic**: quelles fonctionnalités devraient être couvertes par le centre de gestion du trafic? Comment divers modèles et processus de données peuvent-ils être intégrés et coordonnés? Comment contrer les instabilités du système dues aux systèmes de navigation concurrents et aux applications d'optimisation de flotte? Quelles options d'optimisation découlent de l'interaction entre les utilisateurs et les prestataires de services et quel potentiel offrent-ils d'un point de vue global? Les réponses nécessitent des tests virtuels et, plus tard, de vrais tests.

Recommandations réglementaires

L'accès sans restriction à une indication du temps exacte et aux technologies de localisation est une condition préalable indispensable à la **fonctionnalité** et requiert des

basse contractuelles internationales. À cet égard, la Suisse doit contribuer aux instances européennes et internationales compétentes.

Pour **garantir l'accès aux donné**es, la participation active de la Suisse aux comités C-ITS européens et internationaux est essentielle, également d'un point de vue réglementaire. Les réglementations correspondantes, en particulier avec l'industrie automobile, mais aussi avec les entreprises de transport, sont au cœur de cet objectif.

Du point de vue actuel, les organes de contrôle dans les domaines de l'accès et du traitement des données ainsi que dans le domaine de l'intelligence artificielle, du "machine learning" et de l'homologation des véhicules sont essentiels pour **l'assurance qualité**. En raison de la dynamique des développements technologiques, cela nécessite des procédures de test et de certification périodique et dépendante des mises à niveau continus. Le développement d'une gouvernance pour le traitement des algorithmes est d'une importance capitale pour une **gestion efficace des processus de données**. Les exigences des processus de traitement des données doivent être spécifiées et les normes doivent être conçues pour être compatibles vers le haut.

Des recherches sont nécessaires dans le domaine des **règles de circulation numériques**. Du point de vue actuel, il n'est pas clair si et à quel point les règles de circulation devraient et peuvent s'infiltrer dans l'écosystème AF. Il est important de clarifier si les règles de circulation sont des cadres rigides ou si certaines peuvent, parfois et sous certaines conditions, être violées. Parfois, la spécification des règles va de pair avec le contrôle effectif du système.

Dans le contexte des **marchés publics**, il est d'une importance capitale que l'innovation et la nouveauté associée des approches ainsi que la nature en réseau des solutions de transport durable soient prises en compte. L'expertise disponible à l'intérieur d'une administration est souvent focalisée sur un seul domaine, mais pas un réseau de divers sujets pertinents.

Les **processus de planification** doivent de plus en plus prendre en compte ces aspects de l'écosystème de conduite automatisée. En les intégrant dans les instruments de planification, le besoin de ces infrastructures et donc les données qui en découlent peuvent également être sécurisés à moyen et long terme.

Afin de **coordonner le trafic de passagers et de fret,** les interfaces de données et les interfaces physiques peuvent être normalisées grâce à des incitations de l'État à faciliter l'établissement d'une logistique automatisée sur la même infrastructure que le transport de passagers.

En ce qui concerne la **protection des données**, le moins de données possible doit être traité (économie des données) et les données doivent être agrégées le plus rapidement possible afin qu'aucune référence personnelle ne puisse être faite (anonymisation des données). En outre, les systèmes de données qui identifient le conducteur ou le propriétaire d'un véhicule doivent être conçus séparément des données permettant la fonctionnalité de conduite "pure".

Pour réduire les risques juridiques dans le domaine de **l'accès aux données**, une base juridique doit être créée dans la mesure où le traitement des données est réellement nécessaire à la poursuite de l'intérêt public en question. Pour les traitements des données qui ne seraient pas absolument nécessaires à cet effet, il faut se référer au consentement de la personne concernée comme justification. Il n'y a aucune raison d'introduire une propriété des données dans la perspective de la conduite automatisée. Tout au plus, il peut être souhaitable d'introduire des droits d'accès aux données concernant certaines données spécifiques. La maintenance d'une base de données dans le domaine de la conduite automatisée par une autorité requiert toujours une base légale.

Recommandations financières

Dans le domaine des **modèles de financement coopératif**s, la définition de la mesure d'implication du secteur privé dans la technologie des capteurs, la construction et l'exploitation des réseaux doit être clarifiée au moyen de formes de coopération telles que les partenariats public-privé, et allant jusqu'aux initiatives de financement public, dans lesquelles les risques des projets d'infrastructures publiques sont partiellement ou totalement externalisés vers le secteur privé. En ce qui concerne le traitement des données, les communications mobiles peuvent servir de modèle.

En ce qui concerne les **modèles commerciaux basés sur les données**, des mesures techniques (cybersécurité) et réglementaires (droits d'accès aux données) doivent être développées pour sécuriser et augmenter la qualité et la valeur des données afin d'obtenir des modèles commerciaux durables.

Lors de l'établissement des **droits d'accès aux données**, les modèles commerciaux et tarifaires existants doivent être pris en compte.

En principe, les concepts de **promotion de l'innovation** devraient être élaborés par le gouvernement fédéral en interaction avec les cantons et les municipalités, dans lesquels une culture de l'expérimentation est établie et la promotion de la coopération entre les autorités, la science et le secteur privé est bien établie.

En ce qui concerne l'utilisation efficace de l'infrastructure, **l'interconnexion de la logistique et du transport de passagers** peut entraîner une baisse des coûts de transport grâce à des augmentations itératives d'efficacité.

Summary

Methodology and Approach

Sub-project 3 examines data as part of information and communication systems. Data is exchanged between stakeholders of the system, including vehicles, stationary infrastructure and other systemically relevant senders, receivers and intermediate processors or refiners. The resulting network-based information linkage allows for data and information based on it to be available across all stakeholders. With regard to automated driving, the question arises of how data and information are handled from a technical, regulatory and financial perspective.

Sub-project 3 thus examines which type of **data is created in an increasingly digitized and networked transport system**, and the strengths and weaknesses resulting from the availability of this data. The authors adopt a multi-dimensional understanding encompassing underlying and associated data models, data processes, owners, users and time references – and their influence on and interaction with data. In this context, the question of **specific drivers and stakeholders of digitalization** arises. Sub-project 3 considers existing and new standards, forecasts on technical evolution and expectations that are formulated regarding new technologies. Based on social and technical requirements, **data sources, data access and data processes between these** are identified. The resulting functionalities and possible effects form the basis for new regulatory approaches.

From a conceptual perspective, the authors thus consider how **intelligent planning, operation and monitoring of traffic become possible using ITS applications**. This raises questions about types of required ICT infrastructure as well as **technical, regulatory and financial aspects** to be considered. From a legal point of view, too, it is investigated **who owns the data, data models and data processes**. Recommendations for governance measures to be adopted by authorities are derived from the insights.

In considering the fundamentals, TP3 provides an overview of the current status and the challenges in **technical areas** (sensors, digital maps, standardization, data security), **control logics in C-ITS systems** and the resulting **requirements for system components**. The role of and interaction between **driving logic, selected classifications and requirements regarding infrastructure and navigation services** are examined. Regarding regulatory aspects, the role of basic organizational layouts such as the **interaction between private and public stakeholders** with regard to organization, management and the primacies of handling data are considered. For the legal side, **data protection, intellectual property rights, the principle of public disclosure and liability rights** are considered. Finally, **requirements of stakeholders and partners involved in automated driving systems** are discussed: cities and territorial units, road users and system users, infrastructure operators as well as operators of both traditional and new forms of transport.

Considering the elevated levels of expectation that Switzerland places on quality, efficiency and ethics, it becomes clear that **a detailed consideration of basic functional components and their layouts** is necessary - **sensors, communication processes, physical infrastructure** as part of the built environment, a **digital map**, as well as the **actual traffic control mechanism** forming the underlying logic. This consideration does in particular include **a discussion of transition scenarios** of partially automated traffic as well as options for handling non-automated parts of traffic, such as pedestrians and cyclists.

In the view of a sufficiently granular analysis that remains flexible with regard to possible future developments, the authors identify basic ICT elements that can be assembled as modules. Adopting a multidimensional view on data, these are **investigated with regard to their role in data processes and functionality relating to time**. Examples for such elements that are discussed further include controllers, sensors, monitors, input units,

communication between interfaces, security elements, access and reading rights, writing rights, automated vehicles and function-oriented gadgets. Configuration of and interactions between these elements are subsequently examined in more detail.

As a result, it appears that a focus on **sources of data, processing data, and access to data access** is required for further understanding. With regard to automated driving according to SAE levels 4 and 5, several examples highlight **requirement levels mirroring routine situations**, both with regard to individual and mono-modal usage types (corresponding to usage scenario A as defined by sub-project 1) as well as collective and multimodal usage types (corresponding to usage scenario B as defined by sub-project 1). In a newly developed classification scheme based on these considerations, **sub-project 3 comprises an analysis of detailed development paths of resulting data**, broken down into “vehicle-to-X” considerations: basic data (V2B), environmental data (V2E), infrastructure data (V2I), vehicle-internal data (V2V), data relating to other modes (V2M), logistics data (V2L), user data (V2C), service provider data (V2S), and data relating to a traffic management center (V2Z). Furthermore, **aspects of resulting data processes** are discussed such as infrastructure and data management including operator models, strategic importance, centralized maps, division of tasks between authorities and service providers, tracking of individuals, third-party users, data cycles, data reliability and redundancy. The resulting data and their effects are then assessed in a SWOT / GAP analysis.

From these detailed considerations, **options and recommendations for action** are then derived for each category of data. This results in an overall view of **options for action and needs for action**, with technical, regulatory and financial considerations for each of them. As a recommendation and synthesis, the authors conclude that federal authorities in particular need to thoroughly understand the technical roles and requirements for each of components of an ecosystem of automated driving. This is the base for insights at the required level of detail, especially with regard to the **safety of both local infrastructure and vehicles themselves**. Based on these understandings, harmonizing infrastructural, software-related and regulatory measures become possible for the expected efficiency gains through automated driving to be achieved and numerous negative implications of today's road traffic to be minimized or eliminated.

Knowledge required for the process can be built up and further developed through outsourcing to research institutions. However, development of standards and protocols for data exchange can hardly be influenced by Switzerland. In the sense of the Federal Council’s directive that all new mobility offers have to be integrated into the existing national landscape of mobility with public transportation as a backbone, the focus should from an early stage on be the **connection between data realms, built infrastructure and intermodal concepts** in order to ensure to further develop the excellence of the Swiss Transport system that is seen as a core element for Switzerland’s global competitive ability.

Results

Technical recommendations

Synchronicity of time is key to the **functionality** of digital systems. Authorities should ensure that technical requirements for synchronization with base time are maintained and expanded, independently of whether this be achieved in the context of public procurement or by influencing the market environment and mechanisms. The same applies to ensuring a high level of **positioning accuracy** at any point in the wider traffic system. In view of this, appropriate measures must be provided as a part of planning, implementing and operating transportation infrastructure. Technological measures required to avert risks of disruption must be identified and evaluated, where necessary also through further research.

In order to secure **access to data**, it appears as essential that Swiss authorities participate in European and international C-ITS committees as well as in corresponding European and international research projects, reflecting Switzerland's national interests.

In the field of sensor technologies, a need emerged for research on the topic of **securing high quality of data**. In particular, the authors recommend the focus to be on the handling of unfavorable environmental conditions, sufficiently precise classification methods, risk mitigation in view of faulty detection or system failures, and designing necessary redundancies and fallback levels.

Clarity in handling large amounts of data, computing power, storage capacities and cloud solutions, taking into account availability and cybersecurity, are key factors with regard to **ICT system requirements**. Also, core ICT elements such as cloud storage and gadgets for ICT systems are mostly controlled by a handful of dominant corporations: this can be a major challenge for the public sector. Those system components that are subject to real-time requirements must be identified for the benefit of **overall system security**. To this purpose, authorities should define a set of explicit requirements together with partners from science and the transport industry.

Quality assurance calls for defining relevant minimum requirements for data sources. As far as possible, any associated standardization is to be designed as a continuous process involving all key players. Those data sources whose failure would be critical are also to be identified.

In view of mixed traffic situations, it is ultimately not clear whether and to what extent improvements **securing traffic safety** can realistically be set up, and what requirements would be. Also, it seems appropriate to assess the relevant aspects in terms of a detailed layout in view of the various availabilities of data.

Having a closer look at **data protection**, a research-based exploration of the potentials of dichotomous data system architectures is recommended so that authorities and third parties can independently gain access to mutually beneficial data.

Securing **intermodal connections** is a core aspect of efficient inter-modality, thus questions about relevant opportunities and challenges should be explored.

Furthermore, a significant number of research questions arise with regard to an **overarching, integral traffic management**: Which functionalities should be covered by a traffic management center? How can various data models and processes be integrated and coordinated? How can instabilities in the overall system, rooted in competing navigation systems and fleet optimization applications, be countered? What options for optimization arise from interactions between users and service providers, and what potential do they offer from an overall perspective? Answers to these questions first require virtual testing and, later, real-world test implementations.

Regulatory recommendations

Unrestricted access to both the exact time and localization technology is an essential **prerequisite for functionality** and needs to be based on corresponding international treaties. In this regard, the authors recommend that Switzerland actively contribute to the relevant European and international bodies.

From a regulatory point of view, an active participation by Switzerland in European and international C-ITS bodies seems essential for **securing data access**. Corresponding regulations particularly those regarding the motor vehicle industry, but also those affecting transport operators are key.

From the point of view at the time of editing, supervisory bodies appear to be indispensable for reasons of **quality control** of the access to and handling of data, as well as in the areas of artificial intelligence, machine learning, and associated vehicle approval processes. Due to the dynamics of technological developments, this requires periodic testing and certification procedures depending on ongoing upgrades. Further development of governance structures focused on the handling algorithms is of key importance for efficient **management of data processes**. Demands and requirements of

data processing are to be specified and standards are to be designed to be upwards compatible.

Also, there is a need for research in the area of **digital traffic regulations**: from today's perspective, it remains unclear whether and how traffic regulations should, and could, be transposed into the ecosystem of autonomous driving. Thus, it seems important to clarify whether traffic regulations are to be “hard” frameworks, or whether they can under certain conditions be “flexible”, thus be trespassed under a given set of conditions. Sometimes, a specification of regulations goes hand in hand with the actual control of the system.

With regard to **public procurement processes**, it appears crucial that innovation and associated novelties of approaches as well as the networked structure of integrated, sustainable transport solutions be taken into account. Regarding expertise, a public office often has specific knowledge in a single area, but not encompassing a broad range of relevant topics.

Thus, **planning processes** increasingly have to take into account various aspects of the ecosystem of autonomous driving: including these in a set of planning instruments secure the medium and long-term requirements for related infrastructure and the resulting streams of data.

In order to **harmonize passenger and freight traffic**, data interfaces and physical interfaces should be standardized to the same infrastructure as passenger transport, allowing for an inclusion of automated logistics through publicly set incentives.

As far as **data protection** is concerned, as little data as possible should be processed (economical use of data), and data has to be aggregated as quickly as possible so that no conclusions assignable to a single user’s behavior can be drawn (data anonymization). In addition, data systems that identify the driver or owner of a vehicle must be designed separately from the data required for the driving functionality itself.

In order to reduce the legal risks in the area of **access to data**, an encompassing legal base must be created, since data processing is actually necessary for the pursuit of associated public interests. For data processing that is not absolutely necessary for this, reference must be made to the consent of the data subject for justification. There is no reason to introduce data ownership with regard to autonomous driving. At most, it might be advisable to introduce data access rights with regard to specific sets of data. The maintenance of a database in the field of autonomous driving by an authority will always require a dedicated legal base.

Financial recommendations

With regard to **cooperative financing models**, the situational definition of the framework for private sector involvement in sensor technology, network construction and operations must be defined by means of cooperation agreements such as public-private partnerships or public finance initiatives, in which risks resulting from public infrastructure projects are partially or fully outsourced to the private sector. With regard to data handling, learnings from mobile communication technologies can serve as a blueprint.

Considering **data-based business models**, technical measures (cybersecurity) and regulatory measures (data access rights) should be developed in order to secure and increase the quality and value of data as required for sustainable business models.

When establishing **data access rights**, existing business and pricing models must be taken into account.

Generally speaking, **approaches to the promotion of innovation** should be developed by the Swiss federal government in interaction with cantons and municipalities, in which a culture of testing is well established and the promotion of cooperation between authorities, science and the private sector has been proven to work.

With regard to an efficient use of the infrastructure, **interlinking logistics and passenger transport** can lead to lower overall transportation costs through iterative surges of system efficiencies.

1 Forschungspaket Auswirkungen des automatisierten Fahrens

1.1 Ausgangslage

Das Initialprojekt „Automatisiertes Fahren: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs“ (ASTRA 2015/004) hat die im Bericht des Bundesrates „Automatisiertes Fahren - Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen“ vom Dezember 2016 gestellten Fragen aufgenommen, sie vertieft und den daraus folgenden Forschungsbedarf benannt. Diese aus schweizerischer Sicht wesentlichen Wissenslücken sollen z. T. mit dem vom ASTRA geführten Forschungspaket „Auswirkungen des automatisierten Fahrens“ geschlossen werden.

1.2 Ziel und Struktur

Paketziel ist es, Aspekte des automatisierten Fahrens zu klären, die kurz- und mittelfristig wesentlichen Einfluss auf die Anforderungen an Strassen und strassenseitige Infrastruktur haben können. Verschiedene Aspekte wie z. B. die verkehrlichen Auswirkungen, den Umgang mit Daten, die Organisation des Mischverkehrs, den Einfluss neuer Mobilitätsangebote oder die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Raumstruktur werden dazu geklärt. Für Politik, Behörden und relevante Stakeholder werden so Grundlagen geschaffen, um sich auf die absehbare Entwicklung in der Schweiz vorzubereiten und diese bei Bedarf auch proaktiv beeinflussen zu können.

Das Forschungspaket ist so strukturiert, dass durch das Zusammenspiel verschiedener miteinander in Beziehung stehender Forschungsarbeiten ein zusätzlicher Mehrwert generiert wird (vgl. *Abb.1*). In der Synthese der einzelnen Forschungsvorhaben ergibt sich, bezogen auf die Schweiz, eine differenzierte Betrachtung von Chancen und Risiken automatisierter Fahrzeuge für die Gesellschaft und spezielle Gruppen, sowie Handlungsoptionen für die Politik und Behörden.

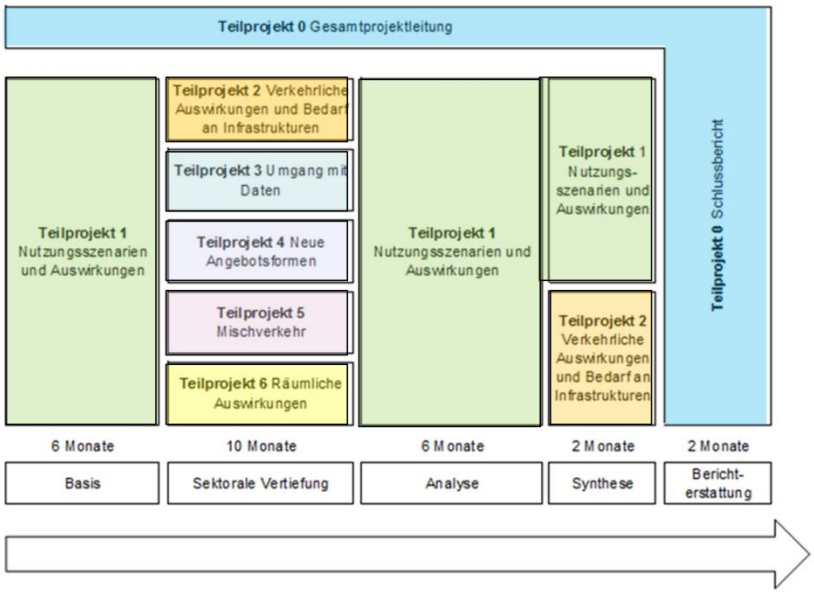


***Abb.1** Struktur des Forschungsprojekts.*

1.3 Grundsätzliches Vorgehen der Teilprojekte

Alle Teilprojekte legen die in einem gemeinsamen Workshop konkretisierten Nutzungsszenarien ihren Vertiefungsarbeiten zugrunde. Sie führen eine Analyse der Wirkungen des automatisierten Fahrens gemäss Szenarien auf ihren Themenbereich

bzw. dessen Umfeld durch, bewerten die Auswirkungen und beurteilen die Szenarien aus ihrer Themensicht. Für die Überarbeitung der Szenarien schlagen sie entsprechende Anpassungen (weitere Differenzierungen und Verfeinerungen) vor und geben aufgrund ihrer Erkenntnisse Empfehlungen für die Stakeholder ab.

2 Problembeschreibung

Die Digitalisierung des Verkehrs ist bereits Realität und schreitet weiter voran (Ullrich 2019). Dabei führen stets höhere Rechnerleistungen zu intelligenteren und effizienteren Methoden und Algorithmen für die Planung, den Betrieb und das Monitoring des Verkehrs. Diese bauen in ihrem Kern auf in vielerlei Hinsicht neuartige Daten und damit verbundene Datenmodelle und -prozesse. Dabei sind dies nicht einfach nur Daten per se, sondern etwa Daten mit Geolokalisierung, Daten in Echtzeit oder als Statistik, aggregierte Daten unter Einbezug mobilitätsbezogener und mobilitätsfremder Daten, oder Daten mit Wirksamkeit in der Vernetzung bis hin zum Internet of Things (IoT). Die Durchdringung des Verkehrs mit Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) führt zu einer weitreichenden Vernetzung des Verkehrs und zum Entstehen intelligenter Verkehrssysteme und -services (ITS), was allen am Verkehr beteiligten Akteuren den Weg zu neuen Chancen ebnet. Herausragende Bedeutung hat hierbei das automatisierte und vernetzte Fahren (Faisal et al. 2019).

Kern der ICT sind Informationen, die in Form von Daten zwischen Orten und Akteuren kommuniziert und ausgetauscht werden. Die dadurch entstehende netzbasierte Informationsverknüpfung erlaubt eine akteurübergreifende Verfügbarkeit von Daten und darauf basierender Informationen. Nebst den dadurch nutzbaren Potentialen wie gerade dem automatisierten Fahren birgt dies auch Risiken bezüglich des Datenschutzes und der Cyberkriminalität. So gibt es etwa Service-Anbieter, die gezielt Daten der Nutzer sammeln und so mitunter Nutzerprofile analysieren oder Nutzer tracken. Zudem werden, in Aggregation mit systemextern erhobenen, auch mobilitätsfremden Daten, feingranulare Verhaltensaussagen zu einzelnen Individuen möglich. Unabhängig von der jeweiligen firmenstrategischen Absicht entsteht angesichts der Service-Anbieter ein neues Akteurgefüge, das im Hinblick auf den Umgang mit Daten und den damit verbundenen Aspekten möglicherweise schwerwiegende Implikationen haben kann (Hoadley 2018), die über eine reine Erbringung von Mobilitätsdienstleistungen weit hinausreichen.

Während es früher zur Hauptsache die Behörden waren, die den Verkehrsteilnehmenden zum Beispiel mittels Wegweisung jene Information zur Verfügung stellten, die für eine effektive Routenwahl in Verkehrssystemen erforderlich war, gibt es heute etliche Navigationsdienste, die den Verkehrsteilnehmenden echtzeitdatengestützte Informationen für deren Routenwahl bereitstellen. Dabei kann es auftreten, dass die so durch die Navigationsdienste propagierten Routen von den seitens der Behörden als Betreiber der Verkehrssysteme vorgesehenen Routen abweichen. Agieren die Verkehrsteilnehmenden gemäss den Navigationsdiensten und deren Daten und Informationen, verliert die Behörde an Einfluss in der Lenkung des Verkehrssystems. Dieser Trend dürfte sich künftig noch verstärken, gibt es doch noch weitere Daten- und Informationsbereiche, innerhalb derer sich analoge oder zumindest ähnliche Effekte abzeichnen dürften. Wird etwa die heutzutage im Besitz und Eigentum der Behörde befindliche Sensorik im Zuge kooperativer ITS (C-ITS) mit dabei möglicher Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (V2I) substituierbar durch die von den Fahrzeugen (und ihren Herstellern) bereitgestellten Daten und Informationen, so geht der Behörde die alleinige Hoheit an der für die Verkehrssteuerung mittels Lichtsignalanlagen erforderlichen Information zum Verkehrsgeschehen verloren. Dieser Verlust an Hoheit geht auch einher mit einem Verlust der unmittelbaren Kontrolle für die Güte solcher Daten und Informationen. Denn werden diese etwa durch einen in Konkurrenz zu anderen Anbietern stehenden Service-Anbieter bereitgestellt, so wird dieser Anbieter die Daten und die diesen Daten zugrunde gelegten Datenmodelle kaum gänzlich offenlegen (Krompier 2017). Dies kann nicht nur den Umgang mit den Daten und Informationen per se erschweren, sondern darüber hinaus auch die Sicherstellung von Transparenzansprüchen angesichts des Öffentlichkeitsprinzips wie auch die Beurteilung von Qualitätsaspekten anlässlich von Submissionen und damit verbundenen Zuschlagentscheiden. Und führt die den Verkehrsteilnehmenden in unterschiedlicher Güte zu unterschiedlichen Zeiten auf der Basis unterschiedlicher Datenmodelle und Algorithmen zur Verfügung gestellte Routenpropagation zu entsprechenden Entscheiden seitens der Verkehrsteilnehmenden, so sind Instabilitäten im Verkehrssystem die zu erwartende Folge.

Angesichts dieser Überlegungen wird es offensichtlich, dass im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung die generelle Frage nach dem Umgang mit Daten und Informationen einer Klärung bedarf, und dies sowohl technischer als auch regulatorischer und finanzieller Natur.

Diese Frage geht einher mit folgenden spezifischen Fragen:

- Welche Daten entstehen im Zuge eines vermehrt digitalisierten und automatisierten Verkehrssystems?
- Welche Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) erwachsen daraus?
- Wohin geht die Reise des zunehmend digitalisierten Verkehrs und wer lenkt diese Reise?
- Wie ist intelligentes – durchaus zweideutig verstanden – Planen, Betreiben und Monitoring des Verkehrs mittels ITS möglich?
- Wie ist mit Daten umzugehen, und dies seitens aller involvierten Akteure?
- Welche ICT-Infrastruktur wird hierfür benötigt?
- Welche technischen, regulatorischen und finanziellen Aspekte sind zu beachten?
- Wem gehören die Daten, Datenmodelle, Datenprozesse etc.?
- Welche Massnahmen seitens der Behörden sind erforderlich?

Ziel soll das Aufzeigen möglicher Wege zur intelligenten Gestaltung von ITS in jeglicher Hinsicht sein. Dies geht einher mit einem Bewusstsein für Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) von ITS und die dementsprechend erforderlichen Massnahmen im Lichte der Nachhaltigkeit und anzustrebenden Innovation. Die identifizierten Handlungsebenen werden jeweils aus der Warte des Schweizerischen Kontexts definiert und beschrieben.

Zur Beantwortung der obenstehenden Fragen und zur Identifikation der erforderlichen Massnahmen im Lichte der genannten Ziele hat das ASTRA das Teilprojekt 3: Umgang mit Daten als eines von 7 Teilprojekten des Forschungspakets lanciert (vgl. *Abb.1*).

3 Stand der Forschung

Das automatisierte Fahren stellt auf technischen, rechtlichen, ökonomischen, gesellschaftlichen, und damit auf regulatorischen Ebenen vielschichtige und komplexe Herausforderungen (Fraedrich und Lenz 2016). Dementsprechend vielfältig sind die – insbesondere auf der technologischen Ebene mit hohem Mitteleinsatz verfolgten und häufig kompetitiven - Forschungsansätze. Riederer (2015) hat bereits 2015 festgehalten: Angesichts der Begeisterung für das automatisierte Fahren im Umfeld der Promotoren intelligenter Transportsysteme (Intelligent Transportation Systems, ITS) wird das Verkehrsmanagement nicht mit der ihm zukommenden Bedeutung behandelt. Dies überrascht angesichts der Tatsache, dass der Nutzen von automatisiertem Fahren nur in Kombination mit einer intelligenten Verkehrssteuerung und -lenkung vollumfänglich zum Tragen kommt, ist doch die Kapazität an Knoten vielerorts das leistungsbestimmende Element des strassengebundenen Verkehrssystems. Dennoch gibt es nebst der zur Hauptsache von der Automobilindustrie getriebenen Forschung und Entwicklung im Bereich der automatisierten Fahrzeugtechnologie einige Forschungsinitiativen, die auch den betrieblichen Fragestellungen Rechnung tragen:

Der Abschlussbericht der C-ITS-Phase II (Europäische Kommission 2017) führt auf, welche Services für Systeme des vernetzten und automatisiertes Fahrens von Beginn weg unabdingbar sind: Dazu gehören u. a. Geschwindigkeits-Empfehlungen zur Nutzung einer grünen Welle, Hinweise auf Verkehrshindernisse oder Rettungsfahrzeuge oder auf gefährliche Wetterverhältnisse. Auch arbeitet der Bericht heraus, dass der Datenschutz bei C-ITS ein kritisches, mit zahlreichen Zielkonflikten behaftetes und damit im gesellschaftlichen Diskurs umstrittenes Thema ist. Der Bericht folgert, dass es bezüglich der Nutzung der erhobenen Daten bei Fahrzeugherstellern und unabhängigen Service-Anbietern sehr unterschiedliche Ansätze und Sichtweisen gibt. Es ist aktuell ungeklärt, wer wann wie auf welche Daten zugreifen darf: Dementsprechend besteht dringender Bedarf nach einer weiterführenden, konsequenten Identifikation und Klassifikation von Daten in Datenprozessen, wobei die aufsetzende Analyse die Basis für Regulierungsempfehlungen bilden kann (siehe Kapitel 7).

Das Projekt MAVEN (MAVEN Consortium 2018) bezweckt die Förderung intelligenter städtischer Strassenverkehrssysteme im Hinblick auf hochautomatisierte Fahrzeuge. Dabei werden C-ITS und Verkehrssteuerung kombiniert, Technologien für Platooning (elektronische Nahkopplung sich bewegender Fahrzeuge zu einem temporären Verbund) und Routing erprobt, dies sowohl in virtuellen Verkehrsflusssimulationen wie im Feldtest mit Fahrzeugprototypen. Das Ziel ist hier u.a. die Erstellung einer Auslegeordnung für die Entwicklung und Implementation künftiger Verkehrsmanagementsysteme.

Die Initiative TMaaS (TMaaS Consortium 2018) möchte, in Analogie zum «Mobility-as-a-Service»-(Maas)-Ansatz, eine Online-Verkehrsmanagement-Zentrale realisieren. Auf einer cloudbasierten Plattform für Städte weltweit sollen Verkehrsteilnehmende Informationen zur aktuellen Verkehrslage abfragen und austauschen können. Hierbei werden Daten verschiedenster Quellen gesammelt und fusioniert, woraus vertiefte und robuste Einblicke ins Verkehrssystem resultieren. Über einen Datenausgabe-Kanal stehen diese Daten weiteren Entwicklern und Endnutzern zur Verfügung. Letztere können ein personalisiertes Dashboard entsprechend ihrer Präferenzen erstellen. In Kapitel 7.2. wird diskutiert, was sich aus diesen Einsichten und weiteren Überlegungen konvergierend für die Anforderungen an eine Verkehrsdatenplattform in der Schweiz herleiten lässt, deren Rolle in einem europäischen Verbund sowie an Bewirtschaftungs- und Zugriffsrechte im Spannungsfeld zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor.

Im EU-Projekt CoEXist (CoEXist Consortium 2018) steht die Übergangsphase vom konventionellen zum automatisierten Fahren im Mittelpunkt der Betrachtungen. Diesbezüglich werden in diesem Projekt Werkzeuge zur Verkehrsmodellierung und -simulation sowie Bewertungsverfahren weiterentwickelt und Empfehlungen für die Gestaltung von Verkehrsinfrastruktur erarbeitet, um mit dem automatisierten Fahren

verbundene Potenziale fassen und steigern zu können. CoEXist zielt darauf ab, besser mit den Herausforderungen für die Verkehrs- und Infrastrukturplanung, die sich aus der Einführung automatisierter Fahrzeuge und ihrer Interaktion mit konventionellen Fahrzeugen ergeben, umgehen und damit verbundene Potenziale erschliessen zu können. Dabei steht insbesondere die Übergangszeit bis zur vollständigen Durchdringung der Fahrzeugflotten mit vollautomatisierten Fahrzeugen im Mittelpunkt des Projektes.

4 Vorgehen, Methodik, Lösungsansatz

Die Beantwortung der Fragestellungen soll durch hypothetische Antizipation der Zukunft in Szenarios und deren Analyse geschehen. Diese erfolgt in der Interaktion der einzelnen Teilprojekte. Während TP1 die Szenarios skizziert, werden in den Teilprojekten 2 bis 6 deren Auswirkungen auf die relevanten Aspekte analysiert. Die Szenarios aus TP1 geben dabei in Abstimmung mit den anderen TP jene Annahmen vor, die aus Gründen der Konsistenz über alle TP gleich bleiben müssen. Auf der Basis dieser Annahmen werden die spezifischen Fragestellungen in den einzelnen TP geprüft.

In TP3 geht es somit nicht darum, ob und wieviel automatisiertes Fahren es geben wird, sondern wie sich die Marktexponenten angesichts des automatisierten Fahrens zu positionieren versuchen, wer wo seine Rolle in welcher Verantwortung übernimmt oder auch nicht übernehmen kann, und welcher Handlungsbedarf für Behörden daraus ableitbar ist. Sollten dabei trotz erfolgter Abstimmung zum Projektende Aspekte sichtbar werden, die in die Szenarios einfliessen müssen, so werden diese von TP1 in der anschliessenden Analysephase des gesamten Forschungspakets berücksichtigt.

Für die Bearbeitung von TP3 erfolgte das Vorgehen gemäss *Abb.2*. Die Bearbeitung der Arbeitspakete erfolgt dabei stets mit Blick auf die relevanten technischen, regulatorischen und finanziellen Aspekte des automatisierten Fahrens und der damit einhergehenden Daten.

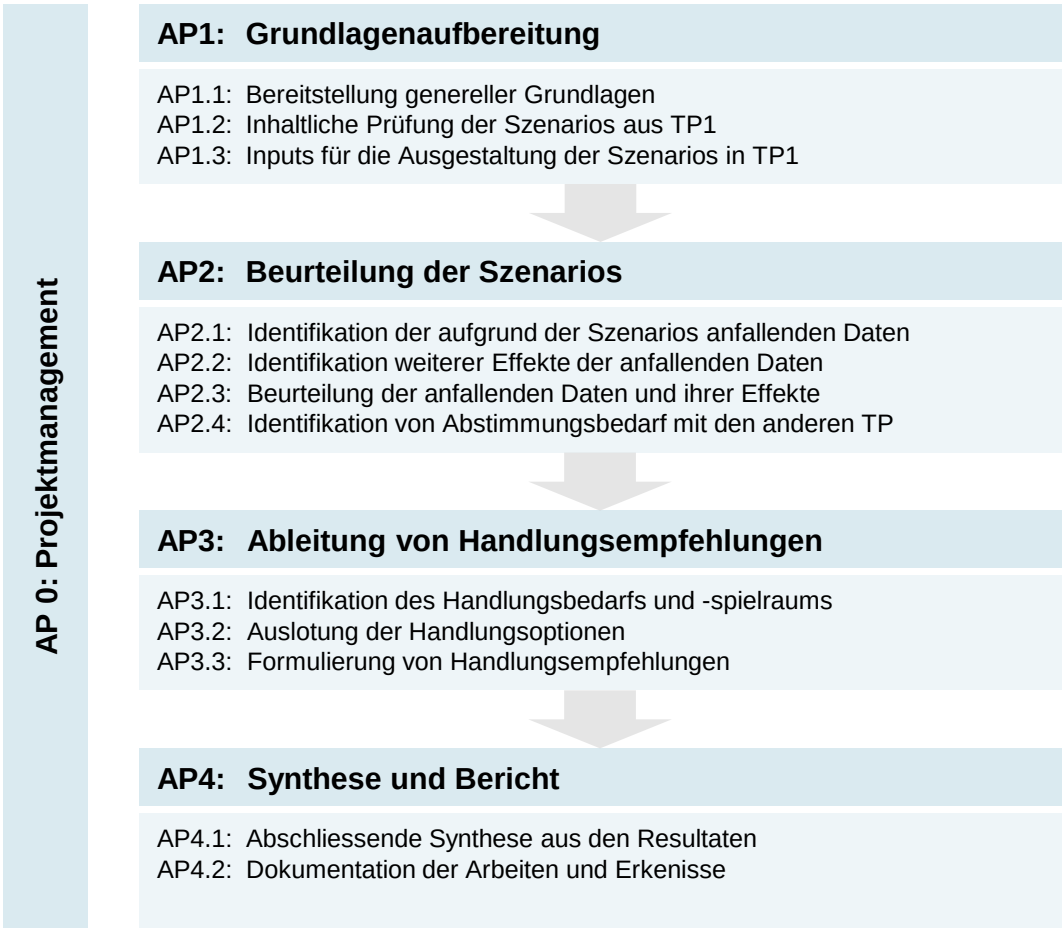


***Abb.2** Übersicht Projektablauf*

Ziel des vorliegenden Berichts ist ein Verständnis der Rolle von Daten im Ökosystem des automatisierten Fahrens, das eine Grundlage für Handlungs- und Regulierungsempfehlungen im spezifischen schweizerischen Kontext bilden kann. Zu

den wesentlichen Herausforderungen gehören dabei bestehende Unschärfen in mehreren Bereichen: In der Evolution von Standards wie Kommunikationsprotokollen, in der technischen Entwicklung z. B. von Sensorik sowie bezüglich zahlreicher Randbedingungen wie Sicherheitsanforderungen, die auch durch systemexterne gesellschaftliche Wahrnehmungsprozesse geprägt werden.

In einigen Feldern müssen zwar implizite oder explizite Annahmen getroffen werden, die auf – aus heutiger Sicht mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwartenden – Entwicklungen fussen. Allgemein sollen die abgeleiteten Aussagen aber so weit als möglich von technischen Detailspezifika unabhängig sein. Die Autoren haben daher den Ansatz gewählt, die funktionalen Bestandteile des Umgangs mit Daten einzeln zu betrachten, um deren Rolle, Beitrag und mögliche Exposition einzugrenzen. Darauf aufbauend können Prozesse der Datengenerierung, des Datenflusses und -austauschs weitgehend unabhängig von einzelnen Standards und Protokollen identifiziert, analysiert und eingeordnet werden.

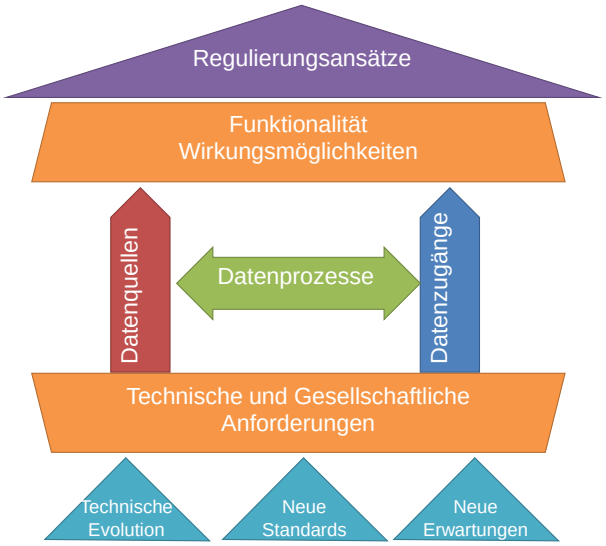


Abb.3 *Übersicht der Themenblöcke in TP3*

Dieser Rückgriff auf eine technische Analyse als Grundlage wurde im Hinblick auf die Zielsetzung des Berichtes bewusst gewählt, weil zu identifizieren ist, an welchen Stellen der Umgang mit Daten über – rein technische und keine detaillierte Sichtbarkeit "von aussen" aufweisende – Vorgänge hinaus funktional systemprägend ist. Die abgeleiteten Aussagen des Berichtes können damit von einer höheren Warte aus formuliert und soweit als möglich unabhängig von Details der technischen Entwicklung und ihrer Implikationen getroffen werden.

5 Grundlagenaufbereitung

Im Hinblick auf die Skizzierung und Beurteilung der Entwicklungspfade zum automatisierten Fahren und dem damit einhergehenden Umgang mit Daten ist es von zentraler Bedeutung, den heutigen Stand der Kenntnisse zum automatisierten Fahren und die sich abzeichnenden Entwicklungen und Trends zu identifizieren, jeweils mit einem Fokus auf den Umgang mit Daten. Die dazu im Folgenden erstellte Auslegeordnung legt den Fokus zunächst auf den Stand der Technik und der Wissenschaft, da diese Bereiche wesentliche Treiber für die Entwicklung darstellen. Regulatorische Aspekte sind dahingehend von Relevanz, als sich gerade bei technologischen Entwicklungen mit grosser Tragweite die Frage nach den Regeln des Umgangs mit der Technologie und deren Auswirkungen stellt. Finanzielle Aspekte sind grundsätzlich immer von Relevanz, stehen hier aber insbesondere bezüglich der Frage nach dem Datenzugang oder aber als Instrument zur Schaffung von gezielten Anreizen im Fokus. Anhand der identifizierten Bedürfnisse der involvierten Akteure lassen schliesslich die sich abzeichnenden Entwicklungen beurteilen und schliesslich Handlungsempfehlungen ableiten. Die Aufarbeitung dieser Grundlagen erfolgte gestützt auf die Expertise der Konsortialpartner, das Expertennetzwerk der Konsortialpartner wie auch auf situative Literatur- und Internetrecherchen.

5.1 Übersicht über den Stand der Technik und der Wissenschaft

Die Frage nach dem Umgang mit Daten im Bezug zum automatisierten Fahren impliziert die Frage nach der den Daten im Speziellen und dem automatisierten Fahren im Allgemeinen zugrunde liegenden Technik und den damit einhergehenden Funktionalitäten. Von besonderer Relevanz erscheinen dabei die folgenden Aspekte:

- Fahrtechnik
- Steuer- und Lenkungstechnik (Fahrzeug, Verkehrsmanagement)
- Infrastrukturtechnik (z. B. Sensorik, LSA inkl. Logik- und Sicherheitstechnik, virtuelle Markierungen)
- Hardware- und Software-Technik inkl. maschinelles Lernen (ML) und künstlicher Intelligenz (KI)
- Kommunikationstechnik
- Geolokalisierungstechnik
- Storage inkl. Cloud-Systeme
- Sicherheit (Firewall, Cyberkriminalität, Systemausfall, etc.)
- Mobilitäts- und Angebotskonzepte (insb. auf Basis automatisierten Fahrens)
- Bedeutung des automatisierten Fahrens aus verkehrs- und raumplanerischer Sicht (u. a. Sicherstellung der erforderlichen Infrastruktur auch im suburbanen, exurbanen und ländlichen Raum, Verkehrsverhalten, Kapazitäten)

Im Folgenden werden die Grundlagen zum Stand von Technik und Wissenschaft entlang dieser Punkte thematisiert und vor dem Hintergrund der Kernfragen aus Kapitel 2 eingeordnet.

5.1.1 Technologische Aspekte des automatisierten Fahrens

Das automatisierte Fahren stellt besonders hohe Anforderungen an die technischen Eigenschaften eines fahrenden Systems. Zur Erfassung der Umwelt wird eine hinreichend grosse Anzahl geeigneter Sensoren benötigt; die Sensordaten speisen dann robuste Verfahren zur Vollbringung der automatisierten Fahrfunktionen. Da eine Vielzahl

an Umfeldinformationen zusammengeführt und verarbeitet werden muss, sind für die Anwendung dieser Verfahren eine oder mehrere hinreichend leistungsfähige Recheneinheiten erforderlich.

Sensorik

Während Forschungsfahrzeuge zumeist mit hochgenauer, aber sehr kostspieliger Sensorik (nachträglich) ausgestattet werden, ist davon auszugehen, dass für künftige Serienfahrzeuge mit automatisierten Fahrfunktionen günstigere Sensoren zur Anwendung kommen. Eine Schlüsselposition unter den Sensoren nimmt eine **Videokamera** ein, mit der ein wesentlicher Teil des Umfelds erfasst werden kann. So ist es beispielsweise möglich, unter Anwendung entsprechender Algorithmen Fussgänger oder Fahrradfahrer zu erkennen und Rückschlüsse über deren Verhalten abzuleiten. Darüberhinausgehend können aus dem Bild einer Kamera grundsätzlich vielfältige Informationen zur Durchführung der Fahraufgabe gewonnen werden. Eine hohe Bedeutung hat der **Radar-Sensor** (Radio Detection and Ranging), der mit intelligenten Verfahren ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zur Objekterkennung und zur Bemessung von Abständen beiträgt. Nicht zuletzt könnte der Radar-Sensor, ebenso wie die Kamera, ebenfalls einen kritischen Beitrag zur Lokalisierung des Fahrzeugs leisten. Ein weiterer, zentraler Baustein ist der **Lidar-Sensor** (Light Detection and Ranging), der die Umgebung mit Laserstrahlen in einer sehr hohen Genauigkeit abtastet. Aktuell wird Lidar in bestimmten Ausstattungsversionen in Fahrzeugen der oberen Mittel- und Oberklasse verbaut. Die serienmässige Ausstattung von Fahrzeugen unterhalb der oberen Mittelklasse wird in einem grossen Masse von der Preisentwicklung des Lidar-Sensors abhängen, die aber durch die stark erhöhte Nachfrage im Zuge der Einführung des Automatisierten Fahrens positiv beeinflusst werden wird. Es kommen ausserdem weitere, klassische, Sensoren zur Anwendung wie GNSS-Sensoren und odometrische Sensoren.

Digitale Karten

Ein weiterer Baustein in dem Gesamtsystem der selbstfahrenden Fahrzeuge ist die digitale Karte. Weltweit existieren bereits für die meisten Bereiche Navigationskarten in aktuell üblicher Auflösung (Standard Definition). Zur Erfüllung der hochautomatisierten Fahraufgabe wird jedoch eine hochgenaue Karte (HD-Karte, High Definition) benötigt, da es selbst mit hochgenauen Sensoren nach aktuellem Stand der Technik nicht möglich ist, die Gesamtheit aller hochdynamischen Szenarien, die sich dem selbstfahrenden System immer wieder bieten, vollständig zu erfassen. Dies hat einerseits natürliche Gründe, die auf die Eigenschaften und die Leistungsfähigkeit der heutigen Sensoren zurückzuführen ist; es spielen jedoch auch Umfeld- und Umweltbedingungen eine Rolle wie Verdeckungen durch andere Fahrzeuge oder schlechte Wetterbedingungen.

Ferner ist eine Karte auch zur hochpräzisen Lokalisierung des Fahrzeugs notwendig. Da die Karte im Allgemeinen selbst dynamisch ist, ist ihr möglicher Einsatz als „Ground Truth“, im Sinne einer Verifikation der empirischen Beobachtungen durch die Sensorik, jedoch begrenzt. Die digitale Karte muss einem ständigen Aktualisierungsprozess unterzogen werden, der aus der Summe der Sensordaten von Fahrzeugen „im Feld“ gespeist und getrieben wird. In diesem Sinne muss die digitale Karte nicht als absolute Referenz, sondern als zusätzlicher Sensor verstanden werden, dessen Daten zusammen mit denen anderer Sensoren in einen intelligenten **Fusionsalgorithmus** Eingang finden.

Zukünftige Entwicklungen hinsichtlich der digitalen Karte müssen abgewartet werden, da ihre Rolle beim automatisierten Fahren noch nicht gefestigt ist. Ein wichtiges Argument in dieser Hinsicht ist, dass ein hochautomatisiert fahrendes Fahrzeug im Notfall (Karte steht nicht zur Verfügung oder ist wegen Veraltung nicht brauchbar) die Fahraufgabe dennoch lösen können muss, wenn auch mit angepassten Bedingungen wie reduzierter Geschwindigkeit.

Zur Aktualisierung einer hochgenauen Karte können im Feld gesammelte Daten (Sensorik) aggregiert werden. Im einfachsten Fall werden punktuelle Daten (z. B. Geschwindigkeitslimiten) mit geeigneten Verfahren zusammengeführt. In fortgeschrittenen Stufen werden auch linien- und flächenartige Informationen (z. B.

Spurmarkierungen und Netzabdeckungen) eingebunden. Neben der räumlichen Datenaggregation spielt auch die zeitliche Dimension eine wesentliche Rolle, da sich Umfeld-Gegebenheiten mit der Zeit ändern können. Aus Sicht nicht-kommunaler bzw. nicht-behördlicher Betreiber vollziehen sich die meisten Änderungen spontan; aus diesem Grund sind Verfahren zur Änderungserkennung zentral für den Aktualisierungsprozess.

Standardisierung Datenaustausch für digitale Karten

In der Vergangenheit hat es bereits Bestrebungen gegeben, den Austausch zwischen den Fahrzeugen im Feld und dem Backend zu standardisieren. Eine mittlerweile bekannte Initiative, der sich zahlreiche Firmen angeschlossen haben (z. B. Bosch, TomTom, Audi), ist SENSORIS (Sensor Interface Specification, https://sensor-is.org). Der Fokus von SENSORIS liegt insbesondere auf dem Upload von Felddaten auf das Backend und auf dem Austausch von Daten zwischen verschiedenen Backends. Daraus ergeben sich zahlreiche Anwendungsfälle und hierbei im Lichte der digitalen Karte speziell derjenige des Aktualisierungsprozesses der hochgenauen, digitalen Karte. Die Spezifikation eines Austauschprotokolls zwischen zwei unterschiedlichen Backends lässt die Möglichkeit offen, dass es künftig eine Vielzahl von hochgenauen Karten geben können wird. Durch die Schaffung der entsprechenden Schnittstellen (API) wird die Interoperabilität (auch und insbesondere in Hinblick auf kommunale Betreiber) gefördert. SENSORIS legt ferner grossen Wert auf die Informationssicherheit.

Neben dem Aktualisierungsprozess der hochgenauen, digitalen Karte stellt sich eine weitere grosse Herausforderung: Wie werden die **Grundlagen** solcher hochgenauen Karten erzeugt? Ein Ansatz besteht darin, einen Teil einer Karte mit hochgenauer Sensorik einzumessen und die relevanten Karteninformationen daraus abzuleiten. Dieser Prozess ist jedoch sehr aufwändig und kostspielig. Ein günstigerer, aber herausfordernderer, Ansatz bestünde darin, von Beginn an die Sensordaten aus dem Feld heranzuziehen. Da die Feldsensoren deutlich ungenauer sind, braucht es dazu eine Vielzahl an Messdaten und robuste Verfahren, die aktuell entwickelt werden (siehe z. B. Röth 2018).

Eine weitere Dimension im Spannungsfeld der digitalen Karte ist ihre **Datenhaltung und Verfügbarmachung**. Aus konzeptioneller Sicht findet die Datenhaltung der digitalen Karte meist auf Backend-Servern (Cloud-Services) statt, von denen Teile der Karte bedarfsgerecht auf Feldfahrzeuge mithilfe aktueller Funktechnologie wie Mobilfunk 4G oder 5G übertragen werden. Umgekehrt können Daten der Feldfahrzeuge den Aktualisierungsprozess speisen. Auch daran wird im Umfeld der Automobilbranche aktuell geforscht.

Grundsätzlich können digitale Karten ganz ohne behördliche Beteiligung zur Anwendung kommen. Aus Sicht der Automobilbranche folgt die Erstellung und Verfügbarmachung von Kartendaten einem Geschäftsmodell; die Rolle von Behörden ist in dieser Konstellation noch festzulegen: Tritt ein behördlicher, z. B. kommunaler Akteur als Datenprovider auf (z.B. bei baulichen Änderungen) oder hat er gar die Hoheit über die Kartendaten inne? Da Behörden digitale Karten auch aus anderen Gründen benötigen, z. B. zur Planung und Durchführung von Verkehrsmanagement-Massnahmen, ist es auch denkbar, dass mehrere digitalen Karten, möglichweise auf hierarchische Weise, zum Einsatz kommen. Unabhängig von der genauen zukünftigen Ausgestaltung bedarf die Standardisierung, Bereitstellung und Nutzung dieser Kartendaten bedeutender konzeptueller und finanzieller Investitionen (Enwemeka 2017).

Ein weiterer Aspekt im Zusammenhang mit der digitalen Karte ist die **Datensicherheit** (Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität). Da sowohl viele strukturell unterschiedliche Daten als auch eine grosse Menge an Daten pro Zeiteinheit ausgetauscht werden, entsteht ein hohes Risiko für Datenmissbrauch und Angriffe. Es bedarf somit so weit wie technisch möglich gesicherter (d. h. verschlüsselter) Austauschkanäle (End-to-End) und Serverdienste. Ferner müssen typische Ausfallszenerien (z. B. Service oder Funkverbindung nicht verfügbar) in operativen Szenarien abgebildet werden. Hier könnte sich die Bereitstellung eines variablen Kartenbereichs, in Abhängigkeit von der zu

erwartenden Netzabdeckung, als Lösung anbieten. Weiterhin muss das Backend redundant und mit entsprechender Leistungsfähigkeit ausgelegt werden, um die zu erwartete Anzahl an Anfragen innerhalb der erforderlichen Zeitspanne abarbeiten zu können.

5.1.2 Überblick über C-ITS – Cooperative Intelligent Transportation Systems: Anforderungen an AF-Ökosysteme

Ziel und Funktionen der C-ITS

C-ITS können als inkrementelle Vorläufer auf dem Weg zu vollautomatisierten AF-Systemen betrachtet werden: „Cooperative Intelligent Transport Systems» (C-ITS) verwenden Technologien, mit denen Strassenfahrzeuge mit anderen Fahrzeugen, mit Verkehrszeichen, Lichtsignalen und Strasseninfrastruktur sowie mit anderen Verkehrsteilnehmern kommunizieren können. Diese Systeme werden auch als Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation (V2V) oder Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation (V2I) bezeichnet“ (basierend auf: Europäische Kommission 2016, Lu Meng et al 2018). Sie bilden die ersten in hohem Masse datenbasierten Steuersysteme von Fahrzeugen im Strassenverkehr und werden in ihrem grundlegenden Aufbau im Folgenden skizziert.

C-ITS erfüllen Kernfunktionen der verteilten, datenbasierten Koordination von AFs sowie der Überwachung, Unterstützung und Steuerung von Fahrzeugbewegungen in Wechselwirkung mit fester Infrastruktur wie Strassen, Signalisation, baulichen Anlagen und weiteren Teilen des unmittelbaren Umfelds. Das Zusammenwirken von Fahrzeugen untereinander sowie mit der Strasseninfrastruktur erfolgt mit Ziel einer Verbesserung der Verkehrssicherheit, des Fahrkomforts, des Verhältnisses von Energieaufwand und Verkehrsleistung und weiterer Aspekte der Umwelt- und Energieeffizienz. Die Kommunikation von Fahrzeugen untereinander (V2V), mit Infrastruktur (V2I), mit anderen Verkehrsteilnehmern und mit dem gebauten Umfeld wird als V2X zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der verschiedenen datenbasierten Interaktionen erfolgt in Absatz 7.1.

Beispiel C-ITS bei der Verkehrssteuerung von Lichtsignalanlagen (LSA)

Die Regelung der Knoten eines Verkehrsnetzes ist ein zentrales Element in Bezug auf eine effiziente und auch sichere Abwicklung des Verkehrs. Diese erfolgt auf Basis der Signalisation, wobei gerade in urbanen Verkehrssystemen mit dichten Verkehrsströmen die Knoten mittels Lichtsignalanalagen (LSA) geregelt werden. Dementsprechend ist es von Bedeutung, dass C-ITS den Synergien, die sich aus der Vernetzung von LSA und Fahrzeugen ergeben, Rechnung trägt.

Zur erfolgreichen Einführung von C-ITS muss im Bereich der Verkehrssteuerung mit LSA der Steuerungsalgorithmus angepasst werden, wenn die möglichen Synergien in vollem Ausmass «gehoben» werden sollen. Hierzu werden in verschiedenen Modellen Ampelanlagen mit Sensoren ausgestattet, die zudem eine Kommunikation über die Verkehrslage mit den einzelnen Fahrzeugen ermöglicht. So kann der Verkehrsfluss möglichst effizient gesteuert werden, das einzelne Fahrzeug erhält Informationen zum Umfeld, Vorgaben z. B. zur Anpassung der Geschwindigkeit oder alternative Routen.

In der Regel werden 5 Typologien von Anforderungsgraden an eine umfassende Verkehrssteuerung mit LSA unterscheiden. Deren Verständnis ist im Hinblick auf Interaktionen und Synergien zwischen C-ITS-Anwendungsfällen und Verkehrssteuerungsalgorithmen der LSA wichtig:

Eine **Festzeitsteuerung** stellt eine grundlegende, möglichst einfache Auslegung dar, bei der keine Sensoren erforderlich sind. Die Steuerung kommt mit wenig Rechenleistung aus und folgt spezifischen Tageszeitplänen. Zwischen verschiedenen festgelegten, statischen Ablaufplänen erfolgt ein dynamisches Umschalten.

Eine **verkehrsabhängige Steuerung** verfügt über eine grundlegende Sensorik für jede mitgesteuerte Spur. Sie basiert auf einem einfachen Algorithmus: Grünphase solange weiterhin Verkehr eintrifft; hingegen wird die Grünphase übersprungen, wenn aus der betreffenden Richtung kein Verkehr (mehr) auftritt oder die Grünphase eine Maximalzeit überschritten hat.

Eine t**eilverkehrsabhängige Steuerung** bezeichnet einen Hybriden zwischen fester und verkehrsabhängiger Steuerung. Zum optimalen Einpassen von Fahrzeugbewegungen in Grünphasen erfolgt zur Aufrechterhaltung der Synchronisation etwa bei “grünen Wellen” eine Geschwindigkeitsempfehlung an die Fahrzeugführenden. Diese Empfehlung erfolgt in der Regel durch ortsfeste variable Signale, kann aber auch ins Fahrzeug übertragen werden.

Bei einer **adaptiven Steuerung** erfolgt die Detektion von Fahrzeugen weit vor Kreuzungen mit entsprechender Anpassung der Steuerung: Eine adaptive Steuerung bietet höchste Leistungsfähigkeit in der Abwicklung des anfallenden Verkehrs. Dies geht einher mit entsprechender sensorikgestützter Antizipation des Verkehrsflusses und der Ableitung des Signalplans anhand einer Zielfunktion (vgl. etwa Lämmer 2007). Dabei können in Abhängigkeit der verwendeten Logik auch beispielsweise Daten zur Fahrplanlage (Verspätung u. ä.) verwertet werden. Regulatorische Vorgaben zu Verkehrsmengen, auch in Abhängigkeit von Komponenten wie Tageszeit oder Aufkommen, können vom Steuermodell berücksichtigt werden. Solche Verfahren sind rechenintensiv.

Bei einer **stabilisierten Steuerung** werden die Grünzeiten dahingehend stabilisiert, als mittels Propagation einer regulatorischen Vorgabe in Ergänzung zur direktionalen Verkehrsleistung dafür gesorgt wird, dass sich die Steuerlogik besser auf eine geschwindigkeitsoptimierte “grüne Welle” ausrichten kann.

Die Interaktion von Fahrzeug und LSA und der damit verbundene Datenaustausch im Falle von C-ITS führt nun dazu, dass sich das Steuerverfahren der LSA auf die von den Fahrzeugen übermittelten Daten abstützen kann und somit nicht mehr auf eine herkömmlich Sensorik angewiesen ist. Allerdings ist zu beachten, dass in Abhängigkeit von der Verbreitung vernetzter Fahrzeuge zur Erfassung nicht vernetzter Fahrzeuge dennoch auf konventionelle Sensorik abzustützen ist.

Der Effizienzgewinn aufgrund der Vernetzung von Fahrzeug und LSA ist bei der Festzeitsteuerung am kleinsten und bei adaptiven Verfahren am grössten. Bei ersterer gibt es keine wirkliche Interaktion und auch keinen Rückwirkungskreis, sodass einzig eine Geschwindigkeitsempfehlung für Fahrzeuge zur Reduktion der Wartezeiten beitragen kann. Bei letzterer gibt es einen Datenaustausch sämtlicher relevanten Daten, so dass Fahrzeug und LSA gegenseitig interagieren können und insbesondere die LSA die Grünzeitenverteilung optimieren kann.

Das Beispiel der Selbst-Steuerung von LSA (Lämmer 2007) zeigt exemplarisch, wie Systeme inkrementell mit C-ITS-Komponenten nach- bzw. aufgerüstet werden können, und wie progressiv eine Transition hin zum automatisierten Fahren eingeleitet werden kann.

Anforderungen an AF-Systemkomponenten

Da Mischverkehrsszenarien, d. h. eine Koexistenz von automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen, deutlich komplexere Herausforderungen stellen als Umgebungen mit Reinformen (nicht) automatisierten Verkehrs, wird zur Identifikation kritischer Funktionalitäten eine Übergangssituation in der Transition zum automatisierten Fahren, in der eine Anzahl zwischen 100% und 10% aller Fahrzeuge **nicht** kooperativ vernetzt und automatisiert sind, betrachtet.

Sensorik

Eine Sensorik kann auf einer beliebigen Technologie aufbauen. Sie muss die Präsenz von Fahrzeugen erkennen in einer Zone, die hinreichend klein ist, um die Fahrzeuge zu erfassen und, etwa ab einem SAE Level 4 entsprechenden Automatisierungsgrad, zu identifizieren: Dabei werden den Fahrzeugen Parameter wie Besetzungsgrad, Ladung, Zielort o. ä. zugeordnet, die einerseits zur Gesamtsystemoptimierung, andererseits zur spezifischen Lenkung eines Fahrzeugs z. B. als Folge einer systemischen oder kommerziellen Priorisierung führen können. Ebenso funktional grundlegend ist eine aktive Erkennung nicht vernetzter Verkehrsteilnehmender, insbesondere nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmender wie Zufussgehender und Velofahrender.

Datenaustausch

Kommunikationsschnittstellen werden benötigt für die Steuerung von Verkehrsmanagement-Anlagen, die Steuerung von und zu Fahrzeugen über Sensorik im Strassenraum und im Austausch mit der Verkehrsmanagementzentrale und Verkehrsdatenzentrale. Für den Datenaustausch ist eine ausreichende Rechenleistung erforderlich. Die Kommunikation erfolgt über Fahrzeug- und Infrastruktur, zentral ist daher die Fähigkeit von AFs, sich mit V2X überschriebenem Datenaustausch mit fester Infrastruktur im Strassenraum sowie anderen automatisierten Fahrzeugen sowie Verkehrsteilnehmenden zu verbinden.

Auf der Steuerebene sind entsprechende Rechner und Prozessorkapazitäten notwendig, um einen ausreichenden Datenaustausch sicherzustellen. Mittelfristig ist, im Hinblick auf die pro automatisiertes Fahrzeug und Stunde generierte Datenmenge von bis zu mehreren Terabyte, eine Anbindung über leistungsfähige Kommunikationstechnologien wie WiFi (ITS G5) oder den 5G-Mobilfunkstandard unerlässlich (siehe auch Kapitel 7.3.12).

Ortsfeste (physische) Infrastruktur

Zu einer Erfassung insbesondere durch optoelektronische Sensoren sind eine hinreichende Qualität der Wahrnehmbarkeit der Fahrspuren durch AFs sowie standardisierte Fahrspurmarkierungen erforderlich. Verkehrszeichen müssen maschinell lesbar sein oder digital ins Fahrzeug übertragen werden. Bei unzureichender Satellitenverbindung ist eine Verfügbarkeit von ortsfesten Referenzpunkten wie Orientierungspunkten erforderlich.

Digitale Karten

Im Fahrzeug vorhandene respektive ins Fahrzeug dynamisch übertragene Karten müssen über hinreichende Präzision verfügen, eine Lokalisierungsfunktion unterstützen und dazu über regelmässige Aktualisierungen verfügen. Zur Bereitstellung und Wartung von Strassenkartierungen ist eine Zusammenarbeit der lokalen Behörden mit Anbietern digitaler Karten notwendig.

Verkehrsmanagement

Die Entwicklung eines neuen Verkehrsmanagements für automatisiertes Fahren in Kooperation zwischen öffentlichen und privaten System-Stakeholdern stellt entsprechende Anforderungen an Forschung und Innovation. Ein sequentieller Aufbau ist in EU-Projekten vorgesehen (siehe C-Road-Plattform, MAVEN Consortium 2018), es sieht folgende Phasen vor:

- Erste Phase 2017-2020: Nationale Pilotprojekte in EU-Mitgliedstaaten (C-Road-Plattform) umfassen Massnahmen mit geringer Komplexität. Informationen über Staus, Gefahrenorte, Strassenarbeiten, langsame/stationäre Fahrzeuge, Wetterinformationen, Geschwindigkeitsempfehlungen usw. und müssen direkt an ein vernetztes Fahrzeug übertragen werden können.

- Zweite Phase ab 2020: Informationen mit höheren Anforderungen an Sensorik wie Informationen zum Tanken/Laden, Parken auf und abseits der Strasse, Parken und Fahren, intelligente Navigation, integrierte, vernetzte und kooperative Navigation, Schutz gefährdeter Verkehrsteilnehmer werden einbezogen.

5.1.3 Fahrlogik

Im heutigen Fahrzeugverkehr ist das Fahrzeugfahrverhalten stark von der Fahrweise der lenkenden Person abhängig. Die heute auf dem Markt befindlichen automatisierten Fahrzeuge verwenden eine noch stark vereinfachte Fahrlogik. Wie die Fahrlogik dereinst aussehen wird und ob diese individuell und von unterschiedlichen Präferenz-Parametern geprägt oder von einheitlicher Natur sein wird, ist heute noch unklar. In Bezug auf den Umgang mit Daten ist dies insofern von Relevanz, als die Varianz des mit der Fahrlogik einhergehenden Datenbedarfs und -outputs stark davon abhängt, ob es nur eine allgemeine Fahrlogik gibt oder eben mehrere. Um diesen Aspekte besser einschätzen zu können, sind im Folgenden die Fahrlogiken beschrieben, wie sie im EU-Projekt CoEXist (vgl. Kap. 3) in Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie entwickelt wurden.

(1) Eine erste Logik ist die der vorhandenen automatisierten Strassenfahrzeuge, die von spurgeführten People Movern abgeleitet sind. Solche Fahrzeuge verwenden eine stark vereinfachte Logik nach dem Prinzip: Wenn Kollisionsgefahr besteht Halt, wenn nicht: Fahren. Dies kann als CityMobil2-Ansatz (entsprechend dem bereits abgeschlossenen EU-Projekt) oder «schienensicher» (rail safe) bezeichnet werden.

(2) Das andere Extrem stellt die Logik des "allwissenden" Fahrers dar. Der Fahrer nimmt alles wahr, was sich im Sichtfeld der Sensoren befindet und kann das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer jederzeit genau vorhersagen. Dieser automatisierte Fahrer ist in der Lage, auch anderen Fahrern bei Bedarf den Weg zu weisen.

Dazwischen gibt es zwei weitere mögliche Logiken: (3) die des äusserst vorsichtigen Fahrers und (4) die des "normalen" Fahrers.

Die vorsichtige Logik (3) berechnet Lücken und Abstände genau und nutzt diese nur dann, wenn diese hinreichend sind und verlangsamt das Fahrzeug, wenn etwa ein toter Winkel bei der Sensorik auftreten könnte: Das Fahrzeug beachtet dabei die ihm vorgegebenen Regeln wie die Strassenverkehrsordnung strikt und ohne Toleranz für Abweichungen. Es wendet in jeder Verkehrssituation das sicherstmögliche Verhalten an, was in vielen Fällen zu einem hochdefensiven (und daher möglicherweise verkehrsflussbehinderndem und nicht systemoptimierenden) Verhalten führt.

Das "normale" Fahren (4) bildet hingegen die Logik eines durchschnittlichen Fahrers ab, wobei die Logik bereits unter Einbezug der erweiterten (oder verminderten) Kapazitäten der Sensoren modelliert wurde. Das Fahrzeug verhält sich unter dieser Logik ähnlich einem menschlicher Fahrer und verfügt u. a. über die Fähigkeit, Entfernungen und Geschwindigkeiten der umliegenden Fahrzeuge mit seiner Reihe von Sensoren in Realzeit zu messen und sein Verhalten mit sehr kurzen Reaktionszeiten anzupassen. Es handelt sich dabei um die komplexeste unter den vier Logiken.

5.1.4 Klassifizierung von Strassenräumen und Infrastruktur

Ausserhalb von Testgeländen und Laborversuchen wird der Strassenraum aus verschieden klassifizierten Zonen bestehen, in denen unterschiedliche Fahrlogiken erforderlich sind, um räumlich-bauliche Komplexitäten oder Gefahrenpotentiale abzubilden.

Das CoEXist-Projekt definiert z. B. ein Szenario mit drei verschiedenen AF-Fahrzeugklassen, und jede Fahrzeugklasse verwendet eine spezifische Fahrlogik für einen bestimmten Strassentyp, was eine Verhaltensmatrix ergibt. Als Beispiel beschreibt die „Schienensicher“-Logik ein deterministisches Verhalten, das eine geschlossene, kontrollierte Umgebung abbildet ohne mögliche Störung durch unerwartetes Verhalten

anderer Verkehrsteilnehmer oder unerwartete infrastrukturelle Defizite wie Hindernisse. Dies trifft insbesondere auf abgeschlossene Areale wie Betriebsareale, Fabriken oder Hafenanlagen zu, in denen heute schon teilweise automatisierte Flurförderfahrzeuge verkehren. Die zugrunde liegende Infrastruktur ist gekennzeichnet durch das Vorhandensein räumlich getrennter Fahrspuren oder grosser Seitenabstände, einem vorgegebenen Weg ohne Spurwechsel, ungesicherten Kreuzungen oder anderen potentiellen Hindernissen.

5.1.5 Navigationsdienste

Heute ist es bereits alltäglich, dass man sich bei Fahrten von A nach B von Navigationsdiensten führen lässt. Die Technologie ist also grundsätzlich nicht mehr neu, hat sich aber stets weiterentwickelt, auf dass heute nahezu in Echtzeit Informationen zur Verkehrslage, zu Unfällen oder auch zu Baustellen zur Navigation mitberücksichtigt werden. Somit erlauben Navigationsdienste eine effiziente, auf die aktuelle Verkehrssituation abgestimmte Routenwahl. Diesbezüglich gilt es einige Aspekte zu beachten:

- Den Navigationsdiensten unterschiedlicher Service-Anbieter sind unterschiedliche Datenquellen, -modelle und -prozesse zur Routenpropagation hinterlegt, sodass sie sich unter gegebenen Umständen auch bezüglich der propagierten Route unterscheiden.
- Die mit den Navigationsdiensten einhergehende unmittelbare Information bezüglich situativer Ereignisse wie beispielsweise Unfälle oder sonstige Behinderungen haben eine rasche Reaktion der Verkehrsteilnehmenden zur Folge, was mit einer entsprechend volatilen Verkehrslage einhergeht.
- Nutzt ein erheblicher Anteil der Verkehrsteilnehmenden Navigationsdienste, so kann dies in Analogie zu verkehrsabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen im Netzverbund aufgrund der erwähnten Volatilität zu Instabilitäten führen.
- Nicht selten propagieren Navigationsdienste Alternativrouten, die etwa durch siedlungsorientierte Strassen führen und eben ein schnelleres Vorankommen erlauben als die stark frequentierte, verkehrsorientierte Hauptachse.
- Lässt es ein Navigationsdienst zudem zu, dass Verkehrsteilnehmende selbst Informationen zur Verkehrslage absetzen können, so bietet dies zwar die Chance zusätzlicher Informationen, aber auch das Risiko des Missbrauchs etwa durch Angabe fiktiver Unfälle in Wohnstrasse zur Verhinderung einer Routenpropagation eben über diese Route (vgl. Macfarlane 2019).

Im Hinblick auf eine automatisierte Fahrt von A nach B stellen Navigationsdienste eine zentrale Funktion dar. Aufgrund ihrer Netzwirkung und der geschilderten Auswirkungen sind sie auch aus Sicht des Verkehrsmanagements als ein entscheidender Einflussfaktor zu sehen. Dabei ist es von sekundärer Bedeutung, ob die Navigationsfunktion direkt aus dem automatisierten Fahrzeug hervorgeht oder ob sich dieses eines Dienstens von einem Dritt-Anbieter bedient.

Navigationsdienste werden auch von Flottenbetreibern eingesetzt. Dabei erfolgt die eigentliche Routenwahl auch in Abstimmung mit der entsprechenden Nachfrage nach Fahrten zwischen unterschiedlichen Ausgangs- und Zielpunkten im Verkehrssystem. Dadurch wird eine möglichst optimierte Auslastung der Fahrzeuge erreicht.

Die sich aus Verhaltenslogiken des Fahrzeugs und einer ständig nachgeführten Klassifizierung von Infrastruktur wie Ist-Zustand des Strassenraums sich ergebenden Anforderungen machen klar, dass mit zunehmender Komplexität und Anspruch an die Fahrlogik der Datenbedarf seitens der Fahrlogik ansteigt. Ebenso steigt der Anspruch an die Verlässlichkeit der verwendeten Daten. Das Szenario eines Fahrzeugs, das als Master anderen Fahrzeugen den Weg weisst, macht deutlich, dass ein solches Fahrzeug somit zur erweiterten Sensorik der anderen Fahrzeuge wird. Eine Ausweitung dieser Logik in einem hochgradig von automatisierten Fahrzeugen durchsetzen System führt zu

einem Verständnis von Sensorik, bei der jedes Fahrzeug Teile seiner eigenen Informationsaufnahme nach Bedarf an andere Fahrzeuge auslagert. Es bedeutet auch, dass Datengenerierung und -übertragung idealerweise in Echtzeit erfolgen sollten, und umgekehrt eine Abweichung davon Grad und Güte der Systemoptimierung wie auch die Verkehrssicherheit unmittelbar negativ beeinflusst.

Die übermittelten Daten sind dabei, vor allem wenn noch Navigationsdaten in die Betrachtung einbezogen werden, in Art und Umfang mit der Komplexität der Fahrlogik vergleichbar, wobei Umfang und Komplexität mit der Parallelität verschiedener Fahrlogiken und unterschiedlichen Charakteristika verschiedener Komponenten des AF-Systems weiter ansteigen, was zusätzliche Anforderungen ans Datenmanagement stellt.

5.2 Übersicht über regulatorische Aspekte

Wie mit einer Technologie und den mit ihr einhergehenden Chancen und Risiken umgegangen wird, hängt von den Haltungen der verschiedenen Anspruchsgruppen sowie der gültigen Regulierung ab. Diese kann antizipierender oder reagierender Natur sein und lässt sich nicht auf die Rechtslage reduzieren, sondern umfasst auch organisatorische Aspekte, die auf gesellschaftlichen Standards und Erwartungen beruhen. Nachfolgend werden die hierbei wesentlichen Aspekte aufgegriffen und im Hinblick auf die Frage nach dem Umgang mit Daten beleuchtet.

5.2.1 Organisatorische Themen

In organisatorischer Hinsicht stellt sich aus Sicht der öffentlichen Hand im Hinblick auf den Umgang mit Daten vor allem die Frage, wie Behörden gegenüber den verschiedenen Akteuren in ihrem Aktionsumfeld die öffentlichen Interessen wahrnehmen und vertreten können: Insbesondere besteht die Herausforderung, den Einbezug des privaten Sektors so zu gestalten, dass dessen Stärken eingebunden und gefördert werden können, ohne von Seiten der Behörden die grundsätzliche Gestaltungs- und Steuerungshoheit abzugeben. Letzteres stellt auch die Frage nach geeigneten Steuerungsinstrumenten, die eingesetzt werden können (Sampson et al. 2019).

Im Rahmen von Projektierungs-, Realisierungs- und Betriebsaktivitäten bedient sich die Behörde grundsätzlich der Werkzeuge des öffentlichen Beschaffungswesens. Die Vorgabe von einzuhaltenden Kriterien und Standards bildet dabei ein wesentliches Werkzeug der Projektsteuerung. Umgekehrt muss aber auch in zunehmendem Mass mit Innovation von aussen umgegangen werden: Oft als „disruptiv“ bezeichnet, sind es meist in hohem Masse datengetriebene, neue Mobilitätsangebote, die mit grosser Finanzstärke und hohem Innovationstempo in bestehende Mobilitätsmärkte einbrechen.

Strategien, die eine Behörde bezüglich solcher neuer Marktteilnehmer, insbesondere bezüglich der Anforderungen an die Erhebung und den Erhalt von Daten, wählen kann, zeigen exemplarisch die Erfahrungen und die Lernkurve öffentlicher Körperschaften im Umgang mit Ride-Hailing-Diensten in den USA: Nach einer Periode weitgehend unregulierten Wachstums – bedingt durch den doppelten Effekt der bewussten Gesetzesübertretung durch Anbieter und einem Mangel an Verständnis und Werkzeugen seitens der Regulierer – wurden die negativen Folgen einer Atomisierung von Transporten durch Fahrdienste wie Erhöhung der absolut zurückgelegten Fahrzeugkilometer und Rückgang der Passagierzahlen im öffentlichen Verkehr sichtbar. Eine Darstellung dieser Entwicklung und erste Ableitung von Policy-Empfehlungen findet sich bei Schaller (2018). Zu den wirksamsten, von US-Städten als Folge dieser Erkenntnisse getroffenen Massnahmen gehörte die Formulierung eines Anforderungskatalogs durch die Städte als Basis für eine Lizenzierung neuer Transportdienste. Ein Kernstück sind dabei Vereinbarungen zum systematischen Übertrag von Daten und deren Analyse durch einen den Interessen der Städte verpflichteten, aber im Sinne des Marktplatzes neutralen Mittler: Das Startup SharedStreets (sharedstreets.io) wurde vom US-amerikanischen Verband der

städtischen Transport-Amtsträger (National Association of City Transportation Officials, NACTO) gegründet, um Software, digitale Infrastruktur und Regulierungsansätze für städtischen Transport zu entwickeln. SharedStreets dient im weitesten Sinne als Drehscheibe und Analyse-Plattform für Daten, die für das Verständnis für und die Abwicklung von urbaner Mobilität wesentlich sind. Eine Vereinbarung zwischen den Behörden von Washington, D.C. und dem Ride-Hailing-Anbieter Uber, SharedStreets als Intermediär für Daten zu nutzen, um Mobilitätsangebote in ausgeglichener Weise für alle Beteiligten optimieren zu können, hatte weltweiten Pioniercharakter (Wired 2018). Wesentlich für die Akzeptanz sind die Positionierung von Shared Streets Non-Profit-Organisation, die frei von Interessen kommerziell orientierter Anteilseigner ist – Hauptinvestor ist die Stiftung Bloomberg Philantropies – und die Selbstverpflichtung zum Einhaltung hoher Datenschutzstandards. Beratungs- und Aufsichtsgremien sind mit Persönlichkeiten besetzt, die langjährige Erfahrung im Bereich datengestützter Mobilitätsangebote mitbringen – u. a. mit Robin Chase, die einst das Carsharing-Unternehmen Zipcar nach dem Modell der Schweizerischen Mobility Genossenschaft mitgründete.

Das im April 2019 erschienene Policy Brief des Internationalen Verbands für Öffentlichen Verkehr (Union Internationale des Transports Publics, UITP) zu Mobility-as-a-Service (MaaS)-Angeboten kommt in seiner Analyse der Anforderungen an Datenaustausch zwischen Verkehrsträgern und -anbietern – jenseits von technischen Aspekten wie der Normierung von Schnittstellen – ebenfalls zum Schluss, dass Vertrauen in die Integrität von und dem fairen, vertragsgemässen Umgang mit Daten durch öffentlich oder privat gehaltene MaaS-Plattformen die Grundlage für den Erhalt der “Hoheit” über den eigenen Kunden und damit für jene Zusammenarbeit bildet, die MaaS-Angebote ausmacht, als deren Teil auch automatisierte geteilte Fahrzeuge gesehen werden: “[…] the real question is less about opening data than on how to share the customer” (UITP 2019).

Hinsichtlich des Umgangs mit Daten ist die Art, wie diese am Markt erscheinen, für eine Behörde etwa dann von Bedeutung, wenn sie gezielt Daten (z. B. Verkehrslagedaten als Grundlage für das Verkehrsmanagement, Floating Car Data (FCD) für Monitoringzwecke) beschaffen will. Sie hat es dann grundsätzlich in der Hand, die Kriterien nach ihren Bedürfnissen zu gestalten. Allerdings ist es dann den möglichen Anbietern freigestellt zu offerieren. Somit ist das Beschaffungswesen nur bedingt eine Option, mittels derer sich die Behörde gezielten Zugang zu Daten zu verschaffen vermag.

Anders gelagert ist die Situation, wenn Anbieter nicht der Behörde, sondern dem Endnutzer eine Dienstleistung erbringen oder ein Produkt liefern. So liegt es grundsätzlich nicht in der Hand der Behörde, welcher Art und Qualität beispielsweise der Service eines Mobilitätsdienstanbieters ist. Sie kann es grundsätzlich nicht unmittelbar beeinflussen, welche Routen beispielsweise ein Navigationsdienstanbieter zu befahren empfiehlt, wenngleich damit einhergehende Auswirkungen von öffentlicher Bedeutung (z. B. Überschreiten von Emissionsgrenzwerten) sein können. In so einem Falle hat die Behörde etwa folgende Handlungsoptionen:

- Sie duldet die Situation.
- Sie vereinbart respektive kauft den Service ein, dass der Anbieter in bestimmten Situation Routen propagiert, die im Sinne der Behörde sind.
- Sie etabliert ein Anreizsystem, das die Nutzer in gewünschtem Sinne beeinflusst.
- Sie etabliert und bietet selbst ein solches System an, wobei dieses durchaus mittels Submission beschafft werden kann.

Unter Umständen könnte hierbei auch eine Konzessionierung oder Zulassung des angebotenen Services ein Ansatz darstellen, wobei es immer auch abzuschätzen gilt, ob der Vollzug auch machbar ist.

Ein anderer Ansatz ist die proaktive Bereitstellung von Grundlagedaten durch die Behörde, wie dies etwa im Falle von Open Government Data (OGD) der Fall ist. Damit

hat die Behörde in bestimmtem Umfang Gewähr, dass die von Anbieter beispielsweise in einer App verwendeten Daten den Güteansprüchen der Behörde genügen.

Noch einen Schritt weiter geht die Idee einer nationalen Verkehrsdatenplattform, was auch der ITS-Actionplan der EU (Europäische Kommission 2010) vorsieht und etwa in Deutschland unter dem Namen „Mobilitäts-Daten-Marktplatz“ (mdm-portal.de) aufgebaut wird. Dieser Marktplatz soll allen interessierten Akteuren zugänglich sein und einen organisierten Austausch von Verkehrsdaten hoher Güte erlauben. Herausforderung hierbei ist der Einbezug von Daten-Anbietern und deren Geschäfts- und Lizenzmodellen.

Aus der Optik der Nutzer als Verkehrsteilnehmende geht die Nutzung von vielfach App-gestützten Dienstleistungen von Serviceanbietern in organisatorischer Hinsicht einher mit der Notwendigkeit zur Erstellung eines Login-Profils oder auch des Akzeptierens von Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB). Ersteres hat zur Folge, dass eine Nutzung des Services vielfach nicht ohne Angabe persönlicher Details möglich ist, was die Frage nach dem Datenschutz mit sich bringt. Letzteres führt dazu, dass der Nutzer entweder die langen AGB-Texte wirklich prüft oder aber, was mehrheitlich die Praxis sein dürfte, die AGBs quasi blind akzeptiert.

Die Sicht des Service-Anbieters ist insbesondere durch das Geschäftsmodell geprägt. So verfolgt ein Anbieter von eigens generierten Verkehrsdaten letztlich das Ziel, mit der Zurverfügungstellung der Daten Geld zu verdienen. Zwei wesentliche Faktoren spielen hierbei eine Rolle:

Aus Konkurrenzgründen hat der Anbieter ein Interesse, das den angebotenen Daten zugrundeliegende Datenmodell nicht oder zumindest nicht gänzlich offenzulegen, wenngleich der Kunde mitunter ein grosses Interesse an einer Nachvollziehbarkeit der Datengüte hat. Ebenso hat er ein Interesse, die Daten an mehrere Kunden verkaufen zu können. Dies würde etwa mit der Idee einer nationalen Verkehrsdatenplattform kollidieren, falls der Betreiber der Plattform diese Daten zwar kaufen würde, diese aber allen Beteiligten und Nutzern der Plattform offenlegen würde. Dabei gilt es noch zu erwähnen, dass die Anbieter je nach Geschäftsmodell nicht eigentlich Daten verkaufen, sondern eine Lizenz zur Nutzung solcher.

5.2.2 Rechtliche Themen

In rechtlicher Hinsicht sind insbesondere Datenschutz, Immaterialgüterrechte, Öffentlichkeitsprinzip und auch Haftungsrisiken zentrale Themen, die beim Umgang mit Daten einer näheren Betrachtung bedürfen.

Datenschutz

Datenschutzmässig befindet sich die Schweiz in einer komplexen und eher rechtsunsicheren Lage, da drei Datenrechtskomplexen eine gewisse Rolle zukommt.

Momentan gilt für die Schweiz das Bundesgesetz über den Datenschutz (DSG) vom 19. Juni 1992 (SR. 235.1).

Seit dem 25. Mai 2018 gilt für alle EU-Staaten die Verordnung (EU) 2016/679 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten (Datenschutzgrundverordnung, DSGVO). Diese setzt datenschutzmässig griffigere Standards und hat einen relativ weiten Anwendungsbereich. So sind auch in der Schweiz ansässige Datenbearbeiter, welche Daten von Personen in der EU bearbeiten, der DSGVO unterworfen, soweit diese Datenbearbeitungen im Zusammenhang stehen mit dem Anbieten von Waren oder Dienstleistungen in der EU (§ 3 Abs. 2 lit. a DSGVO) oder soweit das Verhalten von Personen in der EU beobachtet wird (§ 3 Abs. 2 lit. b DSGVO). Wenn im Bereich des automatisierten Fahrens Akteure von der Schweiz aus Lokalisierungsdaten von Fahrzeugen, aber auch Daten über Fahrer oder Fahrzeuggäste erheben, ist davon auszugehen, dass die DSGVO Anwendung findet.

Für die Schweiz liegt der Entwurf über eine Totalrevision des Bundesgesetzes über den Datenschutz und die Änderung weiterer Erlasse vor (E-DSG, siehe Botschaft zum Bundesgesetz über die Totalrevision des Bundesgesetzes über den Datenschutz und die Änderung weiterer Erlasse zum Datenschutz, BBl 2017, 6941 ff.). Der Entwurf sollte Anpassungen in Hinsicht auf obgenannte DSGVO als auch in Hinsicht auf die Richtlinie (EU) 2016/680 zum Schutz natürlicher Personen im Bereich des Strafrechts umsetzen. Der letztere EU-Rechtsakt gehört zum Schengen-Acquis. Insoweit war die Schweiz völkerrechtlich zur Umsetzung verpflichtet. Aufgrund dieser Ausgangslage teilte das Parlament die Vorlage auf und beschloss statt einer Rundumerneuerung des Datenschutzrechtes allein die Anpassung an das Schengen-Recht. Seit dem 1. März 2019 ist das Bundesgesetz über den Datenschutz im Rahmen des Schengen-Besitzstands in Strafsachen (Schengen-Datenschutzgesetz, SDSG, SR 235.3) in Kraft. Das SDSG richtet sich allein an Bundesbehörden (und deren Auftragsbearbeiter) und hat allein die Personendatenbearbeitung zum Zwecke der Verhütung, Aufklärung oder Verfolgung von Straftaten oder der Strafvollstreckung, einschliesslich des Schutzes vor und der Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit zum Gegenstand (siehe Art. 1 Abs. 1 SDSG). Auch wenn der Anwendungsbereich schmal ist, so ist es jedenfalls nicht undenkbar, dass Daten, welche im Rahmen des automatisierten Fahrens generiert werden, unter die SDSG fallen. Erwähnenswert ist zumindest, dass das SDSG einiges an rechtlichen Begriffen und Konzepten (siehe etwa Art. 3 lit. b und d SDSG: Profiling und automatisierte Einzelentscheidung, Art. 5 SDSG: Datenschutz durch Technik und datenschutzfreundliche Voreinstellung, Art. 13 SDSG: Datenschutz-Folgenabschätzung) übernimmt.

Zwar kann heute nicht gesagt werden, wann in der Schweiz das total revidierte Datenschutzrecht in Kraft treten wird, aber dieses wird mit recht grosser Sicherheit dem Schutzniveau der DSGVO ähnlich sein. Für den weiteren Verlauf dieses Berichts wird grundsätzlich vom in der Schweiz geltenden Datenschutzrecht ausgegangen, aber ebenso angenommen, dass die E-DSG bzw. die DSGVO für die rechtliche Beurteilung von Datenschutzrechtsfragen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren relevant sein werden. Im Übrigen wird angenommen, dass sich der Datenschutz allein auf den Schutz von natürlichen Personen bezieht. Der momentan noch geltende Schutz auch für juristische Personen wird nicht weiter thematisiert.

Beim automatisierten Fahren fällt eine Vielzahl von Daten an. Dem Datenschutzrecht unterstehen aber nicht alle Daten, sondern nur Personendaten. Gemäss Legaldefinition sind Personendaten alle Angaben, welche sich auf eine bestimmte oder bestimmbare Person beziehen (Art. 3 Abs. 1 lit. a DSG). Die Sachdaten, welche den Gegenbegriff zu den Personendaten bilden, unterstehen dem Datenschutzrecht nicht. Auf einer rein konzeptionellen Ebene lassen sich diese beiden Datenarten einfach unterscheiden. Probleme ergeben sich dann, wenn genauer zu bestimmen ist, inwieweit Daten personenbezogen sind und inwieweit nicht. Lehre und Rechtsprechung in der Schweiz gehen von einem relativen Begriff des Personendatums aus. Dies hat das Bundesgericht im Entscheid BGE 136 III 508 «Logistep» bestätigt. Bei diesem Entscheid ging es um die Frage des datenschutzkonformen Vorgehens eines Softwareanbieters. Dessen Software speicherte bei Peer-To-Peer-Netzwerken mitunter die (dynamischen oder statischen) IP-Adressen von Nutzern, welche urheberrechtlich geschützte Werke zum Download anboten. Ziel des Geschäftsmodells war, diese Daten den Urheberrechtsinhabern (gegen Entgelt) zur Verfügung zu stellen. In einem durch die Urheberrechtsinhaber initiierten Strafverfahren könnten dann die Internetprovider gezwungen werden, die IP-Adressen dem entsprechenden Abonnenten zuzuweisen. Auf diese Weise würden die Urheberrechtsverletzer identifiziert.

Das Bundesgericht hielt fest, dass eine bestimmbare Person dann als solche zu gelten habe, wenn aufgrund zusätzlicher Informationen auf sie geschlossen werden könne, wobei nicht jede theoretische Möglichkeit der Identifizierung genüge. Sei der Aufwand derart gross, dass nach der allgemeinen Lebenserfahrung nicht damit gerechnet werden müsse, dass ein Interessent diesen auf sich nehme, liege keine Bestimmbarkeit vor. Die Frage, ob ein Personendatum vorliege, könne nur aufgrund des konkreten Einzelfalls beurteilt werden. Dabei seien auch die konkreten Möglichkeiten der Technik und des Internets zu berücksichtigen, eine Information einer Person zuzuordnen (E. 3.2). Ob

gewisse Angaben mit einer Person in Verbindung gebracht werden können, beurteilt sich aus der Sicht der Person, welche dieses Zusatzwissen hat (E. 2.4). Für den vorliegenden Fall kam es nicht darauf an, dass die Urheberrechtsverletzer für den Softwareanbieter nicht bestimmbar waren, sondern dass sie für die Urheberrechtsinhaber bestimmbar waren. Da das Geschäftsmodell geradezu auf die Identifizierung eines Internetnutzers über die IP-Adresse abzielte, erkannte das Bundesgericht darauf, dass die IP-Adresse ein Personendatum sei.

Im Bereich des automatisierten Fahrens liegt das Hauptaugenmerk nicht auf Personendaten. Soweit ein Fahrzeug Umgebungsdaten aufzeichnet, ist wichtig, wie die Umgebung gestaltet ist, allenfalls auch, ob dabei ein Mensch Teil der Umgebung ist. Wer es ist, ist für die Fahrfunktion an sich nicht relevant. Bei einer Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation über den einzuhaltenden Abstand (etwa beim Platooning) interessiert für das Fahrzeugverhalten im Grunde nicht, wer sich in den Fahrzeugen aufhält. Auch im Bereich des Verkehrsmanagements ist in erster Linie die Anzahl der Fahrzeuge auf einem bestimmten Streckenabschnitt relevant, nicht aber, welche Person am Steuer sitzt. Das Datenmanagement im Bereich des automatisierten Fahrens wird in der Vielzahl von Fällen ohne personenbezogene Daten auskommen. Nur schon aus Kapazitätsgründen werden Daten aus der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation schnell wieder gelöscht werden müssen. Im Bereich des Verkehrsmanagements interessieren aggregierte Daten, welche grundsätzlich anonym sind und deshalb ausserhalb des Anwendungsbereichs des Datenschutzes liegen.

Dennoch werden im Bereich des automatisierten Fahrens auch Personendaten eine Rolle spielen, gerade weil das Personendatum relativ bestimmt wird. Angenommen, es besteht eine Datenbank, welche in Echtzeit für ein bestimmtes Gebiet das Verkehrsaufkommen auf einer interaktiven Karte bildlich darstellt. Wenn nun zu diesem Gebiet eine selten befahrene Strasse, etwa eine Zugangsstrasse zu einer Alp, zählt, welche womöglich nur mit Spezialbewilligung befahren werden kann, so kann ein Nutzer dieser Datenbank mit dem Zusatzwissen, wer über die Bewilligung zum Befahren der Alpstrasse verfügt, die Echtzeitinformation der Befahrung einer bestimmten Gruppe von Personen oder gar einer Einzelperson zuordnen. Gemäss Lehre und Rechtsprechung läge in dieser Konstellation ein Personendatum vor und käme die Datenschutzgesetzgebung zur Anwendung.

Liegt ein Personendatum vor, heisst dies nicht, dass dessen Bearbeitung unzulässig wäre. Das schweizerische Datenschutzkonzept geht im geltenden wie auch im revidierten Datenschutzgesetz (und entgegen der DSGVO) von einer grundsätzlich zulässigen Bearbeitung von Personendaten aus. Die Bearbeitung von Personendaten ist dann persönlichkeitsverletzend, wenn sie gegen einen der Bearbeitungsgrundsätze verstösst, wie etwa die Grundsätze der Zweckbindung und der Erkennbarkeit (Art. 4 Abs. 3 und 4 DSG). Soweit Daten im Bereich des automatisierten Fahrens erhoben werden und es sich dabei um Personendaten handelt, dürften diese Grundsätze regelmässig verletzt sein und eine Persönlichkeitsverletzung vorliegen. Doch eine Persönlichkeitsverletzung ist nur dann rechtswidrig, wenn sie nicht gerechtfertigt werden kann. Als Rechtfertigungsgründe sieht Art. 13 DSG die Einwilligung des Verletzten, ein überwiegendes privates oder öffentliches Interesse und eine gesetzliche Grundlage vor.

Öffentliche Interessen, welche mit dem automatisierten Fahren verfolgt werden können, sind etwa in der Senkung der Zahl von Strassenverkehrsunfällen, in einer effizienteren Verkehrssteuerung (auch in Abstimmung von Privatverkehr zu öffentlichem Verkehr) oder in der Senkung von Emissionen zu sehen. Die Berufung auf öffentliche Interessen erscheint aber als zu vage, um im Bereich des automatisierten Fahrens die Bearbeitung von Personendaten rechtfertigen zu können. Es wird gesetzliche Grundlagen benötigen, welche im konkreten Fall die Bearbeitung von Personendaten erlaubt und Schranken aufstellt. Dies gilt insbesondere, wenn staatliche Stellen agieren, da sich deren Handeln von vornherein auf eine gesetzliche Grundlage wird stützen können müssen.

Immaterialgüterrechte und Daten

Beim Umgang mit Daten kann auch das Urheberrechtsgesetz (URG, SR 231.1) eine Rolle spielen. Zwar sind Daten an sich nicht urheberrechtlich geschützt. Soweit Daten aber softwaremässig verarbeitet werden, wird den entsprechenden Computerprogrammen regelmässig Urheberrechtsschutz im Sinne von Art. 2 Abs. 3 URG zukommen, dies gilt insbesondere auch für selbstlernende Computerprogramme im Bereich der künstlichen Intelligenz.

Gemäss Art. 4 Abs. 1 URG sind Sammlungen selbständig geschützt, sofern es sich bezüglich Auswahl oder Anordnung um geistige Schöpfungen mit individuellem Charakter handelt. Grundsätzlich sind auch Datenbanken diesem Schutz zugänglich (siehe I. Cherpillod, in: B. Müller/R. Oertli [Hg.] Kommentar zum URG, 2. Aufl., Bern 2012, URG 4 N 4). Allerdings ist davon auszugehen, dass Datenbanken, welche im Bereich des automatisierten Fahrens nützlich sein können, nach rationalen Kriterien errichtet werden und somit kaum Raum bleibt für schöpferisches Schaffen mit Bezug auf Auswahl und Anordnung der Daten. In der Schweiz besteht kein sui-generis-Schutz für Datenbanken, wie er in der Richtlinie 96/9/EG über den rechtlichen Schutz von Datenbanken (Datenbankrichtlinie) festgelegt ist.

Gemäss Art. 5 lit. c des Gesetzes gegen den unlauteren Wettbewerb (UWG, SR 241) handelt unlauter, wer das marktreife Arbeitsergebnis eines anderen ohne angemessenen eigenen Aufwand durch technische Reproduktionsverfahren als solches übernimmt und verwertet. Gemäss BGer wohnt dieser Norm eine zeitliche Beschränkung inne. Ein erster im Markt geniesst keinen Schutz mehr, wenn er im Zeitpunkt, in welchem seine Leistung von einem Dritten übernommen wird, die Kosten zur Schaffung der Leistung bereits amortisiert hat (BGer vom 13.02.2008, sic! 2008, 464, «Arzneimittelkompendium II»). Im Übrigen greift dieser lauterkeitsrechtliche Schutz nur, wenn der Übernehmer der Leistung keinen angemessenen Aufwand betrieben hat, wobei die Rechtsprechung eher grosszügig mit dem Zweitbewerber umgeht (siehe R. Arpargaus, Basler Kommentar zum UWG, Basel 2013, UWG 5 N 88 ff.; BGE 131 III 384, «Such-Spider»). Für Datenbanken, welche Daten im Bereich des automatisierten Fahrens speichern und bearbeiten, besteht ein gewisser, aber kein absoluter Schutz.

An einzelnen Daten selbst besteht kein Ausschliesslichkeitsrecht. Allein die tatsächliche Herrschaft über Daten bringt die Dateninhaber in die Position, diese kommerziell verwerten zu können. Angesichts der immer grösser werdenden Bedeutung von Daten in der heutigen Wirtschaft wird in der Rechtslehre die Frage diskutiert, ob nicht ein eigentliches Eigentum an Daten eingeführt werden sollte. R. Weber und F. Thouvenin sprechen sich mit überzeugender Begründung gegen die Einführung eines Dateneigentums aus (R.Weber/F. Thouvenin, Dateneigentum und Datenzugangsrechte – Bausteine der Informationsgesellschaft?, ZSR 2018, 45 ff.). Die Einführung eines Dateneigentums bräuchte ein eigentliches Marktversagen, welches diese Autoren nicht diagnostizieren. Zudem würden sich bei der Implementierung eines Dateneigentums Abgrenzungsschwierigkeiten zum Schutz von Personendaten ergeben (R.Weber/F. Thouvenin, 61 f.). Mit einem Datenzugangsrecht könnte ein Rechtsbehelf zur Verfügung gestellt werden, welches allgemein oder auf spezifische Branchen bezogen einen funktionierenden Markt sicherstellen könnte. Ein Datenzugangsrecht erscheint gegenüber einem eigentlichen Dateneigentum überlegen. Das Datenzugangsrecht wäre entgeltlich zu gestalten, damit der Dateninhaber überhaupt einen Anreiz hat, die Daten zu sammeln und aufzubereiten.

Auch wenn kein Dateneigentum besteht, so ist doch darauf hinzuweisen, dass der Bruch des Gewahrsams an Daten strafrechtlich geahndet wird und insoweit ein Schutz besteht. So sind die unbefugte Datenbeschaffung (Art. 143 StGB), das unbefugte Eindringen in ein Datenverarbeitungssystem (Art. 143bis StGB) sowie das unbefugte Beschaffen von Personendaten (Art. 179^{novies} StGB) strafbar.

Patentrechte könnten relevant sein, wenn es darum geht, wie technisch zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen oder zwischen Fahrzeugen kommuniziert wird oder wie Fahrzeuge die Umgebung wahrnehmen. Würde ein bestehendes Patent die

Datenhandhabe im Bereich des automatisierten Fahrens verhindern, bestände die Möglichkeit einer Enteignung des Patents (Art. 32 PatG) oder einer Zwangslizenz (siehe Art. 36 - 40e PatG). Zu erwähnen ist, dass sich ein hiesiges Patent nicht auf Verkehrsmittel erstreckt, welche sich nur vorübergehend im Inland befinden (Art. 35 Abs. 3 PatG).

Rolle des Öffentlichkeitsprinzips

Das Öffentlichkeitsgesetz (BGÖ) soll die Transparenz über die Tätigkeit der Verwaltung fördern und will den Zugang zu amtlichen Dokumenten gewährleisten. Der Begriff der amtlichen Dokumente ist weit zu verstehen. Gemäss Art. 5 Abs. 1 BGÖ ist es jede Information, die auf einem beliebigen Informationsträger aufgezeichnet ist, sich im Besitz der Bundesbehörden befindet und die Erfüllung einer öffentlichen Aufgabe betrifft. Keine amtlichen Dokumente sind Informationen, welche die Behörden kommerziell nutzen (Art. 5 Abs. 3 BGÖ). In Art. 7 und 8 BGÖ sind die im öffentlichen Interesse bestehenden Ausnahmen am Zugang zu amtlichen Dokumenten festgelegt.

Soweit eine Bundesbehörde im Bereich des automatisierten Fahrens eine öffentliche Aufgabe wahrnimmt, ist sie an das Öffentlichkeitsprinzip gebunden. Wie das Bundesgericht festgehalten hat, kann die Einsichtnahme auch Datenbanken betreffen (BGer vom 27.09.2017, sic! 2018, 182 ff. «Neue Ereignisdatenbank»). Mit diesem Urteil wurde das BAV gezwungen, Einsicht in die Datenbank betreffend den Gefährdungen und Störungen bei den 26 wichtigsten Schweizer Transportunternehmen zu gewähren. Falls eine Bundesbehörde eine Datenbank mit Bezug auf das automatisierte Fahren führen würde, müsste sie auf Gesuch hin entsprechend Einsicht gewähren. Keine Einsicht in die Datenbank würde gewährt, wenn die Daten kommerziell genutzt würden. In jedem Fall bräuchte es eine gesetzliche Grundlage für die Führung einer Datenbank durch eine Behörde im Bereich des automatisierten Fahrens (ähnlich wie der heutige Art. 57c SVG).

Haftungsrisiken für involvierte Akteure

Aus heutiger Sicht kann sich die Haftung beim Umgang mit Daten, welche im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren anfallen, aus verschiedenen Rechtsgrundlagen ergeben. Dabei ist im Grunde zu unterscheiden, ob die öffentliche Hand oder Private handeln. Auf öffentlich-rechtlicher Ebene gibt es wiederum eine Zweiteilung, je nachdem, ob kantonale oder Bundesbehörden handeln. Auf Bundesebene ist als allgemeinste Haftungsnorm das Verantwortlichkeitsgesetz (VG) zu nennen. Demgemäss haftet der Bund für den Schaden, den Beamte in Ausübung ihrer amtlichen Tätigkeit Dritten widerrechtlich zufügen (siehe Art. 3 Abs. 1 VG). Diese Haftungsnorm gilt nicht nur für das Verhalten von Beamten, sondern auch für andere Arbeitskräfte des Bundes sowie andere Personen, soweit sie unmittelbar mit öffentlich-rechtlichen Aufgaben des Bundes betraut sind (Art. 1 Abs. 1 lit. e und f VG). Soweit (über den heutigen Art. 57c SVG hinaus) Verkehrsmanagementsaufgaben im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren zur öffentlich-rechtlichen Aufgabe des Bundes erklärt würden, würde der Bund mit dem entsprechenden Haftungsrisiko konfrontiert sein.

Auch das Personenbeförderungsgesetz (PBG) darf nicht ausser Acht gelassen werden. Es regelt die regelmässige und gewerbsmässige Personenbeförderung auf Eisenbahnen, auf der Strasse und auf dem Wasser sowie mit Seilbahnen, Aufzügen und anderen spurgeführten Transportmitteln (Art. 1 Abs. 2 PBG). Das entsprechend dem Regal unterstehende Unternehmen haftet aus Transportvertrag für den Schaden, den Personen, die es für den Transport einsetzt, bei ihren dienstlichen Verrichtungen verursachen. Als solche Personen gelten auch Transportbeauftragte und ihre Angestellten (Art. 42 PBG). Sollten demnach konzessionierte Transportunternehmen automatisierte Fahrzeuge einsetzen, gilt diese strenge Kausalhaftung. Dies muss auch gelten, wenn die Ursache des Schadens auf der Datenebene zu verorten ist.

Zu dieser vertraglichen Haftung kommt die ausservertragliche Haftung gemäss Art. 58 Abs. 1 SVG: Wird durch den Betrieb eines Motorfahrzeuges ein Mensch getötet oder verletzt oder Sachschaden verursacht, so haftet der Halter für den Schaden. Dies gilt sowohl für Private als auch konzessionierte Transportunternehmen.

Für Private können weitere vertragliche und ausservertragliche Haftungsnormen zur Anwendung gelangen (etwa Art. 41 und 97 OR).

Regelungsinstrumente

Im Folgenden sollen die Regelungsinstrumente, welche grundsätzlich zur Verfügung stehen, dargestellt werden.

Staatliches Monopol

Eine Möglichkeit, dem Phänomen des automatisierten Fahrens oder auch nur einzelnen Teilen davon – insbesondere dem Umgang mit Daten – zu begegnen, wäre die Monopolisierung der entsprechenden Tätigkeiten.

Die Verwaltungsrechtslehre unterscheidet je nach rechtlicher Grundlage zwischen faktischen und rechtlichen Monopolen. Bei den faktischen Monopolen ist eine wirtschaftliche Tätigkeit Dritten grundsätzlich nicht versagt, doch sind diese, insbesondere wegen der Hoheit der entsprechenden Gemeinwesen über die öffentlichen Sachen (etwa Strassen), faktisch von den entsprechenden Tätigkeiten ausgeschlossen. Ein rechtliches Monopol dagegen beruht auf einer Rechtsgrundlage. Auf Bundesebene müssen sich rechtliche Monopole auf einer Einzelermächtigung der Bundesverfassung stützen (siehe U. Häfelin/G. Müller/F. Uhlmann, Allgemeines Verwaltungsrecht, 7. Aufl., Zürich 2016, Rz. 2691 ff.). Je nach Zielsetzung eines Monopols wird weiter zwischen Intrastruktur- und Polizeimonopol unterschieden. Durch ein Infrastrukturmonopol, etwa Eisenbahnmonopol (Art. 87 BV) oder Postregel (Art. 92 BV), soll die Infrastruktur für die Versorgung der Bevölkerung mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen sichergestellt werden. Durch ein Polizeimonopol soll Privaten die wirtschaftliche Tätigkeit zum Schutz von Polizeigütern entzogen werden. Zu den Polizeigütern gehört insbesondere die öffentliche Ordnung und Sicherheit und damit der Schutz der Rechtsgüter von Privaten wie deren Leben, Gesundheit und Persönlichkeit (siehe Häfelin/Müller/Uhlmann, Rz. 2549).

Mit Bezug auf den Umgang mit Daten, welche durch automatisiertes Fahren anfallen, sind sowohl ein Infrastrukturmonopol als auch ein Polizeimonopol denkbar. Soweit man die Zurverfügungstellung der Infrastruktur für das automatisierte Fahren als wichtige Dienstleistung begreift, mit welcher die ganze Bevölkerung versorgt werden soll, ist ein entsprechendes Infrastrukturmonopol denkbar. Bei einem Infrastrukturmonopol ist immer auch die Frage zu stellen, ob der freie Markt die Versorgung der Bevölkerung mit dem besagten Gut nicht gleich gut oder gar besser schafft. Ist dies der Fall, dann erscheint ein Infrastrukturmodell als unangemessen. Wenn man davon ausgeht, dass durch das automatisierte Fahren (und insbesondere mit dem Umfang mit Daten) die Verkehrssicherheit und damit körperliche Gesundheit der Verkehrsteilnehmer auf dem Spiel steht, lässt sich ein Polizeimonopol begründen. Zusätzlich kann beim Datenumgang argumentiert werden, dass neben der Verkehrssicherheit auch persönliche Daten der Involvierten gefährdet sind, welche es zu schützen gilt. Wie beim Infrastrukturmonopol stellt sich auch beim Polizeimonopol die Frage nach der Verhältnismässigkeit. Hier ist zu fragen, ob die in Frage stehenden Polizeigüter nicht durch weniger eingreifende Massnahmen geschützt werden können.

Wird ein staatliches Monopol eingeführt, heisst dies nicht zwingend, dass die entsprechende wirtschaftliche Tätigkeit allein vom Staat oder von staatlichen Betrieben ausgeübt werden muss. Vielmehr besteht die Möglichkeit der Konzessionierung. Die Konzessionierung ist eine Verleihung des Rechts zur Ausübung einer monopolisierten Tätigkeit an Private. Dabei wären in der entsprechenden gesetzlichen Grundlage die Konzessionsbestimmungen festzulegen, welche dann aufgrund einer staatlichen Verfügung für den entsprechenden Konzessionär gelten würden. Liesse die gesetzliche Grundlage einen gewissen Spielraum zu, wären auch Regelungen mittels öffentlich-rechtlichen Vertrags denkbar (siehe zu dieser Thematik Häfelin/Müller/Uhlmann, Rz. 2720). Der Umstand, dass Private als Konzessionäre eine Rolle spielen können, darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass der privatwirtschaftliche Wettbewerb ausgeschlossen wäre. Die Einführung eines Monopols wäre der schwerste Eingriff in die

Wirtschaftsfreiheit gemäss Art. 27 BV.

Polizeiliche Bewilligung

Ein weniger weitgehendes rechtliches Instrument als das Monopol ist die polizeiliche Bewilligung bzw. die Polizeierlaubnis. Die Polizeierlaubnis ist eine Verfügung, mit welcher eine aus polizeilichen Gründen unter einer Bewilligungspflicht stehende Tätigkeit zugelassen wird (Häfelin/Müller/Uhlmann, Rz. 2650). Das Anwaltspatent, der Führerausweis gemäss Art. 10 Abs. 2 SVG, der Fahrzeugausweis gemäss Art. 11 Abs. 1 SVG oder auch die Typengenehmigung gemäss Art. 12 SVG sind derartige polizeiliche Bewilligungen. Im Gegensatz zu rechtlichen oder tatsächlichen Monopolen schliessen polizeiliche Bewilligungen den Wettbewerb nicht aus.

Wie oben bereits dargelegt, bedeutet das automatisierte Fahren wie der Verkehr im Allgemeinen eine potentielle Gefahr für das menschliche Leben, weshalb Polizeigüter betroffen sind. Dazu kommt die datenschutzrechtliche Problematik, welche im Sinne des Persönlichkeitsschutzes auch ein Polizeigut ist.

Es erscheint naheliegend, die bestehenden Polizeibewilligungen der Fahrzeugausweise und Typengenehmigungen für Fahrzeuge auf den Umgang mit Daten auszuweiten. Es könnte im SVG oder separaten gesetzlichen Grundlagen festgehalten werden, dass Fahrzeugausweise und Typengenehmigungen nur erteilt werden, wenn konkrete Anforderungen mit Bezug auf den Umgang mit Daten erfüllt sind.

Da der Umgang mit Daten sich nicht auf das Fahrzeug beschränkt, wäre es denkbar, insoweit eine allgemeine Bewilligungspflicht zu statuieren und alle Akteure, welche mit Daten wirtschaften, einer Bewilligungspflicht zu unterstellen.

Rechte und Pflichten im Umgang mit Daten, insbesondere Datenschutzrecht und Datenzugangsrechte

Letztlich besteht die Möglichkeit einer direkten Regelung des Umgangs mit Daten, ohne dass dabei ein Monopol geschaffen oder eine Polizeierlaubnis statuiert wird. Hierbei sind unterschiedliche Regelungen denkbar, welche Rechte und Pflichten im Umgang mit Daten statuieren.

Was den Schutz von persönlichen Daten betrifft, so gilt grundsätzlich das schweizerische DSG sowie gegebenenfalls die europäische DSGVO. Denkbar ist, dass im Bereich des Umgangs mit Daten betreffend automatisiertes Fahren datenschutzrechtliche Spezialregeln getroffen werden. Diese Möglichkeit besteht nur für das DSG. Für die DSGVO fehlt der Schweiz eine Regelungskompetenz.

Soweit staatliche Behörden im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren eine Rolle einnehmen, bedarf ihre Datenbearbeitung von vornherein einer gesetzlichen Grundlage.

Wie bereits weiter oben skizziert, besteht die Möglichkeit, Datenzugangsrechte einzuführen, sei dies allgemein, sei dies spezifisch mit Bezug auf das AF. Dort, wo der fehlende Datenzugang ansonsten zu einem Marktversagen führen würde, wären Datenzugangsrechte ein rechtliches Gestaltungsmittel. Der Datenzugang wäre zu vergüten, da ansonsten der Dateninhaber keinen Anreiz hätte, die entsprechenden Daten zu sammeln und aufzubereiten.

5.3 Übersicht über finanzielle Aspekte

Im Zusammenspiel zwischen Behörden, Service-Anbieter und Nutzer spielen auch finanzielle Aspekte eine Rolle. Dies gilt etwa bezüglich der möglichen Businessmodelle für Service-Anbieter oder aber auch für allfällige Anreizsysteme zur Lenkung des

Verkehrs. Grundsätzlich lässt sich hierbei die These fassen, dass im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung Lizenz- und Mietmodelle an Bedeutung gewinnen dürften. Dies gilt nicht nur für die Nutzung genereller Software, sondern vermehrt auch für die Nutzung der Hardware und darüber hinaus gar für die Nutzung von Daten. Wie bereits in Absatz 5.2.1 geschildert, verkaufen etwa Daten-Serviceanbieter die Daten nicht per se, sondern eine Lizenz zu deren Nutzung. Die Nutzung ist dabei an vertraglich festgelegte Rahmenbedingungen geknüpft. Operativ erfolgt die Nutzung der Daten mittels Zugriffs auf die entsprechende cloudbasierte Datenbank. Genauso ist auch bei Software-as-a-Service und Hardware-as-a-Service die Cloud als Basis die Regel.

Datengetriebene Geschäftsmodelle

Die Automobilindustrie ist eine der Branchen mit dem grössten Datenaufkommen, und das automatisierte Fahren forciert die Konvergenz der Branche, wodurch zahlreiche datengestützte Geschäftsmöglichkeiten entstehen (Seiberth 2015). Weltweit drängen daher führende Internetplattform-Anbieter derzeit in die Automobilindustrie und Mobilität, um neue datengesteuerte Geschäftsmodelle im beginnenden Internet der Dinge vorzubereiten. Beispielsweise will Apple nicht nur mit seinem CarPlay-System, sondern auch mit Software rund um das automatisierte Fahren zu einem relevanten Spitzenreiter werden, Googles Schwesterunternehmen Waymo ist führend bei der Entwicklung von AF-Technologien, und Amazon bringt ihre sprachgesteuerte, intelligente persönliche Assistentin Alexa in Autos und schafft so einen nahtlosen Übergang vom Zuhause zum Auto (Huynh 2017, Fairfield 2016, BMW Group 2017). Dieser zunehmende Wettbewerb wird aber auch die Investitionen von OEMs in Mobilitätsdienste beschleunigen und dafür sorgen, dass man sich zunehmend einem „Auto-as-a-Service-Modell“ zuwendet. Das wachsende AF-Ökosystem zwischen Auto-OEMs, Software-Integratoren, Telekommunikationsunternehmen und anderen Firmen wird neue Bereiche des Wettbewerbs eröffnen. Laut der Studie „2017 Global Automotive Industry Outlook“ von Frost & Sullivan (2017) steigen die Umsätze dabei durch Elektrifizierung, intelligente Mobilitätsdienstleistungen und der Entwicklung von vernetzten und automatisierten Fahrzeugen weltweit auf 1,3 Billionen US-Dollar in 2030 an.

Die Begründung ist klar: Das (automatisierte) Auto wird die nächste grosse Computerplattform darstellen, und die Fahrzeuge werden stark mit allen IoT-Bereichen verbunden sein. Wenn Technologieunternehmen die Schnittstelle im Auto besitzen, haben sie die Möglichkeit, die Plattform zu besitzen und Daten zu erhalten, um ihre Dienstleistungen zu verbessern und den Kundenzugang weiter zu verbessern. Dabei werden Daten nicht nur genutzt, um bestehende Prozesse und Funktionen zu verbessern, sondern auch um völlig neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen (Schrage 2016). Schlüsselressourcen für solche datenbasierte Geschäftsmodelle sind neben etablierten Ressourcen wie Marke, Mitarbeiter, Technologie und Partnerschaften eben insbesondere auch Daten. Daten können dabei auf unterschiedliche Art und Weise Mehrwert kreieren: Daten können 1. einen ergänzenden Mehrwert für eine Schlüsselressource (z. B. die Technologie AF) schaffen oder 2. konstitutiv die Schlüsselressource selbst bilden (z.B. als Input zur Transportsteuerung).

Dabei ist es für viele Datenbasierten Dienstleistungen noch unklar, wie Daten als Unternehmensressource funktionieren und was ihre Eigenschaften im Vergleich zu anderen Ressourcen sind. Die typischen Anforderungen an eine Ressource – wertvoll, selten und nicht substituierbar – sind für Daten nicht in allen Fällen gleichermassen relevant, z. B. wenn es sich um „open source“ und Crowd-Quellinformationen im Rahmen von Open Government Data (OGD) Strategien handelt.

Datenbasierte Geschäftsmodelle verfolgen jedoch letztlich das Ziel, mit der Zurverfügungstellung von Daten Geld zu verdienen. Dabei wird die Berechnung des Returns on Investment in einem datenbasierten Geschäftsmodell auf Basis einer Systemwertschöpfungskette aus Sensoren, Netzwerk, Speicher und Daten sowie durch die notwendige Kooperation mehrerer Akteure immer komplizierter. Ein wesentlicher Bestandteil von solchen Geschäftsmodellen ist die Frage danach, wie benötigte Daten für die Dienstleistung gewonnen werden können, wenn sie nicht sofort verfügbar sind oder wenn der Arbeitsaufwand bei der Verarbeitung dieser Daten nicht allein bewältigt werden

kann. In diesem Fall ist es wichtig zu entscheiden, ob die Zusammenarbeit mit Partnern ein notwendiges Unterfangen ist, um das Leistungsversprechen gegenüber Zielkunden einhalten zu können.

Unternehmen, gemeinsam mit kommunalen Verwaltungen, werden zunehmend Partnerschaften rund um das AF-Ökosystem entwickeln müssen, in dem Informationen zwischen den relevanten Parteien ausgetauscht werden, um datengesteuerte und daten-angereicherte Dienste zu entwickeln, bereitzustellen und zu nutzen. Die zunehmende Bedeutung von Zusammenarbeit mit externen Akteuren stellt Anforderungen an klare Regeln für die inter-organisatorische Zusammenarbeit. Die datengetriebene Entwicklung von Geschäftsmodellen erfordert die Integration zusätzlicher Akteure, die bisher evtl. keine entscheidende Rolle bei der Serviceinnovation gespielt haben. Beispielsweise müssen Unternehmen Beschaffungsentscheidungen (entsprechend ihrer Kompetenzen) treffen, ob sie Datenanalysen intern durchführen oder diesen Prozessschritt an spezialisierte Partner auslagern. Darüber hinaus gewinnen Rechtsabteilungen, die Fragen rund um die Möglichkeiten der Datenverwendung klären, an Bedeutung, um Innovatoren von datengesteuerten Diensten Rechtssicherheit zu bieten. Schliesslich erfordern Umsatzmodelle für datengesteuerte Dienste die Zusammenarbeit mit Akteuren, die bereits Erfahrung mit Vertragsbeziehungen haben, die über den traditionellen Einmalverkauf (z. B. von Autos durch OEMs) hinausgehen und Lösungen wie Abonnements oder variable Nutzungsentgelte und deren Zahlungsbedingungen anbieten.

Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Überlegungen scheint folgende Definition eines datengesteuerten Geschäftsmodells nach Seiberth und Gründinger (2018) passend: Ein datengesteuertes Geschäftsmodell ist ein Geschäftsmodell, das beschreibt, wie Daten als primäre Geschäftsressource genutzt werden, um Kunden Wert zu liefern und diesen Wert durch direkte oder indirekte Monetarisierung in Umsatz und/oder Gewinn umzuwandeln (Bertoncello et al. 2016, Dungs 2016). Daten werden – ergänzend oder konstitutiv – verwendet, um einen Mehrwert für Produkte und Dienstleistungen, interne und externe Prozesse zu liefern oder die Arbeitsweise eines Unternehmens selbst zu verbessern.

Anreizsysteme

Anreizsysteme zur Lenkung des Verkehrs sind ein Ansatz für die Behörden, wie diese beispielsweise den Einfluss durch Serviceanbieter im Bereich der Verkehrsinformationen und Navigationsdiensten beeinflussen können. Dabei muss solches nicht zwingend mit einem Mobility Pricing einhergehen, gibt es doch auch alternative Ansätze. So verfolgt etwas METROPIA in den USA den Weg, mittels Vergabe von Punkten die Verkehrsteilnehmenden auf entsprechenden Routen zu halten, die aus Nutzersicht unmittelbar nicht die besten Alternativen darstellen, im Sinne des Gesamtsystems aber wirkungsvoll sind, sei dies zur Staureduktion oder auch zur Vermeidung unerwünschter Emissionen. Eine hohe Anzahl Punkte wird entsprechend belohnt.

5.4 Bedürfnisse der am AF-System beteiligten Akteure

Im Hinblick auf eine integrale Evaluation des automatisierten Fahrens und des damit einhergehenden Umgangs mit den Daten ist eine Kenntnis der Bedürfnisse und Präferenzen seitens der wesentlichen am AF-Ökosystem beteiligten, als Anspruchsgruppe auftretenden oder unmittelbar tangierten Akteure unerlässlich.

Wesentliche relevante Akteure werden im Folgenden identifiziert und typisiert und von ihnen eingenommene Haltungen, anvisierte Ziele und beabsichtige Massnahmen festgehalten, was unter anderem aus Positionspapieren, Strategien und Aktionsprogrammen ersichtlich wird:

- Städte und territoriale Einheiten in ihrer Rolle als Repräsentanten der Zivilgesellschaft und Vertreter der Bürger,

- Nutzer resp. Verkehrsteilnehmende als Mitnutzer von Strassenräumen und Verkehrsflächen, Passagier und Kunde,
- Betreiber der Infrastuktur (insb. Transportunternehmen) und
- Service-Anbieter (Mobility as a Service MaaS, Traffic Management as a Service TMaaS, Daten-Service-Anbieter etc.).

Die folgende Abhandlung bildet die Grundlage für die Beurteilung verschiedener Entwicklungspfade im Lichte der involvierten Akteure in Kapitel 7. Im Umkehrschluss lässt sich daraus auch folgern, ob die mit dem automatisierten Fahren und den verfügbaren Daten einhergehenden Chancen und Risiken mit den Bedürfnissen und Präferenzen korrespondieren oder ob es strategischer Anpassungen bedarf.

5.4.1 Städte und territoriale Einheiten

Der Einsatz von automatisierten Fahrzeugen und CAV (Connected and Automated Vehicles) wird erhebliche Auswirkungen auf die meisten verkehrlichen und städtebaulichen Ansätze haben. Ein proaktives Handeln durch die Behörden, abgestuft nach und koordiniert zwischen den Ebenen Gemeinde – Bund – Kanton, ist daher notwendig. Das Polis-Positionspapier "Road Vehicle Automation and Cities and Regions" (Polis 2018) gibt einen strukturierten Überblick über die Auswirkungen des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge; es konzentriert sich auf die Auswirkungen auf Verkehrssicherheit, Verkehrseffizienz, Infrastruktur, sozioökonomische Aspekte, Verkehrsverhalten und Raumplanung und setzt einen bewussten Gegenpol zu den bisweilen euphorischen Annahmen und Erwartungen, die insbesondere der Technologiesektor in den Diskurs einbringt. Die erwartbaren Auswirkungen des automatisierten Fahrens – mit möglichen positiven wie negativen Entwicklungen im Mobilitätsverhalten – unterliegen, wie in Kapitel 2 einführend erwähnt, bedingt durch die Grenzen der Vorhersagbarkeit der relevanten technologischen Entwicklungen einem hohen Mass an Unsicherheit. Insbesondere die Frage, wie und wann welche der benötigten Technologie den Reifegrad zum Alltagseinsatz erlangt, unterliegt stark divergierenden Aussagen (siehe auch Kapitel 0). Gerade deshalb „ermahnt“ Polis Behördenvertreter, so früh wie möglich aktiv Regulierungsansätze zu erarbeiten und sich nicht von der Komplexität der Zusammenhänge vom aktivem Handeln abhalten zu lassen.

Der Diskurs um den Umgang mit Daten zur künftigen Steuerung von Städten hat an Schärfe gewonnen, seitdem eine breite Öffentlichkeit die Absichten des Google-Konzerns angesichts des durch dessen Einheit Sidewalk Labs zu erstellenden Neubau-Stadtteil an der Toronto Waterfront hinterfragt (Toronto Life 2019). Die Betrachtung geht dabei deutlich über das Feld der Mobilität hinaus und beleuchtet insbesondere die Frage, wie der Umgang mit Daten verhaltensökonomisch einzuordnen sei: Zuboff (2019) verortet den Kernaspekt im Übergang von einer beobachtenden Analytik zur auf den Erkenntnissen basierenden Massnahmen, die den Charakter aktiv steuernder Eingriffe haben (shift from „monitoring“ to „actuation“). Ohne betont restriktive Auflagen z. B. bezüglich der Anonymisierung von Daten sieht Zuboff einen „Surveillance Capitalism“ entstehen, bei dem auf Datenanalytik des privaten Sektors fussende Entscheide letztlich demokratisch gewählte Gremien ablösen. Diese Bedenken betreffen grundsätzlich auch den Sektor des automatisierten Fahrens und stellen insbesondere hohe Anforderungen an Gestaltung, Verwaltung und Überwachung künftiger Verkehrsmanagement-Zentralen (siehe Kapitel 7.1), was deren fast zwingende Unterstellung unter staatliche Behörden nahelegt.

5.4.2 Verkehrsteilnehmende und Nutzer

Das CoEXist-Projekt fokussiert sich auf die wichtigsten Unsicherheiten, denen die Kommunen und Behörden gegenwärtig gegenüberstehen. Diese können in drei verschiedene Fragen gegliedert werden:

- Wie lässt sich ein Bewusstsein für automatisiertes Fahren erschaffen?
- Wie plant man für CAVs?
- Wann und wie können „automation-ready“-Massnahmen implementiert werden?

Infrastrukturelle und verbundene regulatorische Massnahmen können auch unbeabsichtigte gesellschaftliche Auswirkungen nach sich ziehen. So kann etwa eine verkehrsberuhigte Zone auch zu sozialer Ungleichheit führen, wenn z. B. ein Dienstleister mit seinem Lieferwagen von physischem Zugang ausgeschlossen wird. Vorgänge der Exklusion können auch im Umgang mit Daten in Prozessen des automatisierten Fahrens auftreten, wenn z. B. für die Benützung bestimmter Strassenabschnitten das Vorhandensein einer spezifischen Technologie am Fahrzeug vorausgesetzt wird. Dies bedeutet, dass insbesondere in Einführungs- und Mischverkehrsphasen auf eine universelle geographische Zugänglichkeit geachtet werden muss: Jeder Ort muss demnach auch mit konventionellen Fahrzeugen resp. solchen, die nur Mindestanforderungen erfüllen, erreichbar sein.

In seiner umfassenden Analyse des Umgangs mit Daten als grundlegende Ressource für digitale Geschäftsmodelle und datenbasierte Produkte arbeitet Andreas Weigend (2017) sechs Handlungsebenen heraus, die einem Nutzer ein Mass an Kontrolle gegenüber Datenaggregatoren und -veredlern geben: Neben dem Zugangsrecht zu personenbezogenen Daten und einem Einblick in die Datenrendite, also einem Verständnis dafür, welchen Nutzen eine Datenraffinerie aus dem gewonnenen Mehrwert erzielt, sind dies "das Recht, Daten zu ergänzen, das Recht, Daten unkenntlich zu machen, das Recht, mit [...] Daten und den Einstellungen der Raffinerie zu experimentieren und das Recht [...] Daten zu portieren, also woandershin mitzunehmen."

Im Bereich des automatisierten Fahrens stellt sich grundsätzlich die Frage, in welchem Umfang und in welcher Granularität Nutzerdaten vorausgesetzt werden können oder sollen. Weigend schlägt bezüglich datenbasierter Dienstleistungsangebote grundsätzlich vor, dass es dem einzelnen Nutzer überlassen bleiben soll, ob dieser von einem digitalen Dienst stark personalisierte Empfehlungen beziehen möchte und dafür ein hohes Mass an persönlichen und verhaltensbezogenen Daten zur Verfügung stellt, oder ob ein Nutzer weniger Einblick in seine Daten gewährt und dafür unschärfere Empfehlungen oder Services angeboten bekommt, was dem Nutzer eine weitgehende Hoheit über den Umfang von und dem Umgang mit seinen zu verwendenden Daten einräumt. In einem AF-Ökosystem bedeutet dies, dass für den Nutzer ersichtlich sein muss, welchen zusätzlichen Datenbedarf sowohl Grund- wie auch Mehrwertdienste erfordern.

5.4.3 Infrastrukturbetreiber

Wie jede Infrastruktur besteht auch die der Datengenerierung, den Datenprozessen und dem Datenaustausch dienende aus Hardware- und Prozesskomponenten. Zu letzteren zählen neben Computer-Code auch enthaltenes Wissen, zugrundeliegende Werte, Erfahrungen, Regulierungselemente, aber auch verbundene Erhalts- und Erneuerungsstrategien.

In Gesellschaften haben sich zwei grundlegende Ansätze des Umgangs mit Infrastruktur herausgebildet: Einerseits bewusste Sichtbarkeit von Infrastruktur, die bis zu deren Überhöhung durch Inszenierung reichen kann, anderseits eine bewusste Unsichtbarkeit, d. h. das Vorhandensein und Wirken im Hintergrund mit nur minimaler oder gar keiner Lesbarkeit physischer Präsenz von Infrastruktur, im Sinne von Heideggers Vorhanden vs. Zuhanden (Heidegger 2001, Hatab 2018). Welcher Umgang für eine spezifische Infrastruktur und Kontext gewählt wird, ist dabei nicht nur eine sich funktional aus den Anforderungen an die technische Wirkung von Infrastruktur ergebende Entscheidung, sondern auch eine politische. Im Hinblick auf den Umgang mit Daten im automatisierten Fahren stellt die grundsätzliche Unsichtbarkeit von Daten u. a. besondere Anforderungen an das Design der Schnittstellen zum Menschen, die zugrundeliegende Funktionalitäten abbilden müssen und den Nutzer nicht über Struktur und Funktionalität der mit dem Austausch von Daten verbundenen Prozesse täuschen dürfen: Neben

Nutzbarkeitsgesichtspunkten sind dabei auch Aspekte der Sicherheit, der Zugänglichkeit und der sozialen Akzeptanz zu beachten (Overakker 2017). Eine Ausarbeitung eines diesbezüglichen Regulierungsrahmens durch Behörden als Teil einer Lizenzierungsstrategie für Teilnehmer am System des automatisierten Fahrens erscheint daher sinnvoll.

Die ERTRAC Automated Driving Roadmap gibt einen umfassenden Überblick auf Basis des aktuellen technischen Stands über die verschiedenen automatisierten Funktionalitäten von vernetzter Fahrzeugen als Vorstufe zu automatisiert fahrenden Fahrzeugen (AF) im Hinblick auf deren erwartete, progressive Markteinführung. Analog der Überlegungen in Absatz 5.4.1 sind für koordinierte Infrastrukturinvestitionen nicht nur die Definition technischer Schnittstellen, sondern Regulierungsansätze notwendig, die Investoren und Betreibern Planungssicherheit geben.

5.4.4 Serviceanbieter

Beim automatisierten Fahren und damit verknüpften Entwicklungen im Feld der Mobilität sind psychologische Aspekte sowie Fragen der Akzeptanz neuer Technologie- und Mobilitätsformen von unterschätzter Bedeutung. Ein Beispiel dafür ist Carpooling: Obwohl neue Möglichkeiten und attraktive Angebote im Markt sind, hat sich gezeigt, dass viele in der Schweiz von zahlreichen Kunden nicht akzeptiert werden, daher ein Nischenprodukt bleiben und umgekehrt die kritische Masse nicht erreichen, um erfolgreich zu sein. Die Bereitschaft, zumindest anonymisierte Daten über einen eigenen, möglichen Fahrtwunsch zu teilen, ist aber ein Kernelement des Erfolgs. Carpooling kann in dieser Hinsicht als funktioneller Proxy für künftige AF-Robotaxi-Systems gelten.

Im Hinblick auf die Nutzung von Daten sind koordinierte Ansätze notwendig, um potenzielle negative Auswirkungen zu minimieren und vor allem die Möglichkeit zu nutzen, den Paradigmenwechsel zu einer nachhaltigeren Vision der urbanen Mobilität zu beeinflussen. Der UITP-Policy Brief "Autonomous vehicles: a potential game changer", der unter Beteiligung von Autoren dieses Berichts erarbeitet wurde, betont, dass Städte geteilte Mobilität fördern müssen, um Ineffizienzen wie Einzelbelegungen oder leere automatisierte Fahrzeuge zu vermeiden und Nutzungskonflikte antizipierend zu entschärfen. Diese Funktionalitäten und gesellschaftlichen Ansprüche wirken in zweifacher Weise normativ auf die Verwendung von Daten: Einerseits können neue Angebotsformen durch Serviceanbieter aus dem privaten Sektor entweder nicht entstehen oder sich wegen mangelnder Datengüte nicht am Markt behaupten, andererseits ist auf Seiten der Nutzer ein Akzeptanzproblem zu vermeiden.

5.4.5 Bedeutung des Umgangs mit Daten für Neue Angebotsformen im Verkehr

Um zu detaillierten Einschätzungen und Aussagen zu gelangen, werden die einzelnen Komponenten von Systemen des automatisierten Fahrens, welche die technische Grundlage für die Ausgestaltung neuer Angebote bilden, im Kapitel 7 und im Anhang detailliert betrachtet. Die Analyse der technischen Grundlagen bildet insofern Teil der Analyse dieses Berichts, als die abgeleiteten Erkenntnisse Teil einer Handlungsstrategie der Behörden sein müssen.

Durch politische Vorgaben zu definieren und technologisch abzubilden sind daher u. a. eine Verbesserung der Verkehrssicherheit für Fuss- und Veloverkehr, eine Verbesserung der Verkehrseffizienz durch Verkehrsflussoptimierung, ein in finanzielle Anreizsysteme übersetzbarer Einbezug der Auswirkungen des Modal Splits, die Möglichkeiten zur Verbesserung positiver Systemexternalitäten und Kenntnis über sowie aktive Minimierung von möglichen negativen Auswirkungen, eine Unterstützung von Massnahmen wie Ride-Pooling zur Reduzierung des Fahrzeugbesitzes, die systematische Verbesserung der Zugänglichkeit zu Wohnlagen, Arbeitsplätzen und Dienstleistungen durch Last-Mile-Angebote und die Sicherstellung sozialer Inklusion durch niederschwellige Zugänglichkeit.

5.5 Einsichten für die Gestaltung des Wegs zum automatisierten Fahren

Die Schweiz stellt hohe Ansprüche an Qualität, Effizienz und Ethik: Um zu verstehen, welche Einsichten sich aus Steuerlogiken und ihrer Rolle als Grundlage für ein aktives Verkehrsmanagement im Hinblick auf die Rolle von Daten und insbesondere Datenaustauschprozessen beim automatisierten Fahren gewinnen lassen, müssen die grundlegenden involvierten funktionalen Komponenten betrachtet und in ihrer Auslegeordnung verstanden werden: Es handelt sich u. a. um Sensoren, Kommunikationsprozesse, physische Infrastruktur als Teil des gebauten Umfelds, eine digitale Karte sowie die eigentliche Verkehrssteuerung (im Sinne der zugrundeliegenden Logik). Eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Elemente als Grundlage einer strikt analytischen, funktionsbasierten Herleitung, auf der später abgeleitete Handlungsempfehlungen aufbauen, ist in den Absätzen 6.1.2 und 6.1.3 zusammengestellt.

Sensoren müssen dazu in der Lage sein, den jeweiligen Strassenraum flächendeckend zu erfassen und alle sich darin bewegenden Verkehrsteilnehmer zu detektieren. Hierbei müssen insbesondere auch Verkehrsteilnehmer (passiv) erfasst werden, die nicht Teil des vernetzten Verkehrssystems sind. Dies sind in Übergangsszenarien ältere, nicht- oder teilautomatisierte Fahrzeuge, aber auch Fuss- und Veloverkehr, Reiter/innen oder Tiere. Hierbei sind auch der Grad an Automatisierung und der Anteil der automatisierten Fahrzeuge am Verkehrsaufkommen von Belang.

Eine der Aufgaben der Behörden wird es sein, Strassenräume in Klassen anwendbarer Fahrlogiken für automatisierte Fahrzeuge, d. h. Verhaltensklassen, einzuteilen. Die an das Fahrzeug übertragene und für dessen Verhalten massgebliche Einstufung muss sowohl – als sprungfest zu betrachtende – infrastrukturelle Variablen wie Ausbaugrad und technischen Zustand einer Strasse als auch hochvariable Umweltparameter wie Wetterbedingungen oder aussergewöhnliche Betriebslagen einbeziehen, die z. B. abweichend vom Regelzustand an einem bestimmten Ort besondere Vorsicht erfordern. Die Einteilung in Logik-Verhaltensklassen bildet daher immer einen bestimmten Zustand in Raum und Zeit ab, der laufender Überprüfung und, bei hinreichender Abweichung, Änderung unterworfen ist. Grundlage dafür sind laufende Rückmeldungen des Ist-Zustands an die Verkehrsmanagement-Zentrale durch jedes Fahrzeug, das den Raum befährt, und zwar bezüglich der infrastrukturellen und der hochvariablen Parameter wie aktuelle Hindernisse im Strassenraum.

6 Skizzierung möglicher Entwicklungspfade

Auf Basis der Erkenntnisse aus Kapitel 5 werden nun mögliche Entwicklungspfade des automatisierten Fahrens und der damit einhergehenden Daten skizziert. Diese Entwicklungspfade bilden die Basis für die Identifikation und Beurteilung der anfallenden Daten im nachfolgenden Kapitel 7. Gleichsam einem Baukasten werden hierzu zunächst die relevanten Elemente der Entwicklung, soweit diese heute bekannt sind oder skizziert werden können, bezeichnet und beschrieben, ehe auf deren Basis zunächst ein Entwicklungshorizont und in der Folge wesentliche Zwischenschritte dahin skizziert werden. Diese werden auch im Lichte der Nutzungsszenarios aus TP1 gespiegelt.

6.1 Identifikation und Beschreibung der relevanten Elemente der Entwicklung

Die Identifikation der relevanten Elemente der Entwicklung des automatisierten Fahrens im Allgemeinen und des Umgangs mit Daten im Speziellen impliziert ein klares Verständnis dieser Begriffe. Daher werden diese zunächst definiert, ehe im Anschluss die relevanten Elemente benannt, beschrieben und auch in gegenseitigen Bezug gesetzt werden. Eine Synthese zum Elementkatalog bildet die Grundlage für die anschliessende Skizzierung des Entwicklungshorizonts.

6.1.1 Definitionen

Der Umgang mit Daten steht im Zentrum dieser Forschungsarbeit. Es wird dabei auf folgendes Verständnis abgestützt:

> Der Begriff **Daten** steht für Informationen, die in der Informations- und Kommunikationstechnologie als Input benötigt werden, als Prozesselemente verarbeitet und ausgetauscht werden und letztlich als Output für neue ICT-Prozesse oder für andersartige Verwendungen anfallen.
>
> Darüber hinaus hat der Begriff **Daten** eine Mehrdimensionalität, stehen die entsprechenden Informationen stets in Bezug zum Datenmodell, zum Datenprozess oder auch zum Dateninhaber und Datenlizenznehmer. Hierbei ist auch auf die Differenzierung bezüglich Zeitbezug zu achten (Echtzeit vs. ex-post/Statistik).

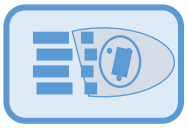
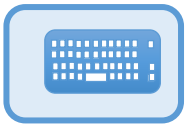
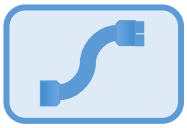
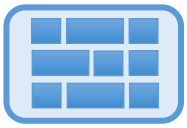
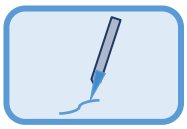
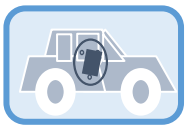
Der Umgang mit Daten wird dabei im Kontext des automatisierten Fahrens beleuchtet. So wird denn bezüglich des automatisierten Fahrens auf folgender Definition basiert:

> Unter dem Begriff **automatisiertes Fahren** wird zunächst die eigentliche automatisierte Fahr- und Lenktechnik (Beschleunigen, Bremsen, Steuern) verstanden, darüber hinaus aber auch automatisierte Vorgänge bezüglich Startort-, Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl inklusive Wahl der Abfahrts- und oder Ankunftszeit (‚Scheduling', ‚Routing'). Letzteres ist insbesondere im Hinblick auf Fragen zum Verkehrsmanagement und zur Verkehrslenkung von Relevanz.

6.1.2 Elemente

Nachfolgend in *Tab. 1* sind die wesentlichen Elemente aufgeführt und kurz beschrieben. Weitere Einzelheiten zu den Elementen sind dem Anhang auf S. 153 zu entnehmen. Die Elemente stehen allesamt in engem Bezug zu Daten, da sie solche erzeugen, verarbeiten oder ausgeben.

***Tab. 1** ICT-Elemente*

	Regler	Ein Regler ist ein Element, das regelt, was unter welchen Bedingungen zu einem bestimmten Zeitpunkt geschieht respektive geschehen soll. Es ist somit ein Element, das Entscheidungen vornimmt respektive vornehmen kann. In der Summe gegenseitig angeordneter Regler stellt es eine Einheit dar, die Datenprozesse durchzuführen vermag.
	**Sensor**	Ein Sensor ist ein Element, das Objekteigenschaften des Umfelds erfasst und in rechentechnische Daten umwandelt. Dieser unmittelbare erste Datensatz stellt den Rohdatensatz dar, der in der Regel im Hinblick auf die Datenverwertung aufbereitet und auch aggregiert wird. Hierzu ist im Sensor ein entsprechender Regler untergebracht.
	Monitor (quasi Gegenstück zum Sensor)	Beim Monitor handelt es sich um ein Element, das Daten oder Datenprozesse für den Betrachter erfassbar macht. Dies kann visuell, akustisch oder beispielsweise auch haptisch erfolgen.
	**Tastatur**	Die Tastatur ist ein Element zur Eingabe von Information und deren Umwandlung in rechentechnische Daten. Die Eingabe kann manuell, aber sinnbildlich verstanden etwa auch akustisch (Mikrophon) erfolgen. Heutzutage sind auch Graphical User Interfaces (GUI) stark verbreitet (z. B. auf Smartphones).
	**Kommunikation/ Vernetzung inkl. Schnittstellen**	Die Vernetzung stellt jenes Element dar, das auf der maschinellen Ebene den elektronisch-digitalen Austausch von Daten ermöglicht. Beidseits des Kommunikationsmediums sind entsprechende Schnittstellen angeordnet, über welche die Daten vom Kommunikationsmedium ins angeschlossene Gerät oder Element überführt werden und umgekehrt.
	**Sicherheitselement**	Sicherheitselemente sind Elemente, die das betreffende Systemelement vor unbefugtem Zugriff durch Dritte oder Dritt-Systemelemente (nach Möglichkeit) unterbindet. Eine solche Firewall überprüft zunächst den zufliessenden Datenstrom, ehe sie die unproblematischen Datenpakete durchlässt.
	Leserecht[1]	Das Leserecht ist ein funktionales Element, welches das rechtmässige Lesen von und somit das Zugreifen auf Daten ermöglicht. Es ist an ein entsprechendes Sicherheitselement, das den Datenzugang überwacht, gekoppelt.
	**Schreibrecht**[1]	Das Schreibrecht ist ein funktionales Element, welches das rechtmässige Schreiben respektive Eingeben von Daten ermöglicht. Es ist an ein entsprechendes Sicherheitselement, das den Datenzugang überwacht, gekoppelt. Mit dem Schreibrecht ist somit in gegebenen Umfang ein Einwirken auf allfällige Datenprozesse verknüpft.
	**Automatisiertes Fahrzeug**	Ein automatisiertes Fahrzeug ist ein Fahrzeug, das sämtliche für eine Fahrt von A nach B erforderlichen Vorgänge automatisiert durchführt und dementsprechend mit einem Regler ausgestattet. Dabei ist es grundsätzlich unerheblich, ob es diese Vorgänge isoliert oder im datenbasierten Austausch mit anderen Fahrzeugen oder Elementen erledigt.
	Gadget	Bei einem Gadget handelt es sich um einen Kleincomputer, der bestimmte Funktionalitäten in sich vereinigt. Dabei stellt das Smartphone ein zentrales Gadget dar, das für viele mobile konsumierte Services von zentraler Bedeutung ist.

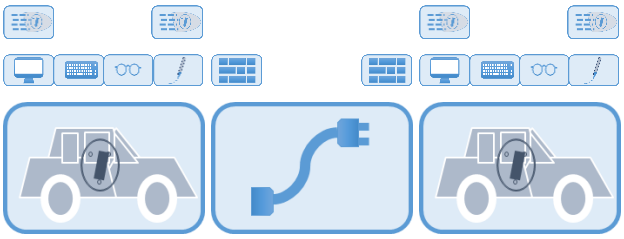
[1] Lese- und Schreibrechte verstehen sich als Funktionalitäten, die aus jeweiligen Vereinbarungen hervorgehen. Es handelt sich somit nicht um auf die Gesetzgebung gestützte Rechte.

6.1.3 Element-Konstellationen und -Interaktionen

Nachfolgend sind einige grundlegende Konstellationen von Elementen dargestellt. Sie visualisieren die Struktur und gegenseitige Anordnung der Elemente. Daraus wird ersichtlich, welche Eigenschaften aus der Konstellation und der Interaktion der Elemente hervorgehen. Dies ist im Hinblick auf die Skizzierung der Entwicklungspfade und insbesondere die Identifikation der anfallen Daten in Absatz 7.1 von Bedeutung. So spielen etwa in Bezug zu einem automatisierten Fahrzeug Sensoren, Monitore, Tastaturfunktionen inklusive Lese- und Schreibrechte wie auch (Daten-) Sicherheitselemente eine Rolle.

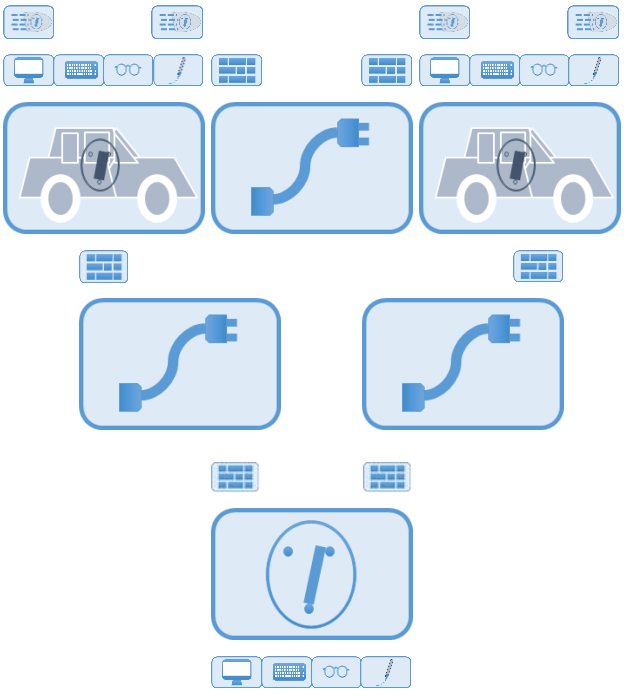
Fahrzeug – Fahrzeug

Die Fahrzeuge kommunizieren über einen Kommunikationsträger und beidseitig angeordnete Schnittstellen miteinander und tauschen so verschiedene Daten miteinander aus, die dann im jeweiligen Fahrzeug weiterverarbeitet und gegebenenfalls auch angezeigt werden.



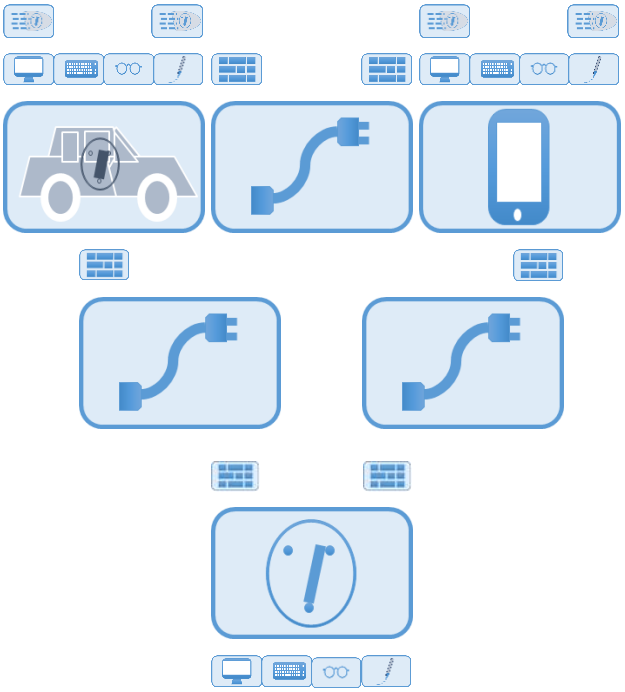
Fahrzeug – Fahrzeug - Regler

Die Fahrzeuge, die über einen Kommunikationsträger und beidseitig angeordnete Schnittstellen miteinander kommunizieren und so verschiedene Daten miteinander austauschen, sind einzeln über einen Kommunikationsträger und beidseitig angeordnete Schnittstellen mit einem externen Regler (z. B. LSA, Verkehrsrechner, Verkehrsdatenplattform) verbunden und tauschen mit diesem entsprechende Daten aus.



Fahrzeug – Gadget – Regler

Ein Fahrzeug kommuniziert über einen Kommunikationsträger und beidseitig angeordnete Schnittstellen mit einem Gadget (z. B. Smartphone) und tauscht so mit diesem verschiedene Daten aus, die dann beidseits weiterverarbeitet und gegebenenfalls auch angezeigt werden. Darüber hinaus sind beide einzeln über einen Kommunikationsträger und beidseitig angeordneter Schnittstellen mit einem externen Regler (z. B. LSA, Verkehrsrechner, Verkehrsdatenplattform) verbunden und tauschen mit diesem entsprechende Daten aus.



6.1.4 Synthese

Aus obiger Auslegeordnung von Elementen und deren Konstellationen kristallisiert sich heraus, dass Daten in Bezug zur Rechentechnologie wie auch zur Funktionalität des Systems eingeordnet und differenziert werden können. Es ist somit für die Bedeutung nicht nur von Relevanz, ob z. B. ein Datensatz mit Information zur aktuellen Geschwindigkeit im Fahrzeug über einen Monitor als Information an Fahrzeuginsassen abgegeben oder via Mobilfunknetz an einen zentralen Server mit Zugriffsberechtigung durch die Polizei übermittelt wird, sondern auch, ob z. B. die Fahrzeuginsassen bei entsprechender Geschwindigkeit einen Systemeingriff wahrzunehmen haben oder ob die Polizei die Geschwindigkeitsangabe zur Strafverfolgung einsetzt. Die resultierende **Funktionalität** kommt den involvierten **Akteuren** seitens **Behörden**, **Serviceanbieter** und **Nutzer** im Sinne der Verkehrsteilnehmenden zugute. Allesamt bilden diese Elemente das **AF-Ökosystem**.

Aus rechentechnologischer Sicht können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Ohne **Datenquellen** gibt es keine Daten, daher ist es zentral, die wesentlichen Datenquellen zu kennen und zu benennen.
- Daten resultieren nicht nur aus Datenquellen, sondern als Resultat einer Verarbeitung auch aus **Datenprozessen**.
- Damit Daten für unterschiedliche Nutzer verfügbar sind, braucht es entsprechende **Datenzugänge**.

Die genannten Erkenntnisse erscheinen zunächst als etwas lapidar, sie sind aber im Hinblick auf eine systematische Identifikation der Daten im Absatz 7.1 zentral. Angesichts dessen werden die Begriffe Datenquellen, Datenprozesse und Datenzugänge in der Folge summarisch kurz umrissen.

Datenquellen als Input für Datenprozesse

Angesichts der Frage nach dem Umgang mit Daten stellt sich zunächst die Frage, wo Daten ihre ursprüngliche Quelle haben, ehe sie nach Bedarf in Datenprozessen verarbeitet werden. Ursprünglich bezieht sich der Begriff Datenquelle daher wirklich auf neu an der Quelle entstehende Daten etwa im Unterschied zu Daten, die irgendwelchen Datenprozessen entspringen und, je nach dem in Kombination mit anderen Daten, als Input für weitere Datenprozesse dienen.

Zur Generation von Daten an der Quelle gibt es zwei wesentliche Instrumente: Zum einen sind dies **Sensoren** verschiedenster Art, zum anderen **Eingabeportale**.

Zentrale Beispiele für Sensoren sind etwa:

- (Wärme-)Bildkamera
- Scanner
- Radar
- GPS (Lokalisierung)
- Geschwindigkeitsmesser
- Zähldetektor
- Fahrzeug-/Sitzplatzbelegung
- Immissions-Messgeräte
- Mikrofon

Allesamt dienen sie der Umgebungsbeobachtung und erfassen dabei Elemente und Informationen wie beispielsweise andere Verkehrsteilnehmende, den Strassenzustand, die Position, Geräusche, Lärm, Schadstoffe etc.

Seitens der Eingabeportale sind etwa folgende Beispiele zu nennen:

- Tastatur
- Touchscreen
- Mikrofon (Alexa u. ä.)
- Maus

Über die Eingabeportale werden insbesondere Befehle, Präferenzen, Personen-Daten (z. B. für Benutzerprofile) und vieles mehr erfasst. Das Schreibrecht ist hierbei eine Voraussetzung, wobei dieses vor dem Hintergrund der Bearbeitungsebene zu relativieren ist. So ist es ein weiter Unterschied, ob via eine Eingabemaske Daten eingegeben werden oder ob direkt der Code bearbeitet wird.

Datenprozesse als Agieren mit und aufgrund von Daten

Zwar stellen erhobene Daten für sich selbst betrachtet schon einen Wert dar. Ein weitaus grösserer Nutzen entsteht jedoch, wenn diese Daten einem Datenprozess zugeführt werden, so dass damit eine spezifische Wirkung erzielt werden kann.

Ein Datenprozess ist zunächst die Aufbereitung der Daten aus den Datenquellen, wobei hier folgende Schritte und Methoden zu nennen sind:

- Validierung, Fusion, Aggregation und Reduktion der gewonnenen Daten für Echtzeit- und Statistikanwendungen (Datenmodelle)
- Prozesse der KI und des ML

Daraus lassen sich etwa Informationen zu Verkehrsangebot und -nachfrage wie auch zum Betrieb gewinnen. Auch können sogenannte Kollateralinformationen abgeleitet werden. Damit gemeint sind aus Daten gewonnene Erkenntnisse und Nutzen, die mit der primären Erhebungsabsicht nicht unmittelbar in Zusammenhang stehen. Ein Beispiel hierfür sind etwa die aufgrund von Navigationsdiensten gewonnenen FCD als Grundlage für verkehrsplanerische und -technische Analysen und Studien.

Darüber hinaus versteht sich ein Datenprozess im Sinne der Verwertung der (aufbereiteten) Daten, wobei hierzu folgende Prozesstypen zu nennen sind:

- Algorithmen zur Aufbereitung und Durchführung von Regelungsentscheiden (u. U. Echtzeitanforderungen)
- KI und ML, inkl. automatisierter situativer Code-Erstellung

Gegebenenfalls sind bei den Datenprozessen Echtzeitanforderungen zu berücksichtigen respektive einzuhalten oder einzufordern. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sicherheitsbedingt zeitkritischen Anforderungen zu entsprechen ist. Beispielsweise muss ein Steuergerät einer Lichtsignalanlage exakt sekundenscharf die Verträglichkeit des zu schaltenden Signalbilds (insbesondere Grün-Grün-Konflikt) überprüfen können. Analoges gilt etwa auch bei der V2V-Kommunikation: Erhält das nachfolgende Fahrzeug die Information über den Bremsentscheid des vorausfahrenden Fahrzeugs nicht rechtzeitig, so besteht akute Kollisionsgefahr.

Als Produkt dieser Datenprozesse resultiert ein Regelungsentscheid, der einen spezifischen Systemzustand erzeugt (statisch) oder unter Umständen weiterführende Prozesse initiiert (dynamisch). Der Output ist somit entweder Endprodukt und/oder sekundäre Datenquelle. Der Input stammt aus der Sensorik und/oder aus Datenprozessen.

Datenzugänge als Grundlage für die Verwertung von Daten

Damit gegebene Daten überhaupt verwertet werden können, braucht es entsprechende Datenzugänge, über die Daten bezogen respektive geladen werden können. Zu unterscheiden sind hierbei insbesondere **Monitore** und **Schnittstellen**.

Monitore können grundsätzlich visueller, aber auch akustischer oder anderweitiger Natur sein. Beispiele hierfür sind etwa:

- Fahrzeugarmatur
- Fahrgastinfoanzeigen
- Smartphones
- Verkehrsinformationsdisplay (VID)
- Lichtsignalanlage (LSA)
- Verkehrsfernsehen (VTV)
- Wechselwegweisung (WWW)

Sie ermöglichen die Abgabe von Information an die Umgebung respektive an die Nutzer, sei dies zum Verkehrssystemzustand, zu den Fahrplänen, zu Ticketkosten und zu vielem mehr.

Bei Schnittstellen handelt es sich um Zugänge auf der maschinellen Ebene, mit denen ein elektronisch-digitaler Austausch von Daten möglich wird. Diesbezügliche Beispiele sind.

- Datenplattformzugänge
- Einbindung von Apps an Datenquellen
- C-ITS und damit einhergehender Datenaustausch unter Fahrzeugen, zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur u. ä.

Der über eine Schnittstelle übermittelte Datenoutput ist applikationsspezifisch ausgestaltet und kennzeichnet sich zum Beispiel bezüglich Datenformat und Aggregationslevel der Daten.

Lese- und Kopierrecht/Lizenzrecht sind eine wesentliche Voraussetzung für den Zugang zu Daten. Vielfach geht dieser Zugang mit der Angabe von Personendaten (Benutzerprofil) o. ä. einher. Des Weiteren gilt es dabei, die Aspekte der Cybersecurity wie auch erforderliche und vorhandene Firewalls zu berücksichtigen.

6.2 Skizzierung des Entwicklungshorizonts „High Tec AF Level 4/5“

Ist auch noch so vieles zum automatisierten Fahren in den Grundzügen bekannt, so ist und bleibt es nach wie vor ein Wagnis, ein Verkehrssystem im Zeitalter des vollautomatisierten Fahrens zu beschreiben. Das im Anschluss skizzierte Szenario setzt dabei bei den mit einer automatisierten Mobilität einhergehenden möglichen Funktionalitäten an. Es baut also nicht explizit technischen Baustein um Baustein gemäss dem obigen Elementkatalog aneinander, sondern orientiert sich an deren Nutzung. Der Katalog kommt dann in Absatz 7.2 explizit zum Tragen, wenn es um die Identifikation der Daten geht.

> *Im Zeitalter des automatisierten Fahrens sind nicht nur das eigentliche Fahren des Fahrzeugs, sondern auch alle betrieblichen Entscheide vom Start bis zum Ziel einer jeden Fahrt automatisiert. Dazu gehören insbesondere die Routenwahl als auch die Halteplatzwahl am Ende der einzelnen Fahrt. Denn eine Adresse reicht als Zielort nicht aus, es muss dort auch eine Halte- und Aussteigmöglichkeit oder in der Logistik eine Güterumschlagsfläche vorhanden sein. Was heute im öffentlichen Verkehr (ÖV) mit der Bereitstellung der Trasse im Sinne eines Slots und damit verbundener Fahrpläne bereits Gang und Gäbe ist, kommt dann in analoger Weise auch im motorisierten Individualverkehr (MIV) zum Tragen, dies unter Berücksichtigung der anderen Verkehrsteilnehmenden und insbesondere auch des Fuss- und Veloverkehrs. Dies betrifft auch allfällige Abfahrts- und Ankunftszeiten. Übergänge zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln und Mobilitätsangeboten sind dabei ebenso Element eines Slots auf dem Weg von A nach B. Gegebenenfalls können die Nutzer Präferenzen bezüglich Routenwahl (insb. für touristische Fahrten) oder Abfahrts- und Ankunftszeit angeben.*
>
> *Unter Umständen sind unterschiedliche Routen unterschiedlich teuer, ein Slot ist somit der Weg respektive die Trasse von A nach B via Route R zum Preis X, angeboten durch einen dementsprechenden Service-Anbieter, dies ganz in Analogie zu heutigen Services wie beispielsweise lezzgo. Bei generischen Zielen (z. B. Kiosk) übernimmt das System die Zielwahl, indem z. B. jener Kiosk angefahren wird, der aktuell vom entsprechenden Startort aus am besten erreichbar ist. Das Verkehrssystem bietet zudem die Möglichkeit eines robusten Slots bei rechtzeitiger Bestellung und entsprechendem Preis. Kurzfristige Fahrten müssen in die bereits bestellten Slots eingegliedert werden, wobei sich das Verkehrssystem Handlungsspielräume bezüglich Re-Routing und Re-Scheduling offenhält, zwei Routinen also, die der Bahnverkehr heute zum Teil und in entsprechendem Umfang bereits kennt. Ebenfalls kennt der Bahnverkehr bereits seit langer Zeit das Blocksystem: Ein nachfolgender Zug kann erst dann in den nächsten Abschnitt einfahren, wenn dieser Abschnitt frei ist. In seiner neuen und*

flexiblen Version entspricht dieser Regelungsansatz dem European Train Control System, das ein kontinuierliches Regeln sich nachfolgender Züge erlaubt. Während heute vielerorts die Lichtsignalanlagen (LSA) auch dann auf Grün schalten, wenn der nachfolgende Abschnitt belegt ist, wird dies im Zeitalter des automatisierten Fahrens nicht mehr vorkommen. Die Regelung des Verkehrs an Kreuzungen lässt Fahrzeuge nur dann in nachfolgende Strecken einfahren, wenn dies auch wirklich möglich ist. Ist dies nicht möglich, vergibt sie die verfügbare Freigabezeit an andere Abbiegebeziehungen oder an den querenden Fussverkehr.

Ohnehin ist eine LSA mit Beampelung im herkömmlichen Sinne nicht mehr erforderlich, werden den einzelnen Fahrzeugen die entsprechenden Informationen und dafür erforderlichen Daten auf der Basis von kooperativer ITS (C-ITS und damit verbunden V2V, V2I, V2X, I2V, I2X etc.) zur Verfügung gestellt, und für den Fuss- und Radverkehr sind zu heute alternative Anzeigeoptionen verfügbar (im Boden eingelegte LED, Anzeige via Spezial-App o. ä.). Dank C-ITS weiss die Intelligenz der künftigen Knotenregelung rechtzeitig im Voraus, welche Fahrzeuge wann am Knoten eintreffen werden und in welche Richtung sie weiterfahren werden. Durch flexible Steuerungsverfahren, welche die Verteilung der Freigabezeiten entsprechend der lokal eintreffenden Fahrzeuge wie auch des ÖV, Fuss- und Veloverkehrs kontinuierlich optimal gestalten, wird ein Maximum an Effizienz in der Verkehrsabwicklung an Knoten möglich. Darüber hinaus werden aufgrund solcher Steuerungsverfahren auch Knoten, die heute nicht mittels LSA geregelt werden (u. a. auch Kreisel mit entsprechenden Vortrittsregelungen), regel- und optimierbar und die heutige Signalisation bei entsprechender Einbindung von Fuss- und Veloverkehr überflüssig.

Je nach Robustheit der Automatik wird die herkömmliche Signalisation noch als Rückfallebene benötigt. Allerdings bedingt dies ebenso eine entsprechende Ausrüstung der Fahrzeuge oder auch die Tüchtigkeit der Verkehrsteilnehmenden, Fahrzeuge fahren zu können. Zieht man noch in Betracht, dass automatisiertes Fahren keiner physischen Markierung mehr bedarf, ergeben sich aus der virtuellen Markierung neue Flexibilität und damit verbundene Möglichkeiten. Die Steuerungsinstanzen der einzelnen Knoten sind dezentral vor Ort angeordnet und kommunizieren im Stile des Internet of Things (IoT) über das Mobilfunknetz (5G etc.) untereinander oder sind gar allesamt in der Cloud untergebracht, von woher sie die Verkehrsteilnehmenden mit den entsprechenden Informationen versehen und wohin die Informationen aus den einzelnen Fahrzeugen und von den weiteren Verkehrsmitteln gelangen. Bei den dabei eingesetzten Hardware- und Software-Komponenten handelt es sich um Hardware-as-a-Service wie auch um Software-as-a-Service. Nebst der intelligenten Regelung des Verkehrs an Knoten wird durch entsprechend gezieltes und robustes Re-Routing und Re-Scheduling auf Netzebene ein stabiles Verkehrssystem garantiert, tragen doch unterschiedliche Routenpropagationsverfahren die Risiken von Instabilitäten im Netz in sich. So resultiert letztlich ein integrales Traffic-Management-as-a-Service.

In seiner Ganzheit betrachtet ist das System wie eine allumfassende agile Software aufgebaut. So besteht es aus verschiedenen Systemteilen und -modulen, die über Schnittstellen und Kommunikationskanäle miteinander vernetzt sind. Genauso verhält es sich mit den einzelnen Teil-Funktionalitäten, die in ihrer Gesamtheit die Funktionalität des AF-Ökosystems ergeben. Das System wird in einem symbiotischen Zusammenwirken von Behörde, Serviceanbieter/Flottenbetreiber und Nutzer geplant, realisiert und betrieben. Diese bilden zusammen den AF-Ökosystem-Verbund. Aufgrund der modularen Struktur sind einzelne Teilsystem bei Bedarf ersetzbar, ohne dass hierfür das Gesamtsystem ersetzt werden muss, Dies gilt gleichsam für die Infrastruktur inklusive Hardware als auch die Software als eigentlichem Intelligenzträger. Die Vergabe solcher Dienstleistungen und Lieferungen erfolgt nach einvernehmlichen Wettbewerbskriterien durch die Behörden. Dabei wird der Innovation ein hoher Wert beigemessen, wobei hierfür explizit auch Testsystemteile vorhanden sind. Ansonsten wirken die üblichen Marktmechanismen zwischen Anbieter und Kunde.

Ein entsprechendes AF-Ökosystem-Verbund-Aufsichtsgremium schaut dabei, dass alles rechtens abläuft und greift bei Konflikten schlichtend ein.

Sämtliche für ein einwandfreies Funktionieren des gesamten AF-Ökosystem erforderliche Daten sind grundsätzlich zugänglich, wobei Service-Anbieter für die Abgabe und Verbreitung Lizenzgebühren geltend machen dürfen. Auch hier kann das AF-Ökosystem-Verbund-Aufsichtsgremium im Bedarfsfall schlichtend eingreifen. Dieses wacht im Sinne einer Zertifizierungsstelle auch über die Qualität der Daten, erhält das Gremium im Gegensatz zu allen übrigen Akteuren doch Einblick in die Datenmodelle. Das Gremium erlässt dabei auch Regeln und Standards für den Abgleich von Datenprozessen der einzelnen Funktionalitäten wie beispielsweise bei Navigationssystemen.

Gesamthaft gesteuert und gemanagt wird das AF-Ökosystem von der Verkehrsmanagement-Zentrale, die vom AF-Ökosystem-Verbund betrieben wird. Dabei wird der Grundsatz der Subsidiarität gelebt. So werden von der obersten Ebene aus diejenigen Prozesse gesteuert, die einer entsprechenden Gesamtschau bedürfen. Dazu zählen etwa grossräumige Routenwahlfunktionalitäten. Hingegen werden lokale Steueraufgaben wie etwa das Steuern von LSA dezentral abgewickelt. Über einen entsprechend Datenaustausch sind die dezentralen Systemkomponenten in darüber angeordnete Funktionalitätenlayer integriert und können entsprechend mit diesen interagieren.

Der Datenschutz ist dadurch gewährt, als die Datenzugänge für die rein systemische Funktion und für die systemexterne Datenanalyse voneinander getrennt sind. Hochaufgelöste Informationen wie etwa eine Wegtrajektorie stehen für die entsprechenden Systemfunktionalitäten wie etwa die Routenwahl oder die Verkehrssteuerung am Knoten zur Verfügung, nicht aber für analytische Offline-Zwecke. Hierfür stehen die Daten einzig in der verträglichen Aggregation zur Verfügung.

Die Skizze des Entwicklungshorizonts greift eine Vielzahl möglicher Funktionalitäten auf. Im Hinblick auf eine gezielte, bei diesen Funktionalitäten ansetzende Identifikation der anfallenden Daten in Absatz 7.2 macht es Sinn, die skizzierten Funktionalitäten zu strukturieren und zu beschreiben. Dabei spielen automatisiertes Bremsen, Beschleunigen und Steuern bestimmt eine zentrale Rolle. Es zeigt sich jedoch auch, dass im Hinblick auf ein AF-Ökosystem der vollautomatisierten Fahrt von A nach B eine nicht zu unterschätzende Rolle zukommen dürfte. Durch die mit einer Fahrt von A nach B einhergehenden Prozesse und Entscheide wie etwa Wahl der Abfahrts- und Ankunftszeit, des Ziels, der Route und auch des Verkehrsmittels weist das AF-Ökosystem weit mehr Dimensionen auf als alleiniges Sich-automatisiert-fortbewegen. Im weitesten Sinne kann es als echtzeitgestütztes Analogon zu den Verkehrsmodellen der Verkehrsplanung angesehen werden, was *Abb.4* im Sinne einer gedanklichen Projektionsebene darstellt. Verkehrsmodelle schätzen die Verkehrsflüsse im Verkehrssystem aufgrund der Schritte Erzeugung, Zielwahl, Verkehrsmittelwahl und Routenwahl.

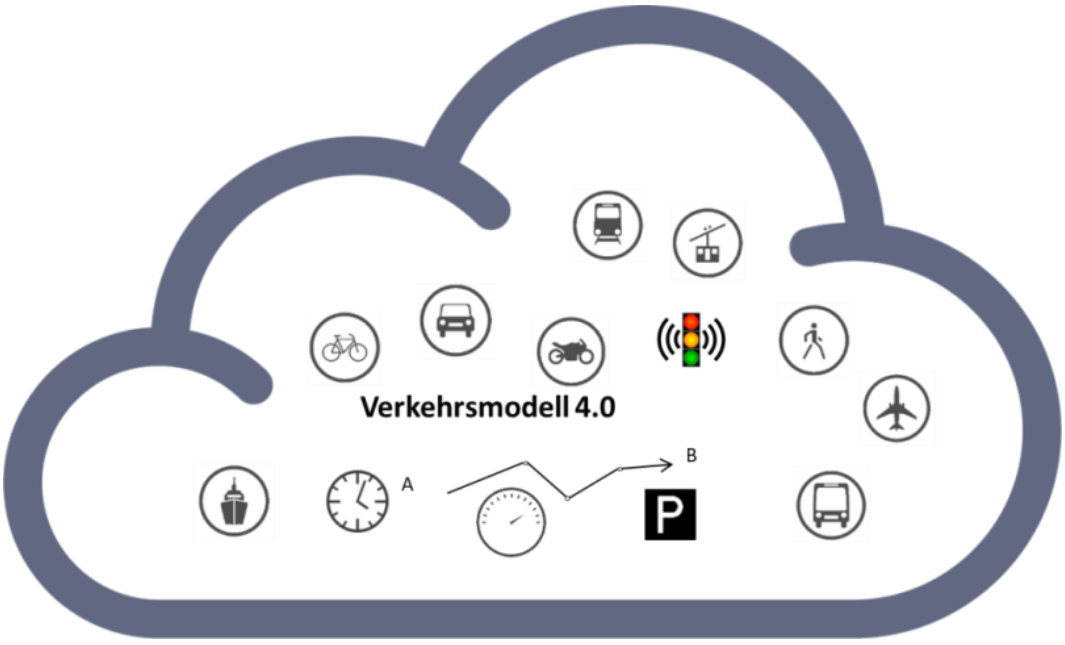


Abb.4 *Das Verkehrsmodell 4.0 als didaktisches Gedankenmodell für ein AF-Ökosystem*

Blickt man anhand dieses Gedankenmodells noch etwas tiefer in die Entwicklungshorizontskizze hinein, so lassen sich die in *Abb.5* aufgeführten Funktionalitäten und Akteure festhalten.

Abb.5 *Funktionalitäten und Akteure des AF-Ökosystems*

Im Folgenden werden diese Funktionalitäten noch etwas weiter ausgeführt und dabei der heutige, noch wenig automatisierte mit dem vollautomatisierten Verkehr in Bezug gesetzt.

Beschleunigen, Bremsen, Lenken

Beim Beschleunigen, Bremsen und Lenken handelt es sich um jene Funktionalitäten, welche beim nicht automatisierten Autofahren unmittelbar durch die Fahrzeuglenkenden erfolgen. Beschleunigen und Bremsen resultieren dabei aus Interaktion mit dem

Temporegime, Spurführung und den weiteren Verkehrsteilnehmenden, Lenken aus der Interaktion mit der Spurführung und an Knoten im Kontext der gewählten Fahrrichtung respektive Route (vgl. unten). Beim automatisierten Fahren erfolgen diese Prozesse dementsprechend automatisiert.

Start-/Ziel-(Halteplatz-)Wahl

In Bezug auf eine Fahrt kann man den funktionalen vom betrieblichen Start- und Zielort unterscheiden. Während rein funktional beispielsweise die Wohnung Startort und das Freibad Zielort sind, sind in betrieblicher Hinsicht der Abstellplatz in der Garage zuhause und der Parkplatz vor dem Freibad Start- und Zielort oder besser Start- und Ziel-Halteplatz. Im nicht automatisierten Falle erfolgt die Ziel-Halteplatzwahl auf gut Glück respektive aufgrund der eigenen Erfahrung über die Parkplatzverfügbarkeit. Im automatisierten Falle ist eine entsprechend digitale Information über die Parkplatzverfügbarkeit von Relevanz, gegebenenfalls kann ein Halteplatz oder Parkplatz automatisiert vorreserviert werden.

Verkehrsmittelwahl

Schon heute unterstützen MaaS-Apps bei der Suche nach der geeigneten Verbindung und damit einhergehender Verkehrsmittelwahl (Signor et al. 2019). Dabei spielt es keine unwesentliche Rolle, ob das eigene Fahrzeug zumindest für eine Etappe zum Einsatz kommen soll. Ist dies der Fall, so ist für diesen Abschnitt der Fahrt das Verkehrsmittel gesetzt und kann im weiteren Verlauf der Fahrt auf die verfügbaren Verbindungen etc. abgestützt werden. Für den Fall des automatisierten Fahrens in Verbindung mit Sharing-Mobility resultiert eine vergleichsweise hohe Flexibilität in der Wahl der Verbindung und Verkehrsmittel wie auch deren Anpassung im Verlaufe der Fahrt in Abhängigkeit von der aktuellen Verkehrslage.

Routenwahl

Ohne Ortskenntnisse und Navigationsdienste erfolgt die Routenwahl in der Regel aufgrund der Wegweisung wie auch aufgrund der Angaben in der physischen Karte. Mit den heute üblichen Navigationsdiensten bestehen neue und auf die aktuelle Verkehrslage abgestimmte Möglichkeiten zur Routenwahl. Die Routenwahl wird im Zeitalter des automatisierten Fahrens eine zentrale Funktionalität darstellen, hängen doch davon die Reisezeiten, Verkehrslage und insbesondere die Systemstabilität ab. Gegebenenfalls kann die Routenwahl in Interaktion mit der Verteilung der Freigabezeiten an Knoten erfolgen.

Verteilung Freigabezeit an (allen!) Knoten

Die Verteilung der Freigabezeit erfolgt an LSA-gesteuerten Knoten bereits seit geraumer Zeit automatisiert. Dabei kann die LSA über ihre Sensorik diese Verteilung verkehrsabhängig gestalten und beispielsweise den öffentlichen Verkehr bevorzugen. Im Zeitalter von C-ITS und des automatisierten Fahrens kann die LSA direkt von den einzelnen Fahrzeugen Informationen zu deren Position, Geschwindigkeit und eingeschlagener Route erhalten und daher die Freigabezeit noch bedürfnisgerechter und systemoptimaler verteilen. Grundsätzlich ist es bei Vollautomatisierung auch denkbar, dass auch an Knoten, die heute nicht per LSA gesteuert werden, die Verkehrsflüsse in Abwägung unter den einzelnen Zuflüssen und nicht auf Basis eines Vortrittsregimes gesteuert werden. Allerdings ist dabei der nicht digitalisierte Fuss- und Veloverkehr zu berücksichtigen.

Steuerung (max.) Fahrgeschwindigkeit

Die Steuerung der Fahrgeschwindigkeit erfolgt heute durch die Fahrzeuglenkenden auf Basis des Beschleunigens und Bremsens. Beim automatisierten Fahren erscheint es grundsätzlich logisch, dass die gefahrene Geschwindigkeit das Resultat eines automatisierten Prozesses ist. Dabei sind grundsätzliche unterschiedliche Szenarios

denkbar, wie oder durch wen diese automatisierte Geschwindigkeitswahl beeinflusst oder gesteuert wird. Wird heute beispielsweise mittels Ampelassistenten die gefahrene Geschwindigkeit beeinflusst, so könnte dies künftig durch automatisierten Direkteingriff am Fahrzeug geschehen.

Steuerung Abfahrts-/Ankunftszeit

Heute erfolgt die Wahl von Abfahrts- oder Ankunftszeit in der Regel in Abhängigkeit der am Zielort beabsichtigten Aktivität. Gestützt auf die Erfahrung oder Angaben aus Navigationsdiensten kann die Abfahrtszeit gewählt werden. Automatisiert könnte die Abfahrtszeit dereinst aufgrund der verfügbaren Daten oder aufgrund eines zugewiesenen Slots (vgl. weiter unten) erfolgen.

Modellgestützte, echtzeitbasierte Optimierung (Re-Scheduling, Re-Routing, Neu-Verteilung Freigabezeit)

Zurzeit gibt es erst in Ansätzen wie etwa bei Ampelassistenten eine Interaktion zwischen den LSA und der Fahrgeschwindigkeit und der Routenwahl. Mit automatisiertem Fahren ist es grundsätzlich denkbar, diese Interaktion explizit im Hinblick auf das Systemoptimum nutzenstiftend zu instrumentalisieren. Solches würde die periodische Neu-Optimierung von Fahrgeschwindigkeit, Routenwahl und Verteilung der Freigabezeiten in Echtzeit beinhalten quasi einer netzweiten Verkehrssteuerungsanlage, die abgestimmt die Geschwindigkeit, die Route und die Freigabezeit steuert.

Slot-Vergabe

Heutzutage ergibt sich die aktuelle Verkehrslage aus den umgesetzten Fahrwünschen der Verkehrsteilnehmenden. In einem automatisierten Verkehrssystem ist es grundsätzlich denkbar, dass jede einzelne Fahrt einen Slot in Analogie zur Fahrplantrasse im Bahnverkehr zugewiesen erhält. Dieser Slot ist zudem aufgrund der aktuellen Verkehrslage kontinuierlich anpassbar und neuoptimierbar.

Intermodale Anschlusssicherung

Erreicht ein Nutzer heute den Bahnhof verspätet, so ist der Zug mit hoher Wahrscheinlichkeit abgefahren. Hat hingegen der Zug etwas Verspätung, so wartet der Anschlusszug den verspäteten Zug mitunter ab. Im AF-Ökosystem ist grundsätzlich eine Anschlusssicherung über die Verkehrsmittel hinweg denkbar, zumal die Anschlusswünsche beispielsweise aufgrund der mittels MaaS gewählten multimodalen Verbindung bekannt sind.

Der Nutzen der genannten Funktionalitäten erschliesst sich letztlich für die verschiedenen Akteure, die am AF-Ökosystem partizipieren.

6.3 Zwischenschritte auf dem Entwicklungspfad hin zu „High Tec AF Level 4/5“

Das EU-Projekt CARTRE bietet eine umfangreiche Bibliothek mit den neuesten Entwicklungen auf dem sich schnell verändernden Gebiet des vernetzten und automatisierten Fahrens: Durch leistungsfähigere Sensorik und Kommunikationsstandards wie 5G-Mobilfunk wird die Fähigkeit automatisierter und vernetzter Fahrzeuge, komplexere Aufgaben zu bewältigen, inkrementell erhöht. Auf dem Pfad in Richtung AF Level 4/5 sind in verschiedenen Dimensionen, zwischen denen nicht zwingend Abhängigkeiten bestehen müssen, Zwischenschritte zu erwarten. Die einzelnen Schritte sind zeitlich nur schwer zuzuordnen, weshalb auf eine explizite Datierung verzichtet wird.

Folgende **Dimensionen für Zwischenschritte** sind zu nennen:

- Die einzelnen Fahrzeuge sind unterschiedlich automatisiert (Variation des Automatisierungsgrads), und diese unterschiedlich automatisierten Fahrzeuge sind in unterschiedlicher Anzahl vorhanden (Variation der Verteilung unterschiedlicher Automatisierungsgrade).
- Die Automatisierung ist abhängig vom Automatisierungsgrad und Netzbereich (z. B. Autobahn, ausserorts, innerorts/Städte, Abstellplätze o. ä.; Variation des Automatisierungsgrads nach geographischen wie auch netzspezifischen Aspekten).
- Die Fahrzeuge sind C-ITS-fähig oder auch nicht (Variation der Vernetzungsfähigkeit), und dies in unterschiedlicher Verteilung (Variation der Anteile vernetzter und nicht vernetzter Fahrzeuge).
- Der Automatisierungsgrad auf Seite Infrastruktur (Flexibilität Markierung/Spuraufteilung, Abbieger an Knoten, Verkehrs- und Temporegime etc.) ist unterschiedlich (Variation der Intelligenz seitens der Infrastruktur).

Falls **automatisiertes Fahren einzig auf der Autobahn** möglich ist (Level 4), so ergibt sich Folgendes:

- Bei der Auffahrt auf die Autobahn übernimmt der Automatismus.
- Die Zielausfahrt ist zu diesem Zeitpunkt entweder bekannt oder sie wird etwa aufgrund eines Navigationssystems neu bestimmt.
- Letzteres setzt eine Integration AF-Navigation auf Autobahn und der Navigation auf Gesamtnetzebene voraus.
- Bei der Ausfahrt gibt der Automatismus die Fahraufgabe wieder ab.

Dass automatisiertes Fahren einzig auf Ausserortsstrassen exkl. Autobahn möglich wäre, erscheint nicht als realistisches Szenario. Auch ist es nicht als realistisch einzuschätzen, wäre automatisiertes Fahren einzig innerorts/in Städten exkl. Autobahn und Ausserortsstrassen möglich.

Wenn **automatisiertes Fahren einzig auf Autobahn und Ausserortsstrassen** möglich ist, so ergibt sich folgendes Bild:

- Der Funktionalismus versteht analog zu „einzig auf Autobahn“, allerdings mit grösserem Netzumfang.

Falls **automatisiertes Fahren auch innerorts/in Städten** möglich ist, so lässt sich Folgendes festhalten:

- Die Fahrt von A nach B inklusive Routing ist grundsätzlich integral möglich, dies aber in Abhängigkeit von der Funktionalität bezüglich Abstellplätzen und effizienter Interaktion mit ortsfester, datenverbundener Infrastruktur.

Mit Blick auf die Optik des **Datenlesens** lässt sich Folgendes festhalten:

- Der Automatisierungsgrad ist nur bedingt relevant für die grundsätzlich vorhandenen Daten.
- Bei vollautomatisiertem Fahren sind Umfang und Grad der Vernetzungscharakteristik (Systemoptimum u. ä.) der Daten höher.
- Das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von C-ITS ist von Relevanz für den Datenzugang.
- Es ist davon auszugehen, dass die mit den Entwicklungsschritten einhergehenden unterschiedlichen Datenquellen mit vsl. unterschiedlicher Datengüte und -charakteristiken einhergehen.

Bezüglich der Optik des **Datenschreibens** erscheint Folgendes als relevant:

- Bei Vollautomatisierung gibt es vergleichsweise mehr Möglichkeiten zur Datenschreibung (z. B. Steuerung der Geschwindigkeit), da dem zu steuernden Element eine Maschine und nicht ein Mensch gegenübersteht.
- Dabei stellt sich die Frage, wer schreiben darf und soll, stärker als bei Nicht- bis Teilautomatisierung.
- Bei Vollautomatisierung kann der Prozess grundsätzlich mitgesteuert werden.
- Der Umgang mit AI, ML etc. ist herausfordernd (automatisiert entwickelte Software (-bausteine/-module), da diese nicht oder nicht abschliessend spezifizierbar oder standardisierbar sind und allenfalls so etwas wie agile Standards und Spezifikationen benötigen.
- Bei Nicht- bis Teilautomatisierung steht die Ex-ante-Beeinflussung im Vordergrund, denn beim manuell gesteuerten Fahrzeug kann der Prozess nicht mitgesteuert werden oder höchstens indirekt über einen Assistenten (z. B. Ampelassistenten).

Bei **unterschiedlichen Anteilen unterschiedlich automatisierter Fahrzeuge** sind aus Sicht des Datenaustauschs folgende Punkte zu erwähnen:

- **mit C-ITS:**
  Die Maschine oder der Mensch kann reagieren auf Basis der Daten resp. Information.
- **ohne C-ITS:**
  Die Maschine kann aufgrund eigener Sensorik reagieren, der Mensch reagiert selbst und/oder aufgrund sensorikbasierter Assistenzsysteme.
- **mit und ohne C-ITS:**
  Die C-ITS-fähige Maschine kann mit C-ITS-fähiger Maschine kommunizieren, in den übrigen Fällen ist keine Kommunikation möglich, die Reaktion muss auf die eigene Sensorik abstützen Die C-ITS-fähige Maschine muss Informationen anderer C-ITS-fähiger Maschinen und solche bezüglich nicht C-ITS-fähiger Maschinen richtig einordnen können (insb. in Pulks mit unterschiedlichen Maschinen).

Dies ist auch und insbesondere für die Gestaltung und Regulierung von Interaktionen mit nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern wesentlich.

Entwicklungsstufen der Kommunikationsträger

Gerade im Bereich der Betriebs- und Sicherheitsanlagen erfolgt heute vieles auf der Basis kabelgestützter Kommunikation und Vernetzung der Systemteile. Insgesamt über die gesamte ICT hinweg scheint sich aber doch ein Trend in Richtung kabelloser und dabei insbesondere mobilfunknetzgestützter Kommunikation abzuzeichnen.

- Kabel sind in der Regel im Besitz des Betreibers, ein aus Kabeln aufgebautes Netzwerk oder aus Kabeln aufgebaute Teilnetze können daher als gut abgeschottet gelten, solange der physische Zugriff auf kabelbasierte Infrastruktur kontrolliert werden kann.
- Das Mobilfunknetz entspricht quasi dem (öffentlichen) Internet, so dass Datenaustausch grundsätzlich angreifbar ist. Das Mass der Angreifbarkeit und der notwendige Aufwand hängen wesentlich von der gewählten Verschlüsselung ab.

Abschätzung der zeitlichen Evolution

Die Abschätzung der zeitlichen Entwicklung des automatisierten Fahrens bis hin zu SAE L4/5 unterliegt sowohl in der Literatur und in Aussagen der an der Entwicklung beteiligten Unternehmen einer extremen Schwankungsbandbreite. Die Angaben für den Zieltermin, um L4/5 2020 in Fahrzeugen kommerziell anbieten zu können, reichen von 2019 (Tesla), 2022 (Uber), 2025 (Waymo) bis 2050 (Verband der Deutschen Automobilindustrie VDE). Eine detaillierte Ausarbeitung zur zeitlichen Einführung verschiedener Phasen des automatisierten Fahrens ist nicht Gegenstand der Forschung von TP3, sondern ist detailliert bei TP5 ausgeführt.

Jenseits von wettbewerbspolitisch motivierten Komponenten der Aussagen von Marktteilnehmern wird die Komplexität einer Abschätzung bedingt durch

- die Vielschichtigkeit in der Beurteilung und Einschätzung der Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung, die für ein L4/5 AF auf einen Zeitpunkt hin konvergieren muss,
- die hohe Zahl an separaten Komponenten, die auf den Entwicklungsprozess einwirken und deren gegenseitige Abhängigkeiten sowie
- die zahlreichen Querbedingungen und Interdependenzen von technologischen, verhaltensgetriebenen, regulierungsbedingten und operativen Aspekten.

Die folgende, kompakte Darstellung gemäss *Abb.6* fokussiert deshalb auf die funktionale Verknüpfung und gegenseitigen Abhängigkeiten von Anforderungen im Hinblick auf den Umgang mit Daten. Die Grafik bildet wesentliche Teile der Evolution von Umfeldern, Komponenten und Zielen in einer aus Sicht der Verfasser erwartbaren zeitlichen Evolution ab und entspricht nach Auffassung der Autoren etwa einer 10-Jahres-Periode, d. h. dem Zeitraum von heute bis 2030. Der Fokus der Aussage liegt auf logischen Verknüpfungen, die angegebene Zeitskala ist indikativ und nicht absolut zu sehen, sind diesbezüglich im Rahmen dieses Forschungsprojekts doch die Ausarbeitungen von TP5 massgeblich. Insbesondere die Abhängigkeit der Entwicklung von technischen Fortschritten bei aktuellen «Bottlenecks» wie der Leistung optischer Sensoren unter schwierigen atmosphärischen Bedingungen (Regen, Schnee) hat auf eine Dilatation oder Komprimierung von Phasen des zeitlichen Ablaufs massgeblichen Einfluss.

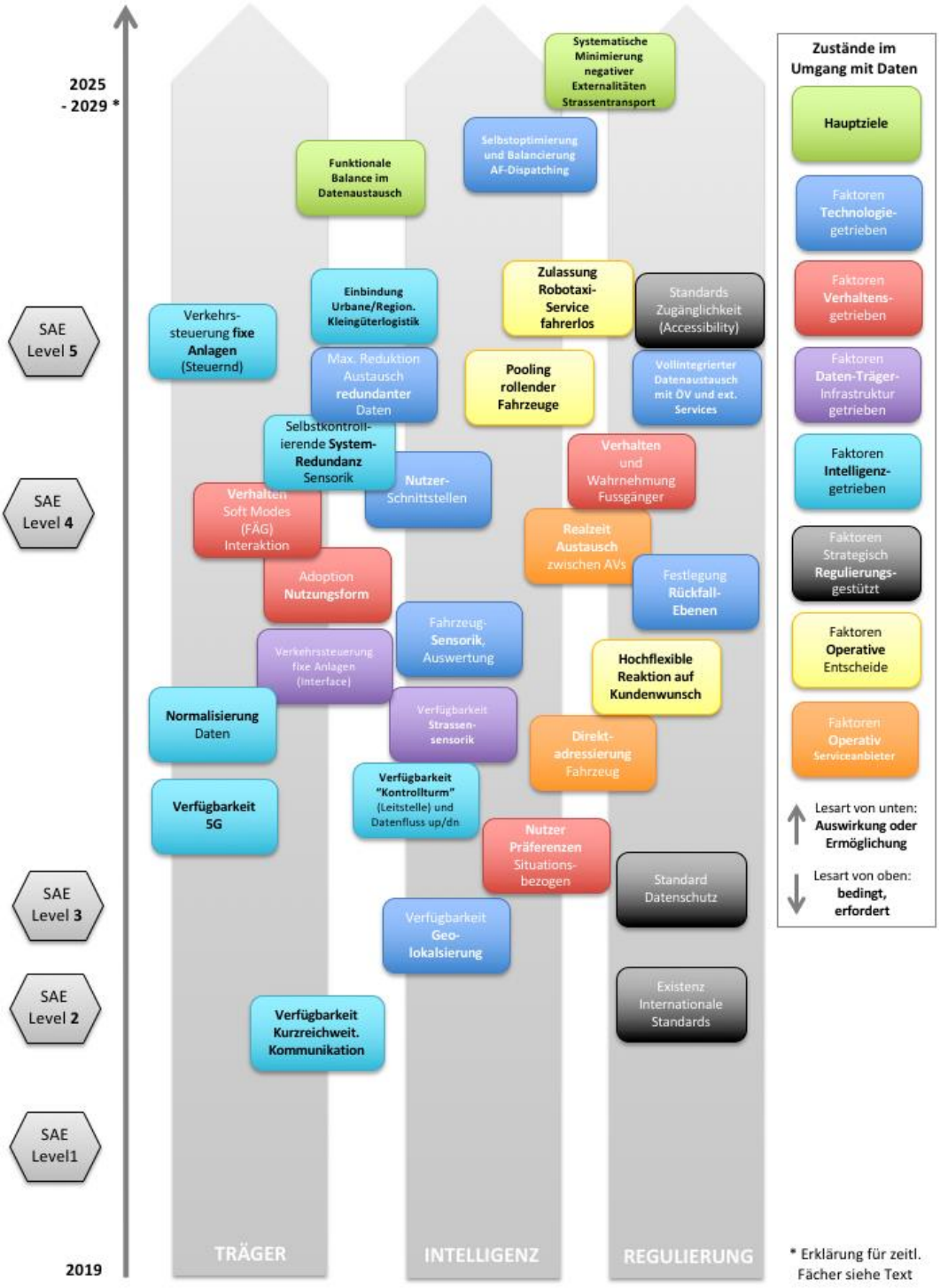


***Abb.6** Timeline (in Abhängigkeit der Entwicklungsgeschwindigkeit und stabiler Verfügbarkeit ausgewählter technischer Bauteile) zu Umfeldentwicklung, Komponenten, strategischen Zielen u. a.: Quelle: Eigene Darstellung*

6.4 Spiegelung im Lichte der Nutzungsszenarios aus TP1

Der skizzierte Entwicklungspfad und die genannten Aspekte zu Zwischenschritten werden nun mit den Nutzungsszenarios aus TP1 gespiegelt. Dabei geht es darum, die Konsistenz zu diesen Nutzungsszenarios zu gewährleisten und somit zu

reflektieren, inwiefern auf dem skizzierten Entwicklungspfad der eine oder andere Aspekt unterschiedlich zu akzentuieren ist.

Das TP nennt die zwei Nutzungsszenarios **A - Individuelle und monomodale Nutzungsformen** und **B - Kollektive und multimodale Nutzungsformen**.

Während im Szenario A davon ausgegangen wird, dass die Mobilität hauptsächlich monomodaler Natur ist und die Vorteile des automatisierten Fahrens vor allem im Individualverkehr in Form von Kapazitäts- und Flexibilitätsgewinnen zum Tragen kommen, legt das Szenario B das Gewicht auf eine kollektive und weitgehend multimodale Mobilität mit entsprechenden Angebotsformen und Flottenbetreibern.

Die Unterscheidung spielt für TP3 eine weniger bedeutende funktionelle und daher konzeptuelle Rolle als für andere TP: Angesichts des in den Kapiteln 6.1 bis 6.3 skizzierten Entwicklungspfades lässt sich festhalten, dass im Falle des Szenarios A die Systemstruktur insgesamt weniger komplex und vernetzt sein wird als im Falle des Szenarios B.

Beiden Szenarios gemeinsam ist der Bedarf sowohl für Betriebsoptimierung (betriebliche Komponente) wie Kapazitäts- und Angebotsoptimierung (Angebots- und kundenorientierte Optimierung). Aus der Perspektive des Datenmanagements betrachtet, liegt im **Szenario A** der Fokus auf einer Optimierung des Fahrzeugflusses. Dies trifft zwar ebenso im Szenario B zu, im Szenario A ist jedoch durch die geringere, wesentlich an Formen des heutigen Individualverkehrs orientierte Verkehrsabwicklung insbesondere im Bereich des vergleichsweise geringen Besetzungsgrads pro Fahrzeug ein noch robusterer, quantitativ hochskalierbarer Datenaustauschprozess bei allen betrieblichen Formen – insbesondere V2V und V2I – vorzusehen. Näheres zu den Anforderungen des V2X-Datenaustauschs ist in Kapitel 7.1 hergeleitet.

Im Bereich des Kapazitätsmanagements weniger anspruchsvoll, bedingt durch die deutlich geringere absolute Menge an gleichzeitig zirkulierenden Fahrzeugen, ist **Szenario B**. Hingegen spielen hier der kundendienstliche Datenaustausch und die Optimierung von Übergabeprozessen zwischen Modi eine deutlich grössere Rolle , ebenso das Management der Bespielung physischer Infrastruktur wie Haltekanten-Slots an Übergabepunkten wie Bahnhöfen oder anderen intermodalen Terminals. Da hier auch räumliche Mikro-Optimierungen wesentlicher Teil von Erfolgsstrategien sind (z. B. knapperer Anschluss oder Transport mobilitätseingeschränkter Personen hält an Kante mit geringerer Laufdistanz oder nahe zu einer Mobilitätshilfe wie Aufzug) wird die Beherrschung des V2M-Datenaustauschs zu einer wesentlichen Erfolgskomponente.

In funktionaler Hinsicht dürften damit im Szenario B mehrere Flottenanbieter zugegen sein, und jeder dieser Flottenbetreiber würde seine Flotte entsprechend selbstständig optimieren. Dies geht einher mit einer Parallelität an Routingsystemen und damit verbundenem Bedarf der gegenseitigen Abstimmung im Sinne eines Systemoptimums. Beim Szenario A hingegen dürften die Verkehrsteilnehmenden in den automatisierten Fahrzeugen entsprechend individuell unterwegs sein, so dass sich einzig ein Abstimmungsbedarf zwischen diesen einzeln navigierten Fahrzeugen und der Gesamtsicht ergeben würde.

Hinsichtlich des Güterverkehrs sind die Unterschiede aus Datensicht weniger augenfällig. In beiden Szenarios gelangen zum Teil hochautomatisierte Angebots- und Organisationsformen wie z. B. teilautomatisierte Belieferungen des Detailhandels über standardisierte physische und elektronische Schnittstellen zum Einsatz, was mit entsprechendem Datenaufkommen einhergeht. Dieser Bereich lässt sich unter "Small Urban Cargo" subsummieren und erfordert eine Schnittstelle zu Datenformaten der Logistikindustrie, die separaten Entwicklungspfaden und -logiken entstammen und nicht notwendigerweise kompatibel mit V2X-Daten einer in der Entwicklung grundsätzlich an den Bedürfnissen des Passagiertransports orientierten Welt des automatisierten Fahrens sind.

Dass in Szenario B die Bahn oder neue Modi wie Cargo Sous Terrain verstärkt zum Einsatz gelangen, kann hinsichtlich Zugänglichkeit der Daten kritisch werden, da nicht per se davon ausgegangen werden kann, dass die Cargo-Unternehmen die Daten zu den Güterflüssen aushändigen werden. Da Güter- und Personenverkehr letztlich die gleiche, begrenzte und nur schwer oder nicht ausweitbare physische Infrastruktur teilen, ist zur Realisierung des vollen Optimierungspotentials aus der Nachhaltigkeitsperspektive eine Abstimmung und Integration von Personen- und Gütertransporten sinnvoll, auch wenn diese zur Entzerrung teilweise zeitversetzt erfolgen kann (Güterverteilung nachts) und in Teilen die gleichen Fahrzeuge verwendet werden können. Insbesondere im Hinblick auf die verkehrliche Bewirtschaftung hochdichter Stadträume in einem AF-Ökosystem lässt sich im Hinblick auf Anforderungen an behördliches Handeln deshalb festhalten, dass auch für Logistik- und Cargoverteiler auf regulatorischem Weg Anreize gesetzt werden sollten, um Daten grundsätzlich zwischen verschiedenen Verkehrsträgern und Anbietern, aber bezüglich grundlegenden Fahrtdaten auch mit Anbietern des Personenverkehrs, austauschbar zu machen. Solche Anreize können z. B. ökonomischer Art sein und als Teil von Zertifizierungs- und Zulassungsprozessen ausgestaltet werden. Insbesondere eine gemischte Nutzung der gleichen Fahrzeuge würde so ermöglicht: Automatisierte Robo-Taxis könnten in Schwachlastzeiten des Personenverkehrs, wie z. B. nachts, standardisierte Cargo-Gebinde über automatisierte physische Schnittstellen wie Rolltore an Endkunden ausliefern, wobei die Besteuerung der Fahrt im Sinne eines Mobility-Pricings geringer ausfallen würde als zu Tageszeiten (zur Anforderung an Daten siehe auch Absatz 8.2.6) Die zugrundeliegende Bepreisungs-Metrik bildet auch die Voraussetzung für eine später mögliche, verursachergerechte Besteuerung von Online-Einkäufen in Abhängigkeit des generierten logistischen Aufwands und dem Nutzungsgrad sowie der verursachten Teilbelastung von Stadträumen im Sinne eines "common good".

Szenariobasiert wird vor dem Hintergrund der Frage nach den Daten und dem Umgang mit diesen offensichtlich, dass bei Szenario B im Vergleich zu Szenario A wesentlich mehr Daten und auch von der Charakteristik her stärker vernetzte Daten zu Tage treten dürften.

Die Ausrichtung der beiden Szenarios ist für die Entwicklung von datenbasierten Geschäftsmodellen insofern von Bedeutung, dass im Falle des Szenarios A das Geschäftsmodell bzw. das AF-Ökosystem weniger komplex ist und das Leistungsversprechen und der Mehrwert von Daten sich vor allem in Form von Optimierung des Fahrzeugflusses sowie zunehmenden „Drive-with-“ statt „Drive-in-Dienstleistungen“ (Öko-Institut 2018) in einem „Auto-as-a-Service-Modell“ ableiten lassen. Dies führt zu Komfort- und Zeitgewinn und kann bei höherer Durchdringung des automatisierten Fahrens zu einem Kostenrückgang für das private automatisierte Fahrzeug führen. Das automatisierte Fahrzeug wird als „Endgerät“ betrachtet, in dem sich personalisierte Info- und Entertainment-Plattform-Angebote und personalisierte Werbe- und Kommunikationsangebote, z. B. Routenführung entlang von Partner-Unternehmen, realisieren lassen.

Im Falle des Szenarios B wird eine kollektive und weitgehend multimodale Mobilität mit entsprechenden Angebotsformen und Flottenbetreibern skizziert, für dessen Geschäftsmodell – wie bereits erwähnt – insbesondere die Beherrschung des V2M-Datenaustauschs ein wesentlicher Erfolgsfaktor darstellt. Durch mehr geteiltes automatisiertes Fahren und Flottenanbieter verlässt dieses auf Multimodalität und mehr Flexibilisierung abzielende Geschäftsmodell die Nische, und Daten werden zur wichtigen geteilten Ressource für die Optimierung von Übergabeprozessen zwischen Modi und V2I wie z. B. der Zuteilung von Haltekanten-Slots.

Szenario B steht eher für eine Systemoptimierung, indem beispielsweise der ÖV nach wie vor eine wichtige Rückgrat-Funktion für nachhaltige Mobilitätssysteme innehat und auch die Aufenthaltsqualität durch weniger MIV oder auch die Förderung aktiver Mobilität in Kombination mit automatisiertem Fahren gefördert wird. Vor dem Hintergrund dieser Annahmen hat der öffentliche Sektor ein starkes Interesse zur Durchsetzung von Geschäftsmodellen, welche die Realisierung eines solchen Szenarios fördern, da somit

möglichen „Rebound-Effekten“ von Szenario A, z. B. Kannibalisierung des ÖVs durch kleinere Gefässgrössen und Zunahme des MIV durch Komfortgewinn und Zeiteinsparung, was auch zur Akzeptanz von längeren Wegestrecken und somit veränderter Wohnortwahl und Ausdehnung des suburbanen Raums führen kann, entgegengewirkt werden kann (siehe auch Cervero 2006).

Datenbasierte Geschäftsmodelle für Szenario B folgen zudem eher einer Open-Source und Open-Data-Logik, die zudem eine gesellschaftliche Kontrolle der Datennutzung, z. B. durch Einrichtung kommunaler Datenstellen bzw. Broker-Funktionen, um fairen Wettbewerb sicherzustellen, oder durch Kriterien der Entscheidungsstruktur von Algorithmen, fördert. Hierbei können Anreize im Rahmen von datenbasierten Geschäftsmodellen so ausgestaltet werden, dass gesellschaftlicher Mehrwert entstehen kann, z. B. Berücksichtigung ökologischer Auswirkungen durch Bepreisung von Leerfahrten oder Geschäftsmodell-Anreize zur Verkehrsvermeidung durch Förderung von multimodalen Sharing-Angeboten mit AF-Funktionen. Eine weitere Möglichkeit für Anreizsetzung in datenbasierten Geschäftsmodellen ist der sogenannte „Gamification“-Ansatz, in dem auf Basis von Bewertungssystemen spielerisch Wettbewerbe um Öko-Punkte als Belohnung bzw. Verdienstmöglichkeit für z. B. Mitfahr-Angebote gesammelt werden können.

Für die Realisierung solcher datenbasierter Geschäftsmodelle wird es zunehmend zu Public Private Partnerships (PPP)zwischen kommunalen Verwaltungen, OEMs und Datenplattform-Betreibern kommen. Dabei kommt der kommunalen Verwaltung insbesondere die Aufgabe zu, faire Spielregeln für solche kooperativen Geschäftsmodelle zu entwickeln, denen Nachhaltigkeitskriterien zu Grunde liegen sollen.

7 Beurteilung der Entwicklungspfade

7.1 Identifikation der auf den Entwicklungspfaden anfallenden Daten

Auf Basis der in Kapitel 6 skizzierten Entwicklungspfade werden nun die anfallenden Daten identifiziert und beschrieben. Leitschnur bildet hierbei die Liste folgender Charakteristiken:

- Art, Format und Umfang
- systemischer Bezug (z. B. virtuelle Steuergeräteapplikation in der Cloud, persönliches Mobilitäts-Gadget im IoT-Kontext)
- prozessualer Bezug (z. B. Input, Daten des Rechenprozesses, inkl. Software-Bezug, Austausch- und Schnittstellendaten, Output)
- mit den Daten einhergehende Datenmodelle und Algorithmen
- Datenträger (Hardware)
- Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post (Statistik))
- Dateninhaber oder Datenlizenznehmer und -geber, inkl. Lese- und Schreibrechte
- Datenträgereigner oder Datenträgermieter und -vermieter (Hardware-as-a-Service)
- Zugänglichkeit der Daten und damit verbundenen Prozesse
- Drittnutzen (z. B. für planerische und betriebliche Aufgaben in Bezug zum Verkehrsmanagement und zur Verkehrslenkung)

Die Identifikation der Daten erfolgt dabei objektorientiert entlang einer Kategorisierung nach Basisdaten, Umfelddaten, Infrastrukturdaten, Fahrzeugdaten, Nutzer-/Kundendaten, Daten anderer Modi, Logistikdaten, Serviceanbieter-Daten und Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale. Die getroffene Kategorisierung baut auf dem international üblichen Beschrieb eines V2X ("Vehicle to X") auf, wobei ein bijektiver Datenfluss (d. h. Up- und Downlink) ins Fahrzeug hinein und aus dem Fahrzeug heraus gemeint ist. Der Variablen X werden dabei die zuvor genannten Kategorien zugewiesen. Somit spielt die Vernetzung der einzelnen Datenbereiche im Sinne von Vehicle to Basic (V2B)[2], Vehicle to Environment (V2E), Vehicle to Infrastructure (V2I), Vehicle to Vehicle (V2V), Vehicle to Modi (V2M), Vehicle to Logistics (V2L), Vehicle to Customer (V2C), Vehicle to Service (V2S) und Vehicle to Tower (V2Z, Zentrale) über die reinen Datenbereiche hinaus ebenso eine Rolle, entstehen dadurch doch zusätzliche und neue Datengefüge.

Es gilt hier anzumerken, dass sich in der internationalen Literatur teils abweichende Bezeichnungen für die folgenden Kategorisierungen resp. abweichende Gruppierungen finden lassen. Die folgende Kategorisierung wurde aufbauend auf der technischen und funktionalen Analytik in den Kapiteln 3 bis 6) gewählt, um aus der Identifikation und Struktur von Daten und Funktionalitäten des automatisierten Fahrens Handlungsebenen, Handlungsfelder und Handlungsbedarfe für regulierende Behörden ableiten zu können.

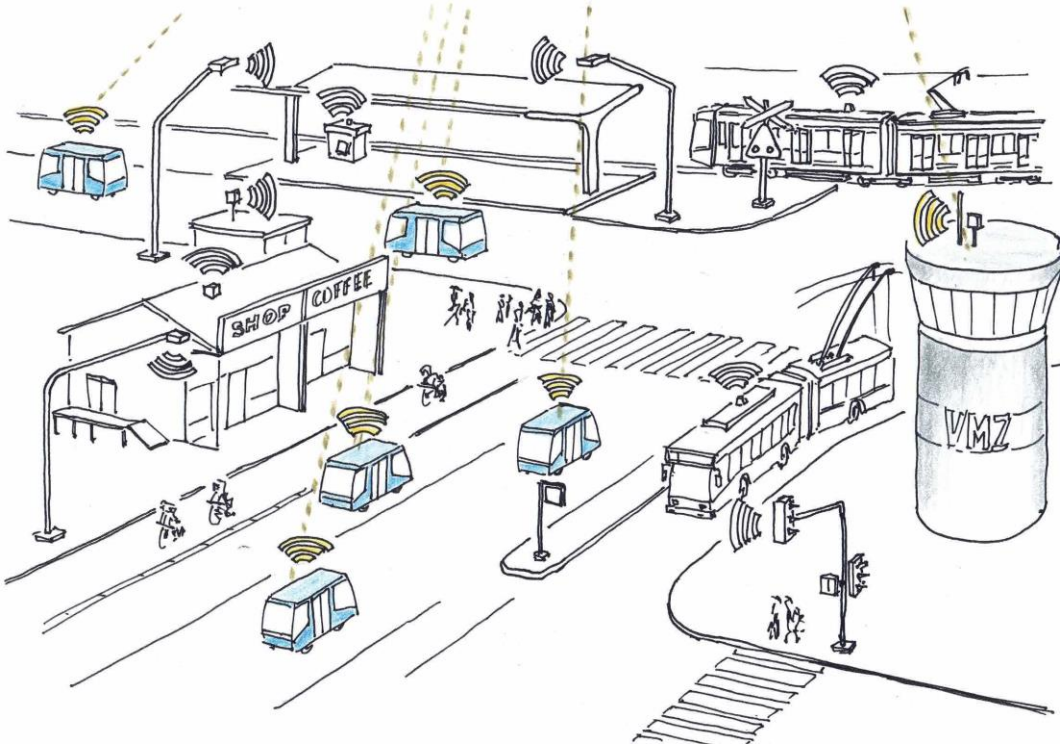
Die jeweils pro Kategorie erfolgenden, kurzen Hinweise zur Zuordnung von Daten können die Grundlage für weitere Handlungsfelder bilden. U. a. kann es aus Behördensicht sinnvoll sein, regulatorisch den Zugriff auf bestimmte Daten zu beanspruchen und dies als Teil eines Zulassungsprozesses festzulegen.

Bei den in den nachfolgenden *Tab. 2* bis *Tab. 10* aufgeführten Aussagen zu Datenzugang, Lese- und Schreibrecht und Vernetzung handelt es sich um die

[2] Die in den *Tab. 2* bis *Tab. 10* verwendeten Buchstaben B, E, I, V, M, L, C, S und Z verstehen sich demgemäss.

Einschätzung der Verfasser. Aufgrund des langen Zeithorizonts bis 2050 sind hierzu keine gesicherten Aussagen möglich. Im Sinne von Szenariobetrachtungen sind in der Diskussion der weiteren Aspekte in diesem Zusammenhang auch alternative Sachverhalte zu berücksichtigen (z. B. die Daten der Fahrzeuge sind für die Behörde zugänglich oder eben nicht).

7.1.1 Basisdaten / V2B



Wohl der grösste Teil sämtlicher Daten im Kontext des automatisierten Fahrens verfügt über einen Zeitstempel und eine Ortszuweisung. Somit sind Zeit und Raum beziehungsweise das entsprechende Inertialsystem zur räumlichen und zeitlichen Lokalisierung von Daten eine der Hauptgrundlagen. Dabei handelt es sich um Daten eines Kontinuums, das von Natur aus nicht schreibbar ist.

Datenquellen

Zeit und Raum respektive Zeitstempel und Ortszuweisung werden operativ mittels Uhr und Geolokalisierungssystem erhoben. Letzteres sind in der Regel Satelliten-gestützte Systeme. In Zeitalter des Mobilfunks ist eine Ortung grundsätzlich auch über die Mobilfunktechnologie möglich, sie ist allerdings bei weitem nicht derart präzise respektive hochaufgelöst wie die Ortungstechnologie per Satellit. Die exakte Uhrzeit ergibt sich auf Basis der Internationalen Atomzeit (TAI, Abkürzung für „temps atomique international“), die gestützt auf mehrere Atomuhren und darauf basierenden Zeitvergleichen vom Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) als gewichteten Durchschnitt bestimmt wird.

Datenprozesse und Algorithmen

In operativer Hinsicht sind zwei Aspekte bei der Uhrzeit von Relevanz: absolute Exaktheit und Synchronizität[3]. Bei vernetzten Systemen mit interagierenden Elementen ist insbesondere die Synchronizität von Bedeutung. Exaktheit und Synchronozität werden durch Abgleich mit der Atomuhr als auch durch Abgleich der Zeitzähler im System

[3] Der Begriff Synchronizität bedeutet zeitgleichen Ablauf verschiedener, miteinander verknüpfter Prozesse.

erreicht. Die Lokalisierung erfolgt im Falle der Ortung per Satellit durch reine Vermessung des Standorts.

Art, Format und Umfang

Im Falle der Zeit bestehen die Datensätze aus der reinen Zeitangabe entsprechend den Genauigkeitsanforderungen (Jahr, Tag, Stunde, Minute, Sekunde, …), bei der Ortung resultiert ein Koordinatendatensatz, der bei Bedarf mit einem Zeitstempel kombiniert ist respektive kombiniert werden muss.

Datenmodelle

Aufgrund der Allgemeinheit der betrachteten Datenarten und der damit gegebenen grundsätzlichen Konsistenz kommt dem Datenmodell in operativer Hinsicht keine relevante Bedeutung zu.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Bei der Zeit ergibt sich der Zeitbezug per se, wobei dieser aufgrund des Aspekts der Synchronizität und der diesbezüglichen Anforderungen an die Echtzeit in einem System wie demjenigen des automatisierten Fahrens nicht zu vernachlässigen ist. Bei der Lokalisierung spielt dies dann eine Rolle, wenn der Zeitstempel operativ von Bedeutung ist, was etwa im automatisierten Fahren der Fall ist.

Dateninhaber

Die Inhaberschaft der Daten betreffend Zeit und Lokalisierung liegt in der Regel beim Staat bzw. bei supranationalen Behörden und wird durch Nutzungsverträge der einzelnen Dienste geregelt.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Gestützt auf die genannten Verträge ist ein Leserecht grundsätzlich für alle Akteure gegeben.

Vernetzung

V2B umfasst grundlegende Kommunikation (Empfangen und Senden) des Fahrzeugs mit Gebern von Basisdaten wie Zeit und Inertialsystem über GPS, GNSS, Kreiselkompass usw. Die Basisdaten liefern die Grundlage für eine präzise Lokalisierung des Fahrzeugs in Raum und Zeit. Ohne Verfügbarkeit der Basisdaten können Daten anderer Kategorien grundsätzlich nicht in Informationen zur Betriebssteuerung des Fahrzeugs umgewandelt werden.

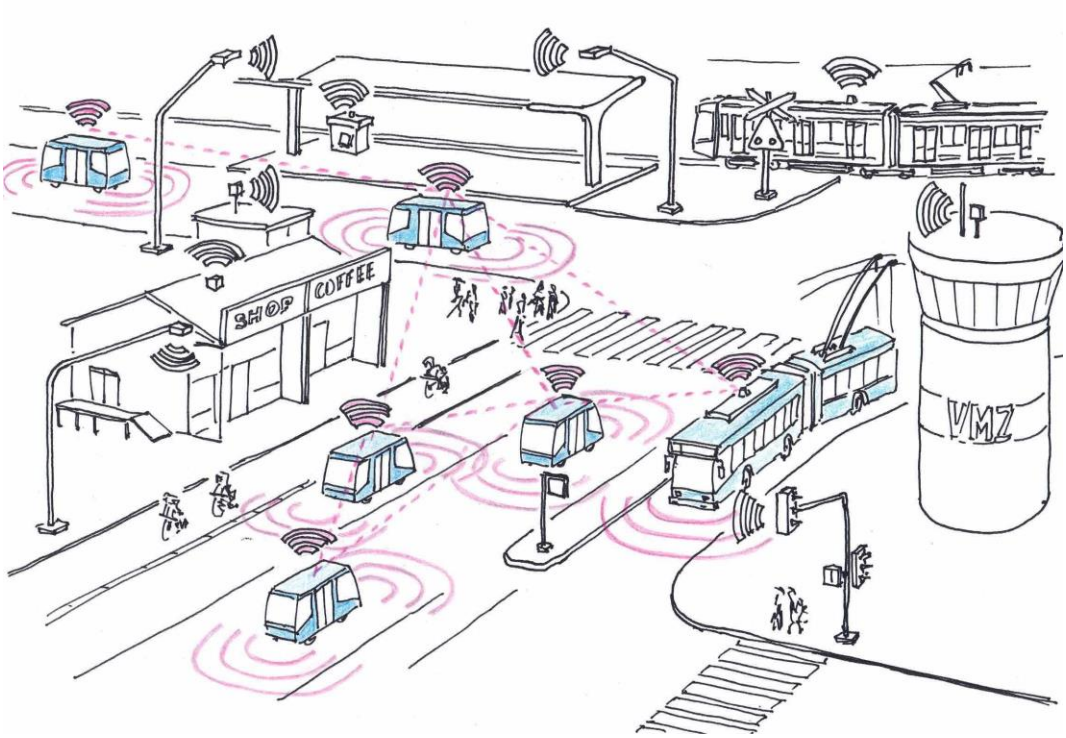
Die Eigentümerschaft der Daten liegt in der Regel beim Staat bzw. bei supranationalen Behörden und wird durch Nutzungsverträge der einzelnen Dienste geregelt.

***Tab. 2** Basisdaten*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Zeit (Uhr)	ja	alle	-	alle
Inertialsystem (GPS, Kreiselkompass)	ja	alle	-	alle

In den nachfolgenden Datenbereichen und Tabellen wurde darauf verzichtet, die Vernetzung mit den Basisdaten zu bezeichnen. Diese ist grösstenteils gegeben, und es resultiert keine Wechselwirkung aus dem gegenseitigen Bezug zwischen den Datenbereichen.

7.1.2 Umfelddaten / V2E



Umfelddaten verstehen sich als die das weitere Umfeld des Strassenraums betreffenden Daten.

Datenquellen

Als Datenquellen figurieren Messgeräte zur Erfassung meteorologischer Kenngrössen oder auch der Emissionen respektive Immissionen als auch Sensorik wie beispielsweise Kameras zur Erfassung nicht digitalisierter Verkehrsteilnehmender. Darüber hinaus dienen kartographische Grundlagen und weitere Datensätze zur Umgebung des weiteren Strassenraums als wertvolle Quelle.

Datenprozesse und Algorithmen

Die Datenprozesse beschränken sich auf die Auswertung und die Zusammenführung der zugrunde gelegten Datenquellen. Hier dürften KI und ML vermehrt eine Rolle spielen.

Art, Format und Umfang

Die Datensätze umfassen nebst der Angabe zum eigentlichen Objekt je nach dem auch Angaben zum räumlich-zeitlichen Bezug.

Datenmodelle

Je nach den eingesetzten Produkten und den sonstigen als Datenquellen verwendeten Informationen aus anderen Datenprozessen variieren die mit der Erhebung und Aufbereitung der erfassten Daten einhergehenden Datenmodelle.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Der Zeitbezug in Bezug auf Latenzen ist bei der Erfassung von nicht digitalisierten Verkehrsteilnehmenden von Relevanz. Hier ist Echtzeit die Anforderung. Ansonsten sind die Latenzen von sekundärer Bedeutung, stehen doch statistische Auswertungen im Zentrum des Interesses. Gewiss aber ist die räumlich-zeitliche Zuordnung der Daten relevant.

Dateninhaber

Die Inhaberschaft der Daten im Bereich V2E ist komplex; der wesentliche Anteil muss nach Ansicht der Autoren beim Fahrzeugbetreiber liegen. Dies öffnet u. a. Potential für spezialisierte Anbieter, die Umfelddaten gezielt erheben und im Rahmen eines kommerziellen Modells an Fahrzeugbetreiber weiterverkaufen, um z. B. gezielte oder hindernisfreie Routenwahlen zu ermöglichen.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Datenzugänge sind grundsätzlich vorhanden und gehen mit der eigentlichen Datenquelle und der Aufbereitung der erhobenen Daten einher. Die Lese- und Schreibrechte liegen beim Betreiber der entsprechenden Sensorik u. ä. respektive werden durch diesen vorgegeben. Ist solcher eine Behörde, so dürften die Zugänge öffentlicher sein, als dies bei einem Service-Anbieter der Fall wäre.

Vernetzung

V2E beschreibt die datenbasierte Interaktion des Fahrzeugs mit dem Umfeld. Dies umfasst Umfeldparameter wie atmosphärische Bedingungen (Wind, Sonne, Regen usw.) aber auch Fahrbahnbeschaffenheit (Laub, Schnee, Beschädigungen). Ebenso werden auf der Ebene "Environment" Verkehrsteilnehmer oder Hindernisse detektiert, die sich passiv verhalten und selbst nicht zu einer Datenaussendung resp. einem Datenaustausch in der Lage sind. Dazu gehören z. B. Zufussgehende, Velofahrende oder Tiere. Wie in Absatz 5.5 beschrieben, ist eine der grundlegenden Annahmen dieses Berichtes, dass Menschen und Tiere sich in einem von automatisierten Fahrzeugen genutzten oder mitgenutzten Strassenraum bewegen können müssen, ohne eine spezielle Sende-, Empfangs- oder Reflektionsvorrichtung zur Erkennung durch automatisierte Fahrzeuge mitführen zu müssen. Dies stellt entsprechende Mindestanforderungen an die Auslegung und Sensitivität der AF-eigenen Sensorik, die durch den Gesetzgeber festzulegen sind, falls sie vom Stand der umgebenden EU-Länder abweichen.

Grundsätzlich verfügt das automatisierte Fahrzeug über aktuelle Informationen zu den zu erwartenden Umfeldbedingungen und zum Fahrbahnzustand; diese werden von der Verkehrsmanagementzentrale (VMZ) gesammelt und den Fahrzeugen zeitnah vor der Befahrung eines Gebiets zugestellt. Teilinformationen wie das Wegenetz können auch fahrzeugseitig vorhanden sein aus einem früheren Datentransfer bzw. einer früheren Datenaktualisierung. Allfällige signifikante Divergenzen zwischen Informationen, die an Bord des Fahrzeugs gespeichert resp. von der VMZ übermittelt werden, und den Daten aus der fahrzeugeigenen Sensorik müssen entsprechende Vorsichtsmassnahmen nach sich ziehen wie beispielsweise eine temporäre Geschwindigkeitsreduktion.

***Tab. 3** Umfelddaten*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Nutzungsstandorte (Karte, Nutzungen)	ja	alle	(Z[4])	alle
standortabhängige Erreichbarkeiten (u. a. real time) (Standort, Ziel, Verkehrslage)	ja	alle	(Z)	alle
Wetter: Temperatur, Sichtbedingungen, Strassenzustand (nass/eisig etc.)	ja	je nach Quelle	je nach Quelle	V, I
Luftqualität	ja	je nach Quelle	je nach Quelle	V, I

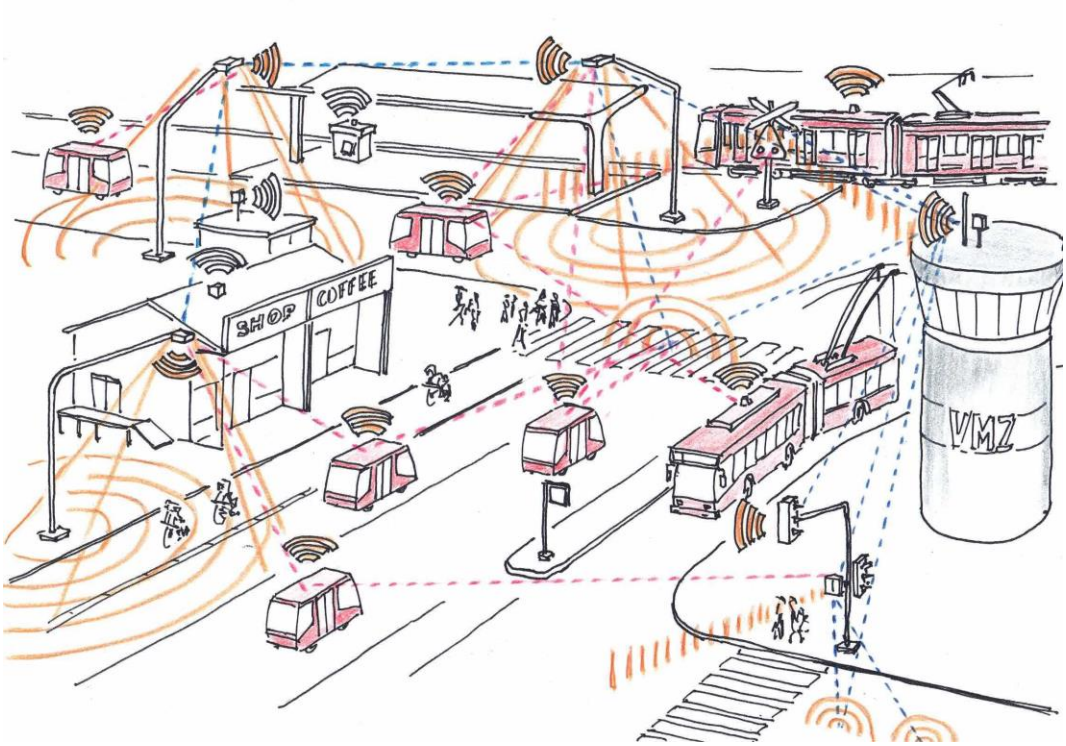
[4] Abkürzungen: vgl. Fussnote 2.

***Tab. 3** Umfelddaten (Fortsetzung)*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Lärm	ja	je nach Quelle	je nach Quelle	V, I
Wind	ja	je nach Quelle	je nach Quelle	V, I
Bilddaten u. ä.	ja	(S, ev. C, Z)	(S)	ev. C, V, I, M, Z, S
Viren, Troyaner etc.	?	?	?	?
unbekannte Daten	?	?	?	?

Ein wesentlicher Teil der Umfelddaten hat nach der hier betrachteten Systematik und Kategorisierung zwar den entsprechenden Gegenstand im Umfeld, nicht aber die Datenquelle. So werden etwa Daten zum Wetter mittels entsprechender Sensorik der Fahrzeuge oder Infrastruktur erfasst, was durch die entsprechende Vernetzung gemäss *Tab. 3* festgehalten ist.

7.1.3 Infrastrukturdaten / V2I



Infrastrukturdaten umfassen die seitens der Infrastrukturelemente im Strassenraum vorhandenen Daten.

Datenquellen

Als Datenquellen figurieren hauptsächlich Sensoren verschiedenster Art (Video, Wärmebild, Radar, Detektorschlaufe, Bluetooth, WLAN etc.). Grundsätzlich kann auch die Ortung von Objekten und Personen über Lokalisierungssystem eine Rolle spielen. Darüber hinaus sind natürlich auch die mit dem Betrieb von LSA oder sonstigen Verkehrsregelungsanlagen einhergehenden Daten zu nennen. Auch Grundinformationen zum Verkehrs- und Temporegime inklusive eigentlicher (virtueller) Signalisation spielen eine Rolle.

Datenprozesse und Algorithmen

Die erhobenen Daten werden zunächst gescannt, wobei die Identifikation des Objekts wie auch dessen räumlich-zeitliche Position eine Rolle spielen. Je nach Zielinformation können die Daten untereinander abgeglichen, validiert, aggregiert und auch fusioniert werden. Die Daten der Verkehrsteuerung und des sonstigen Verkehrsmanagements liegen entsprechend der verwendeten Verfahren und Rechnersysteme wie auch aus Plan- und GIS-Applikationen vor und werden nach Bedarf noch weiter aufbereitet.

Art, Format und Umfang

Die Datensätze umfassen nebst der Information zur Art des eigentlichen Objekts weitere Dimensionen wie etwa Zeitstempel, Koordinaten, Trajektorien, Zeitdauer bis zur nächsten Grünzeit, erlaubte Höchstgeschwindigkeit etc. Der Umfang der Daten ist bei grossflächiger Anwendung immens.

Datenmodelle

Je nach den eingesetzten Produkten variieren die mit der Erhebung und Aufbereitung der erfassten Daten einhergehenden Datenmodelle,

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Der Zeitbezug hängt vom angedachten Zweck der Verwertung der Daten zusammen. Bei zeitkritischen Anwendungen wie der Reaktion eines automatisierten Fahrzeugs aufgrund eines Konfliktes mit einer Person, einem sonstigen Objekt im Strassenraum oder auch eines Rotlichts ist Echtzeit gefordert. Stehen jedoch statistische Auswertungen im Zentrum des Interesses, so stellen Latenzen kein eigentliches Kriterium dar.

Datenverantwortlicher

Da sich insbesondere aus der Summe dieser V2I-Daten sehr präzise und von anderen Datenquellen unabhängige Bewegungsprofile erstellen lassen, sollte der Staat oder eine vom Staat mandatierte Agentur für die Daten verantwortlich sein. Aufgrund des massiven Missbrauchs-Potentials sind sie besonders zu sichern.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Datenzugänge sind grundsätzlich vorhanden und gehen mit der eigentlichen Datenquelle und der Aufbereitung der erhobenen Daten einher. Die Lese- und Schreibrechte liegen beim Betreiber der entsprechenden Sensorik u. ä. respektive werden durch diesen vorgegeben.

Vernetzung

V2I umfasst die datenbasierte Interaktion des Fahrzeugs mit diesen Daten respektive den entsprechenden ortsfesten Datenquellen wie Sensorik im Strassenraum, Lichtsignalanlagen, taktilen oder induktiven Sensoren, mit denen das automatisierte Fahrzeug als Teil des gebauten Umfelds interagiert. Die ortsfesten Datenquellen können in vorhandener technischer Infrastruktur verbaut sein und z. B. Teil von Lichtmasten, Leitpfosten oder Verkehrsleitelementen sein.

***Tab. 4** Infrastrukturdaten*

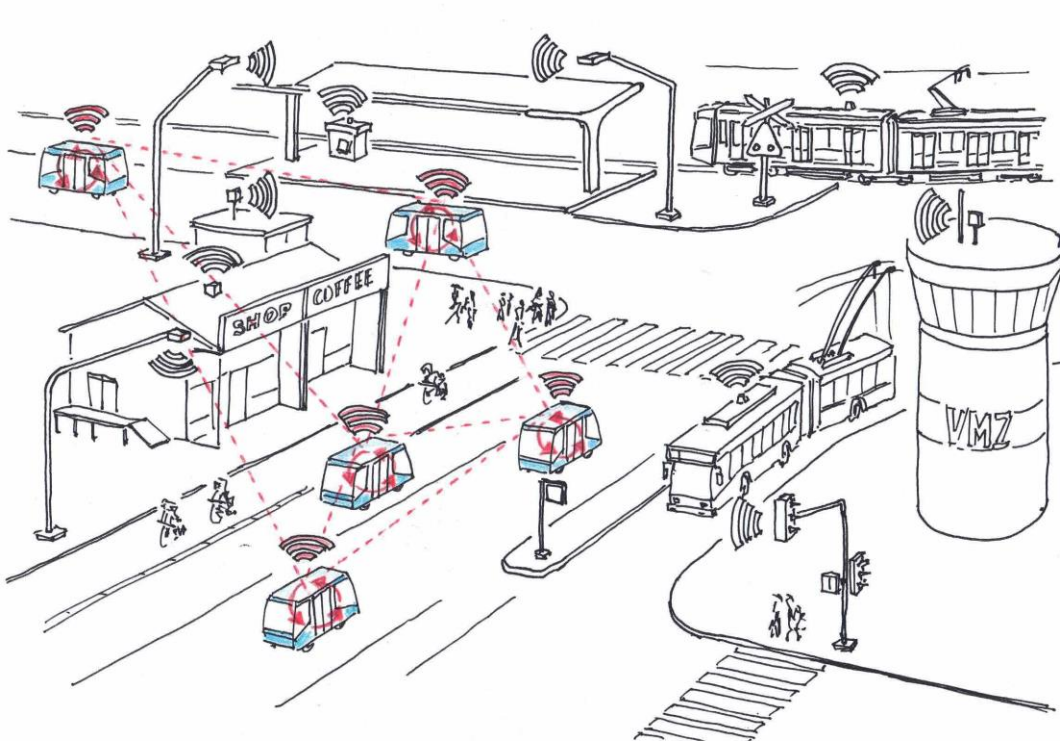
Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
LSA-Signalzeiten	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Sensorik-Zähldaten	ja	Z, S, C	Z, ev. S	V, Z, M, C, S
Sensorik-Belegungsdaten	ja	Z, S, C	Z, ev. S	V, Z, M, C, S
Log-Files	ja	Z	Z	Z

***Tab. 4** Infrastrukturdaten (Fortsetzung)*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Daten der Sensorik zur Erfassung der Randbereiche des Strassenraums (Trottoirs etc.)	ja	Z, S, C	Z, ev. S	V, Z, M, C, S
Signalisationsdaten (fix und dynamisch)	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Wegweisungsdaten	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Markierungsdaten	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Spezifische Daten wie z. B. Spurbreiten, Neigung etc.	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Fahrbahnzustand	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Fehlermeldungen	ja	Z	Z	Z
Verkehrsüberwachung (Rotlichtkameras etc.)	ja	Z	Z	Z
Software-Versions-Daten	ja	Z	Z	Z
Verfügbarkeit Halteplätze	ja	Z, S, C	Z	V, Z, M, C, S
Daten zu Betriebsstörungen (u. a. softwarebedingt)	ja	Z	Z	V, Z, M, C, S

Bei den Infrastrukturdaten ist augenfällig, dass die Leserechte grundsätzlich offengehalten sind und dass der Zugang dort eingeschränkt ist, wo es um strafrechtliche Aspekte geht.

7.1.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V



Fahrzeugdaten verstehen sich als die im Fahrzeug verfügbaren Daten.

Datenquellen

Als Datenquellen ist eine Vielzahl an Sensoren zu nennen. Diese beziehen sich nicht nur auf die mit dem eigentlichen Fahren verbundenen Aspekte wie Beschleunigen, Bremsen und Lenken, sondern auch auf eine Vielzahl an sonstigen, rein fahrzeugseitigen Aspekten. Darüber hinaus sind für automatisiertes Fahren weitere Grundlagen wie etwa eine hochauflösende Karte als Datenquelle zu sehen. Es ist zudem davon auszugehen, dass die Fahrzeuge auch Daten zu den Fahrzeuginsassen erfassen und verwerten.

Datenprozesse und Algorithmen

In automatisierten Fahrzeugen geht eine Vielzahl an Datenprozessen mit hochkomplexen Algorithmen von statten. Insbesondere aufgrund der KI und des ML treten hierbei auch Prozesse auf, die nicht wirklich antizipierbar sind (z. B. automatisch erzeugter neuer Code-Teil).

Art, Format und Umfang

Die Datenarten sind mehrdimensional und komplex und von immensem Umfang. Insbesondere durch die Vernetzung mit weiteren Fahrzeugen, der Infrastruktur oder auch der Verkehrsmanagement-Zentrale resultiert in der Summe ein gewaltiger Umfang an Daten und Datengrundlagen.

Datenmodelle

Es ist davon auszugehen, dass in einzelnen Fahrzeugen verschiedene Datenmodelle zum Einsatz gelangen und sich zudem die Datenmodelle verschiedener Fahrzeuge verschiedener Hersteller stark unterscheiden. Gegebenenfalls stehen technisch-regulatorische Methoden zur Harmonisierung der Datenmodelle und insbesondere der entscheidenden Daten zur Verfügung.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Bei allen aus Gründen der Verkehrssicherheit unmittelbar erforderlichen Reaktionen seitens des Fahrzeugs (z. B. Abbremsen infolge des Abbremsens des vorausfahrenden Fahrzeugs) ist Echtzeit unabdingbar.

Dateninhaber

Die Inhaberschaft der Daten liegt beim Fahrzeug- oder Flottenbetreiber, in Teilen beim Fahrzeughersteller. Diese sind in *Tab. 5* unter S subsummiert. Die Festlegung von Abgrenzungen von Zugriffsrechten wird Gegenstand spezifischer Vereinbarungen zwischen diesen Parteien sein (NHTSA 2013).

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Es ist davon auszugehen, dass der Fahrzeughersteller und auch allfällig mit dem Fahrzeug in Verbindung stehende Service-Anbieter Zugang zu den Daten haben. Letztlich müssen sie dies für die Gewährleistung der Funktionalität und Sicherheit des Fahrzeugs auch können, dies zumindest in Bezug zu den fahrzeugtechnisch relevanten Datensätzen. In Bezug auf allfällige Daten zu den Fahrzeuginsassen und auch allfälliger ableitbarer, hochauflösender Trajektorien ist dies zu relativieren.

Vernetzung

V-Interner Datenaustausch findet innerhalb des Fahrzeugs selbst statt, insbesondere zwischen fahrzeugeigenen Sensoren und Fahrzeugkomponenten wie Türsteuerung und Antrieb.

V2V beschreibt den Datenaustausch zwischen AFs sowie zwischen AFs und konventionellen resp. teilautomatisierten Fahrzeugen auf einer rein technischen Ebene. Ausgetauscht können werden Informationen zum Betriebszustand wie Geschwindigkeit, geplante Trajektorie, Umfeldbedingungen etc. Grundsätzlich werden zwei wesentliche Funktionen erfüllt: Lokale Koordination resp. Überprüfung der Kompatibilität des Betriebszustandes

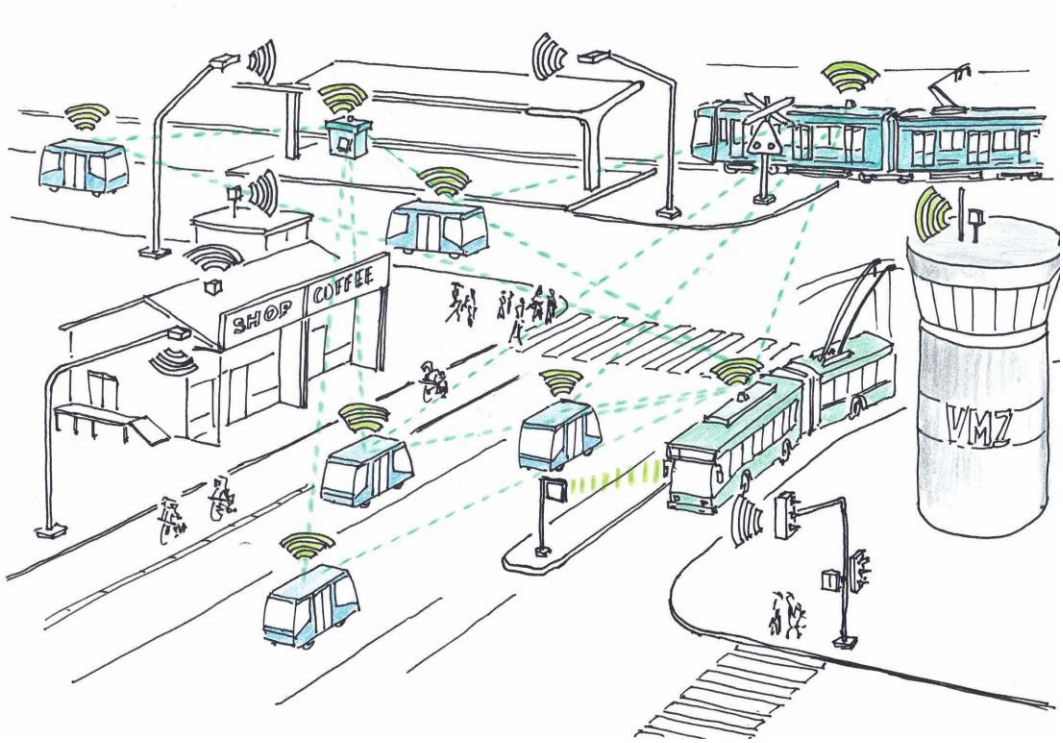
Die Komponente von V2V, die sich mit der Verhinderung von Kollisionen befasst, ist funktional in den Grundzügen vergleichbar dem TCAS (Traffic Collision Avoidance System) in der Luftfahrt: Ein Datenaustausch erfolgt direkt zwischen Steuerrechnern von Flugzeugen in geographischer Nähe, es werden Informationen zu Fluglage und Kurs verglichen werden und bei drohender Kollisionsgefahr ein verbindlicher Ausweichbefehl an die Piloten ausgegeben, der einer verbindlichen Weisung entspricht und u. a. Anweisungen der Luftverkehrskontrolle (Fluglotsen) bricht, wenn eine Divergenz in den Handlungsaufforderungen besteht. Die aktuell bestehende, absolute und strikte internationale Priorisierung von TCAS-Ausweichbefehlen ist u. a. eine Folge des Unfalls von Überlingen im Jahr 2002.

***Tab. 5** Fahrzeugdaten*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Fahrzeug	ja	S	S	C
Ladezustand/Tankfüllung	ja	S, C	S	C
Energieverbrauch	ja	S, C	S	C
Allgemeiner Status des Fahrzeugs (Füllstand Flüssigkeiten, Reifenzustand, km/Zeit bis zum nächsten Service, Defekte)	ja	S, C	S	C
Scheibenwischertätigkeit	ja	S, C	S	C
Geschwindigkeit	ja	S, C, ev. Z	S	C, V, I, Z
Geschwindigkeitsverlauf	ja	S, ev. C, Z	S	C, ev. I, Z
Beschleunigung	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. I, Z
Besetzungsgrad/Beladung	ja	S(, C)	S	C, ev. I, Z
Spurposition	ja	S, C, ev. Z	S	C, V, M, ev. Z
Abbiegewunsch	ja	S, Z, C	S, C, ev. Z	C, V, I, M, Z, S
Position benachbarter Fahrzeuge / weiterer Verkehrsteilnehmer	ja	S, ev. Z, C	-	ev. C, I, M, Z, S
Fahrbefehle (benachbarter Fahrzeuge)	ja	S, ev. Z, C	-	ev. C, V, I, M, Z, S
Fahrzeug-Abstands-Daten	ja	S, ev. Z, C	-	ev. C, V, I, M, Z, S
Fahrzeug-CV	ja	S, ev. C, Z	S	ev. C, Z
Innentemperatur	ja	S, C	(S)	C
Bilddaten	ja	(S, ev. C, Z)	(S)	ev. C, V, I, M, Z, S
Radardaten	ja	(S, ev. C, Z)	(S)	ev. C, V, I, M, Z, S
Wärmebilddaten	ja	(S, ev. C, Z)	(S)	ev. C, V, I, M, Z, S
Daten zu Leerfahrten	ja	S, ev. Z	S	ev. Z

Ein wesentlicher Anteil der Daten ist einzig durch den Fahrzeughersteller oder Flottenbetreiber (beide unter S subsummiert) einsehbar. Ein Leserecht für die übrigen Akteure ergibt sich (unter Umständen) aufgrund der C-ITS-Funktionalitäten.

7.1.5 Daten anderer Modi / V2M



Als Daten anderer Modi gelten hier sämtliche im Kontext anderer Verkehrsmittel vorhandenen Daten.

Datenquellen

Wesentliche Datenquellen sind hier etwa Datensätze zur räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit anderer Verkehrsmittel, wobei sich dies nicht auf die öffentlichen Verkehrsmittel beschränkt. Des Weiteren sind auch Datensätze etwa zur Orientierung an Übergängen zu erwähnen.

Datenprozesse und Algorithmen

Hier steht der Informationsaustausch im Vordergrund. Prozesse sind insbesondere dann von Bedeutung, wenn es beispielsweise um eine intermodale Anschlusssicherung geht, wofür es den Austausch dynamischer Betriebskenndaten bedingt.

Art, Format und Umfang

Die Daten beschreiben in erster Linie die räumlich-zeitlichen Angebote der Verkehrsmittel und umfassen somit Angaben zum Fahrplan, zu Haltestellen oder bei On-Demand-Angeboten die Position der jeweiligen Fahrzeuge o. ä. Je nach Anbieter dürften die Formate unter Umständen variieren. Für statische Betrachtungen dürfte der Umfang überschaubar sein, beim Einbezug dynamischer Aspekte dürfte der Umfang um einiges höher sein und gar einen kontinuierlichen Datenstrom umfassen. Bei den Daten, welche Informationen zu den Übergängen darstellen, handelt es sich etwa um kartographische Daten oder Wegbeschreibungen und darüber hinaus auch um Angaben zu Läden u. ä.

Datenmodelle

Die Datenmodelle sind grundsätzlich einfacher Natur, da die Datenquellen in der Regel diskreter Natur sind und es nicht aufwändiger Auswertungsverfahren bedingt, wie dies z. B. bei der Auswertung von mobilfunkgestützten Positionsdaten der Fall ist.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Die Datensätze sind sowohl statischer (z. B. Fahrpläne) als auch dynamischer Natur (z. B. über die Zeit variierende Verkehrsinformation zur aktuellen Fahrplanlage einzelner Kurse).

Dateninhaber

Die Zuordnung der Daten ist festzulegen; im Interesse eines möglichst reibungslosen Funktionierens von Intermodalität sollte sie bei der die Intermodalität fördernden und koordinierenden Instanz, etwa einem Verkehrsverbund, liegen. Dies ist als Teil eines Regulierungsprozesses festzulegen.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Da die Abgabe von Informationen der eigentliche Zweck dieser Daten ist, impliziert dies das Vorhandensein entsprechender Datenzugänge. Somit liegen für sämtliche Nutzergruppen wie auch für Verkehrsmanagement-Zentralen Leserechte vor. Unter Umständen ist der Zugang an die Einrichtung eines Nutzerprofils gebunden, was mit der Abgabe von persönlichen Daten an den Anbieter einhergeht.

Vernetzung

V2M verstehen sich als der Datenaustausch zwischen automatisierten Fahrzeugen und den anderen Modi wie z. B. Bus, Zug und weitere. Einbezogen ist hier nahe Kommunikation, entweder direkt oder via Verkehrsmittelzentrale VMZ, deren Hauptziel die möglichst einfache Übergabe von Passagieren zwischen verschiedenen Verkehrsträgern ist. Neben der Ad-Hoc-Sicherstellung von Anschlüssen z. B. bei Fahrplanabweichungen oder Inkongruenzen in der Bedienung erfolgen andere vergleichbare datenbasierte Abstimmungen zwischen automatisierten Fahrzeugen (On-Demand-Betrieb) und hochkapazitivem ÖV (Linienbetrieb). V2M-Daten fallen grundsätzlich unter die Kategorie V2X, weil ein direkter Einfluss auf Fahrzustand und Parameter wie Routenwahl, Haltepunktwahl oder Passagierzahl eines beteiligten automatisierten Fahrzeugs erfolgt.

Es handelt sich jeweils um begrenzte Informationen, die in der Summe aber durchaus relevant für das Verständnis und z. B. das Abschätzen von Optimierungs- und Marktpotentialen eines Verkehrssystems mit AF-Beteiligung sind.

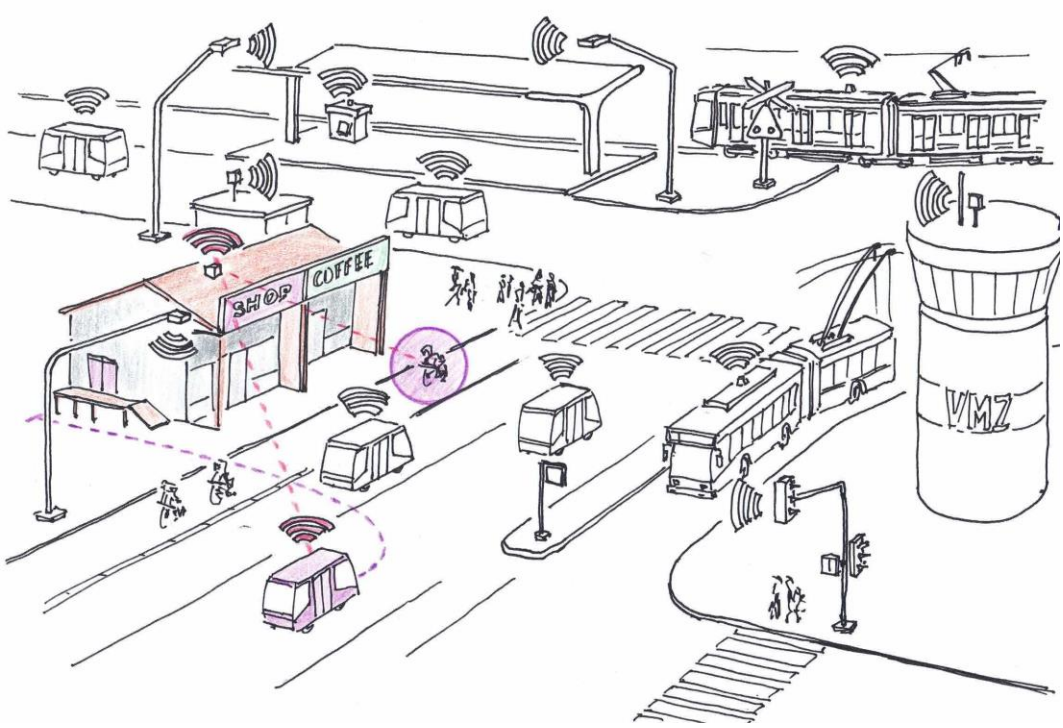
***Tab. 6** Daten anderer Modi*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Übergänge zwischen Verkehrsmitteln	ja	C, S, Z	S resp. Z	alle (?)
Merkmale der Übergänge zwischen Verkehrsmitteln	ja	C, S, Z	S resp. Z	alle (?)
Position weiterer Verkehrsteilnehmer	ja	C, S, Z (?)	-	(ev. ?) V, I, S, Z
Intermodale Datenflüsse	ja	S, ev. Z	S, ev. Z	(ev. ?) V, I, S, Z
Verkehrsmittel	ja	C, S, Z	S resp. Z	alle (?)
Fahrplanlage	ja	C, S, Z	S resp. Z	alle (?)

Hier ist davon auszugehen, dass die Daten allgemein zugänglich sind. Dies könnte aber davon abhängen, ob allenfalls die physischen Übergänge und deren Gestaltung und Bewirtschaftung ein eigenes Geschäftsfeld für Serviceanbieter werden könnten. Doch

selbst in diesem Falle stellt ja die Zurverfügungstellung der Daten den eigentlichen Kern des Services dar.

7.1.6 Logistikdaten / V2L



Logistikdaten bezeichnen die Daten im Bereich Logistik.

Datenquellen

Es ist davon auszugehen, dass die Erkenntnisse aus Feldversuchen der Logistikindustrie aus den letzten 15 Jahren, die sich sowohl auf elektronische wie auf physische Schnittstellen der Kleingüterlogistik bezogen, durch die nun verfügbare weiterentwickelte, verlässlichere und in Beschaffung und Unterhalt deutlich günstigere Sensorik vor allem im Bereich der urbanen und periurbanen Kleingüterlogistik zu standardisierten, automatisierten Prozessen führen. Die dafür benötigten Daten stammen sowohl von Lieferfahrzeugen als auch von Sendungen respektive standardisierten Kleingefässen, die als Träger von Sendungen fungieren. Weiter sind auch ortsfeste Anlagen wie Lager- und Umschlaganlagen sowie die Einrichtungen von Versendern und Empfängern einbezogen, dabei insbesondere automatisierte Tore, die sich für den Versand oder Empfang einer präzisen Sendung öffnen. Diese Austauschprozesse werden als V2L zusammengefasst.

Datenprozesse und Algorithmen

Hier steht der Informationsaustausch im Vordergrund. Prozesse sind insbesondere dann von Bedeutung, wenn es beispielsweise um den automatisierten Transfer einer Sendung zwischen Fahrzeugen oder zwischen einem Fahrzeug und ortsfester Infrastruktur wie z. B. einem Convenience Store geht. Dieser Informationsaustausch bildet auch die Grundlage für die Optimierung der Fahrzeugflotten und Transportketten und dabei insbesondere hinsichtlich Routenwahl.

Art, Format und Umfang

Anders als ein Passagier im Personentransport verfügt eine Warensendung immer über ein eineindeutiges Identifizierungsmerkmal in Form eines Senders und Empfängers, dessen Kommunikation die Grundlage für das Routing der Sendung bildet. Ein seitens

des Logistikproviders angeordneter Rechner verfügt über Informationen zur aktuellen Situation der Sendung und tauscht standardisierte, vordefinierte Informationen mit dem AF-Steuersystem und der ortsfesten Infrastruktur aus. Zusätzlich können logistische Prozessdaten, die wie z. B. ein Monitoring der Kühlkette der Qualitätssicherung dienen, aufmoduliert werden.

Datenmodelle

Während automatisierte Übergabeprozesse von Warensendungen zwischen Fahrzeugen einer kontinuierlich nachgeführten Koordination und daher eines dem Passagierverkehr entsprechenden Datenaustauschs bedürfen, ist bei Interaktion mit dem gebauten Umfeld wie einem automatischen Ladetor eines Lagers ein eindirektionaler, wesentlich einfacherer Datenaustausch hinreichend. Es ist genau die Aufhebung der Notwendigkeit einer zeitlich und räumlich koordinierten, physischen Präsenz eines Senders und Empfängers, der zu wesentlichen Robustheits- und Kostenvorteilen führt und damit u. a. bisher nicht wirtschaftliche Liefermodelle ermöglicht. Die vergleichsweise einfache Gestaltung von Schnittstellen kann auch dabei helfen, unterschiedliche Standards von Anbietern auf beiden Seiten einzubinden.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post (Statistik))

Die Datensätze sind sowohl statischer (z. B. Sendungscharakter, Inhalt und Anforderungen an die Form der Beförderung und des Umschlags), aber auch dynamischer Natur (z. B. aktuelle Position von Sendung, Sendungsträger oder Fahrzeug).

Dateninhaber

Die Inhaberschaft der Daten liegt bei Fahrzeugbetreibern wie den beteiligten Logistik-Plattformen. Denkbar sind Partnerschaften mit abgegrenzten Zugangsrechten, deren Ziel eine robuste Abwicklung sowie eine auf prädiktiver Analytik aufbauende Kapazitätsoptimierung und damit Gesamtverkehrsreduktion ist (McKerracher et al. 2016, Van Audenhove et al. 2018).

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Hier ist zwischen 2 Ebenen zu unterscheiden: Während statistisch aggregierte, vom einzelnen Sendungsfall anonymisierte Daten wesentliche Informationen zur Systemperformance inkl. der Grundlage für Optimierungen liefern, sind Daten zur operationellen Abwicklung und zum Inhalt einzelner Sendungen nicht nur aus datenschutzrechtlichen Gründen strenger Geheimhaltung zu unterwerfen. Vielmehr werden bei erfolgreicher Datenmanipulation Umleitung, Entnahme oder Substitution von Sendungen möglich, letzteres z. B, im Hinblick auf terroristische Ziele (Einschleusung einer durch physische Einwirkung gezielt Schaden anrichtenden Sendung ins System). Letzteres ist allerdings heute schon möglich, womit also mit der Digitalisierung nicht zwingend von einer diesbezüglichen Verbesserung ausgegangen werden darf.

Vernetzung

V2L dienen dem fahrzeugbasierten Austausch im Logistikbetrieb mit AF, sofern dieser den Betriebszustand, die Beladung und die Routenwahl des automatisierten Fahrzeugs betrifft. Der Datenaustausch erfolgt im Zusammenhang mit dem hoch- oder vollautomatisierten Transport von Kleingütern.

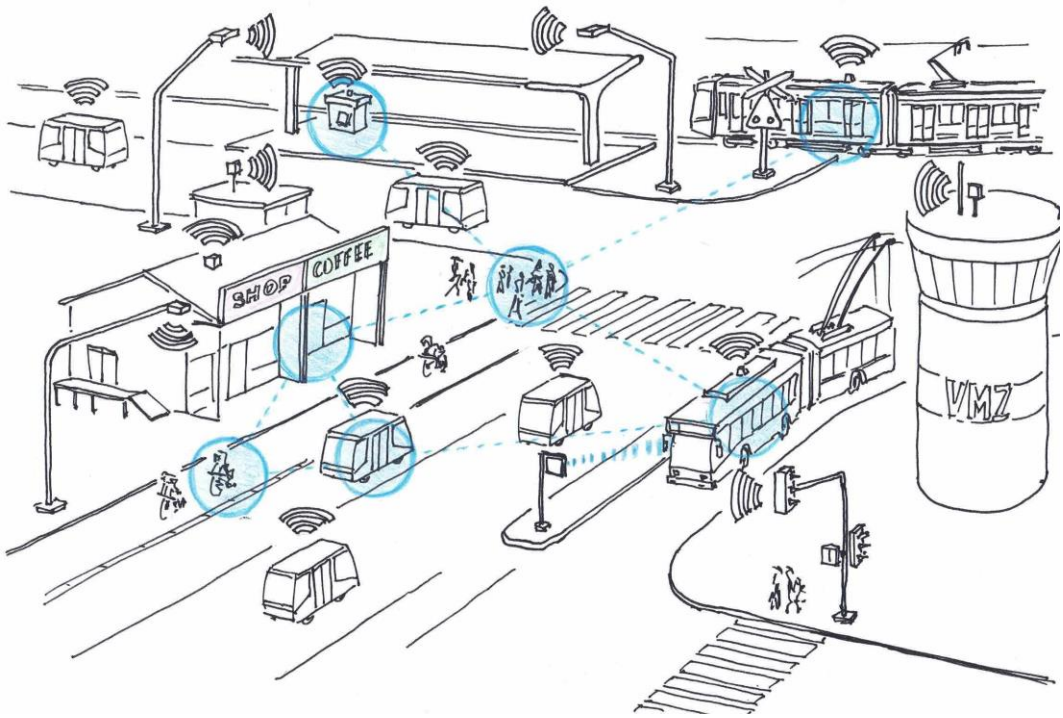
***Tab. 7** Logistikdaten*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
gewählte Güterumschlagsfläche	ja	L, ev. C, Z	L, ev. C	ev. C, Z
Ausgangs- und Zielort	ja	L, C, ev. Z	L	ev. C, Z

***Tab. 7** Logistikdaten (Fortsetzung)*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
An- und Abliefertermine	ja	L, C, ev. Z	L	ev. C, Z
Statusmeldungen	ja	L, C, ev. Z	L	ev. C, Z
Gewicht	ja	L, ev. C	L	ev. C
Volumen	ja	L, ev. C	L	ev. C
Verderblichkeit	ja	L	L	ev. Z
Geruchsbildung	ja	L	L	ev. Z
Daten zu Leerfahrten	ja	L, ev. Z	L	ev. Z

7.1.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C



Mit Nutzer- und Kundendaten sind hier diejenigen Daten gemeint, die seitens der Nutzer und Kunden als Folge der Nachfrage nach Verkehrs- und Mobilitätsangeboten entstehen.

Datenquellen

Als Datenquelle fungiert hier zur Hauptsache das Nutzerprofil der Kunden inklusive allfälliger Präferenzen, gegebenenfalls in Kombination mit weiteren Angaben etwa zu aktuellem Standort, vorhandenem Ticket oder gewählter Verbindung inklusive Abfahrts- und Ankunftszeit, Sitzplatzreservationen etc. In der Summe lassen sich daraus für den Serviceanbieter wertvolle Mobilitätsprofile ableiten. Darüber hinaus bilden diese Daten eine weitere Datenquelle etwa für statistische Auswertungen zum Nutzerverhalten oder auch zum Fahrtzweck.

Datenprozesse und Algorithmen

Nebst den Auswertungsalgorithmen sind aus heutiger Sicht keine weiteren Datenprozesse sichtbar, wobei die Auswertung auch etwa die Prognostizierung von Nutzer-Routinen o. ä. umfassen kann.

Art, Format und Umfang

Zunächst sind dies in erster Linie Datensätze verschiedener Kenngrössen und Attribute, worauf weitergehende statistische Datenbanken aufbauen. Die Formate dürften in Funktion des Anbieters oder auch des Fahrzeugherstellers variieren (vgl. auch Fahrzeug- resp. Service-Anbieter-Daten). Der Umfang korreliert mit der Nutzerfrequenz.

Datenmodelle

In Bezug auf die grundlegenden Daten spielen Datenmodelle eine untergeordnete Rolle. Bei über diese Daten hinausführenden Auswertungen, Analysen und Prognosen insbesondere durch Fahrzeug- und Service-Anbieter dürfte die Rolle der Datenmodelle bedeutender ausfallen (vgl. auch Fahrzeug- resp. Service-Anbieter-Daten).

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Sowohl Livedaten wie auch statistische Daten spielen hier eine Rolle, wobei kein Echtzeitanspruch gegeben ist und Latenzen nicht systemkritisch sind.

Dateninhaber

Die Inhaberschaft der Daten liegt beim Anbieter der die Kundeninformation betreffenden Dienste, in vielen Fällen dürfte dies der Fahrzeug- oder Flottenbetreiber sein.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Die Schreibrechte liegen ausschliesslich beim Nutzer resp. Kunden, Leserechte sind auf Seiten der Service-Anbieter und gegebenenfalls auch der Verkehrsmanagement-Zentrale zu erwarten.

Vernetzung

V2C umfasst den Datenaustausch zwischen einem automatisierten Fahrzeug und einem entweder sich an Bord befindenden oder wartenden (unmittelbar an Bord zu nehmenden) Kunden. Die Kommunikation erfolgt, nachdem der Kunde mit einem automatisierten Fahrzeug in Verbindung gesetzt wurde und damit als Kunde dieses automatisierten Fahrzeugs definiert ist. Der Datenaustausch umfasst v. a. kundendienstliche Informationen wie Routen, Zeiten, Anschlüsse etc.) und enthält im Upload aus dem Fahrzeug heraus aktive Wahlentscheidungen resp. Anforderungen des Kunden. V2C kann damit unmittelbar zu Änderungen im Betriebszustand des Fahrzeugs führen.

***Tab. 8** Nutzer-/Kundendaten*

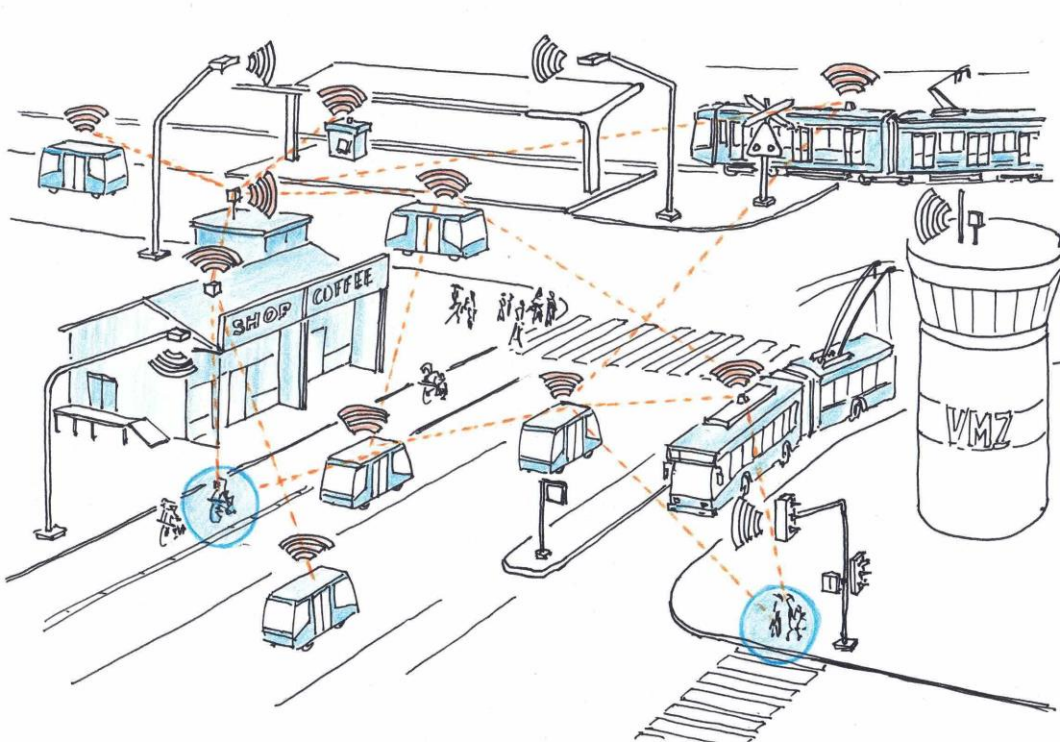
Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Person, Fahrgast	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Quelle/Startplatz	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Ziel	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Route	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Häufige Routen	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Gewählte/aktuelle Route	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
gewählte Halte- und Ausstiegsmöglichkeit	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Abfahrtszeit	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Ankunftszeit (Zeit im Fahrzeug kann auch produktiv genutzt werden)	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
(multifunktionale) Präferenzen der Nutzer	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z

***Tab. 8** Nutzer-/Kundendaten (Fortsetzung)*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Rechnungsadresse/Bezahler der Fahrt	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Fahrtzweck	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Dringlichkeit der Fahrt/Fahrtzweck (Möglichkeit der Priorisierung)	ja	C, S, ev. Z	C	S, (ev.) Z
gewähltes Ziel	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Aktivitätsmuster	ja	C, ev. S, Z (?)	C	ev. S, Z (?)
(kumulierter) Fahrpreis	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Benutzerprofil(e)	ja	C, S, ev. Z (?)	C	S, ev. Z (?)
(aufbereitete) Verkehrsinformationsdaten	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
verschiedene Aktivitätsdaten (Kreditkarte, Mobilfunknetzbenutzung, Twitter, etc.)	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Software-Versions-Daten	ja	C, S, ev. Z	C	S, ev. Z
Ereignis-/Störungs-/Unfall-Meldungen/-Telegramme	ja	C, S, Z	C	S, Z
gelinkte Verkehrs-Raum-Informationen	ja	C, ev. S, Z (?)	C	ev. S, Z (?)

Bei den Nutzer-/Kundendaten zeigt sich, dass sie in engem Bezug mit den Serviceanbietern stehen. Es ist davon auszugehen, dass Serviceanbieter die Kundendaten nach Möglichkeit im Kontext zur Geschäftsidee einsetzen werden wollen. Demgegenüber ist der Zugang für die Behörde nicht per se zu erwarten respektive gegeben.

7.1.8 Serviceanbieter-Daten / V2S



Serviceanbieter-Daten umfassen sämtliche bei Serviceanbietern vorhandenen Daten.

Datenquellen

Als Datenquellen sind hier zum einen die über die Nutzerprofile verfügbaren Daten seitens der Nutzer, zum anderen die via C-ITS und die fahrzeuginterne Sensorik verfügbaren Daten bezüglich des Verkehrsgeschehens zu nennen. Darauf aufbauend stellen die mit dem Serviceangebot verbundenen Datenprozesse und Algorithmen Datenquellen dar.

Datenprozesse und Algorithmen

Nebst den Prozessen zur Aufbereitung und Verwertung der verschiedenen Dateninputs stehen hier die Funktionalitäten, die mit dem Service einhergehen, im Vordergrund. Dies sind etwa Prozesse von Navigationsdiensten zur Routenpropagation oder auch von Flottenbetreibern für das Management von deren Flotte.

Art, Format und Umfang

Aufgrund der Komplexität der Einbindung der Service-Anbieter ins AF-Ökosystem sind die Daten vielschichtiger Natur und über weite Strecken auch dynamisch. Der Datenumfang ist sehr gross.

Datenmodelle

Gerade im Umgang mit den dynamischen Datenquellen dürfte eine Vielzahl von Datenmodellen ihre Anwendung finden, wobei diese je nach Service und Service-Anbieter variieren dürfte.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Der eigentliche Service dürfte mit höheren Latenzen klarkommen, harte Echtzeitanforderungen bestehen somit nicht. Zudem spielen auch statistische Daten eine wesentliche Rolle.

Dateninhaber

Die Inhaberschaft liegt bei den aus dem Fahrzeug herauslaufenden Daten beim AF-Betreiber, die Verhaltensdaten zu Konsumverhalten eines Kunden z. B. als Grundlage für gezielte Angebote können beim AF-Betreiber und bei den Partnern liegen; unterschiedliche Grade der Aggregation ermöglichen dabei verschiedene Formen der Einsicht ins Kundenverhalten.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Nebst dem Service-Anbieter selbst dürften die Nutzer auf jene Daten einen Zugang haben, die unmittelbar Gegenstand des Services sind (z. B. propagierte Route). Darüber hinaus dürfte sich die Mehrheit der Daten sowohl für Nutzer wie auch die Behörden im Verborgenen halten.

Vernetzung

V2S bezeichnet den Datenaustausch mit Serviceanbietern wie z. B. Flottenbetreibern, aber auch Anbietern von Mehrwertdiensten, die auf der AF-Plattform aufsetzen. Denkbar sind z.B. auf die spezifische Situation des Kunden zugeschnittene resp. vergünstigte Convenience-Angebote von Drittpartnern ausserhalb des AF-Ökosystems. Hier eröffnet sich über Kostenteilungs-, Partizipations- und Sponsoringmodelle ein weites Feld von Interaktionen und Angeboten mit und von Dritten. Behörden können dabei ebenfalls als Servicepartner auftreten. Die Kommunikation mit Serviceanbietern hat teils grosses ökonomisches Potential bis hin zu "Subventionsmodellen", in denen AF-Dienstleistungen

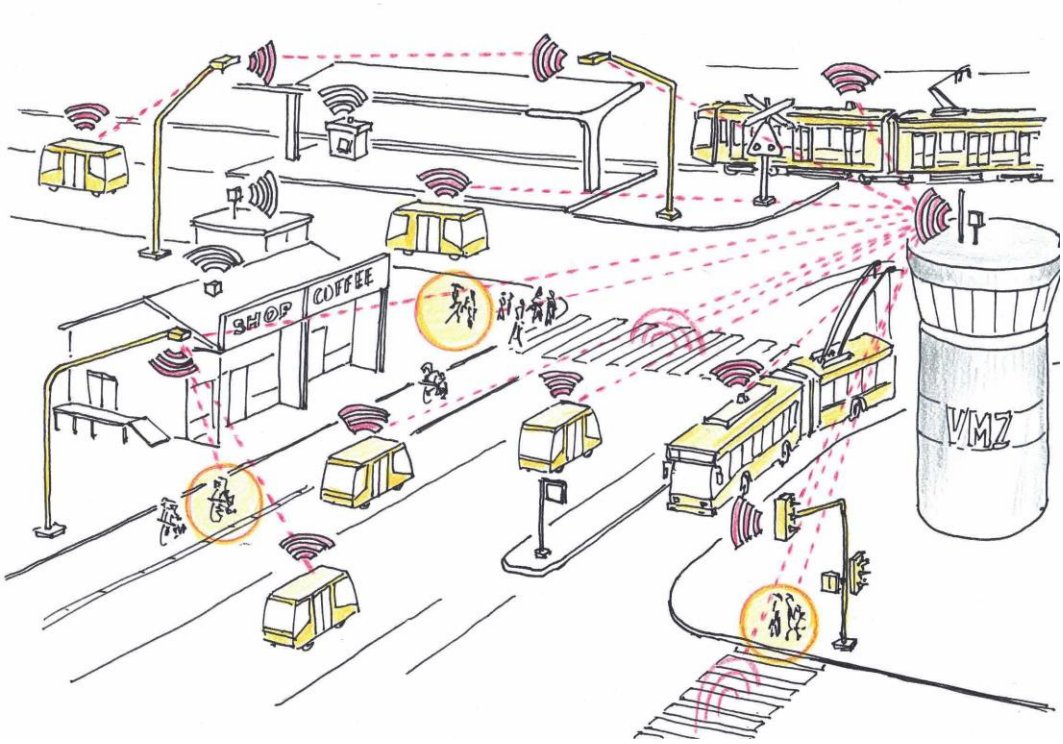
so subventioniert werden, dass die Transportdienstleistungen für den Kunden deutlich günstiger oder kostenfrei werden.

Tab. 9 *Serviceanbieter-Daten*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Ziel	(ja)	S, ev. C, Z	S	ev. C, Z, I, V, M
Route	(ja)	S, ev. C, Z	S, ev. C	ev. C, Z, I, V, M
Häufige Routen	(nein)	S, ev. C, Z	S	ev. C, Z
Gewählte/aktuelle Route	ja	S, C, ev. Z	S, ev. C	C, ev. Z, I, V, M
Gewählte Halte- und Ausstiegsmöglichkeit	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M
Abfahrtszeit	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M
Ankunftszeit (Zeit im Fahrzeug kann auch produktiv genutzt werden)	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M
Dringlichkeit der Fahrt/Fahrtzweck (Möglichkeit der Priorisierung)	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M
gewähltes Ziel	(ja)	S, ev. C, Z	S	ev. C, Z, I, V, M
(kumulierter) Fahrpreis	ja	S, C	S	C
Benutzerprofil(e)	ja	S, ev. C, Z (?)	S	ev. C, Z (?)
Software-Versions-Daten	(nein)	S	S	-
Daten zu Leerfahrten	ja	S, ev. Z	S	ev. Z
Positionen On-Demand-Services (allenfalls um Mitfahrgelegenheiten anbieten zu können (kombiniert mit Routenangabe))	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M
eingeschlagene Route On-Demand-Services (allenfalls um Mitfahrgelegenheiten anbieten zu können (kombiniert mit Routenangabe))	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M
Vorhandene Reservierungen bzw. für die Benutzung des Fahrzeugs zur Verfügung stehende Zeit	ja	S, C, ev. Z	S	C, ev. Z, I, V, M

Hier zeigt sich quasi das analoge zu den Nutzer-/Kundendaten, einfach mit umgekehrter Optik. Die Serviceanbieter sind entsprechend motiviert, Kundendaten geschäftsfördernd einzusetzen, hingegen ist den Behörden tendenziell der Zugang verwehrt.

7.1.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X



Der Begriff der Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale (VMZ) umfasst die bei einer entsprechenden Verkehrsmanagement-Zentrale vorhandenen und zur Verfügung stehenden Daten.

Datenquellen

Nebst den durch die Betreiber der Verkehrsmanagement-Zentrale zusätzlich betriebenen Verkehrssystemteile und Datenquellen wie etwa im Bereich der Infrastruktur und der Umfelddaten sind sämtliche mit C-ITS einhergehenden Datenströme als Quellen zu sehen (Rithu et al. 2017).

Datenprozesse und Algorithmen

Als Datenprozesse funktionieren alle Funktionalitäten im Zusammenhang mit der Verkehrssteuerung und dem Verkehrsmanagement. Gegebenenfalls kommen dabei gerade im Bereich der Verkehrsinfrastruktur auch Methoden der KI und des ML zum Einsatz.

Art, Format und Umfang

Die Aufgabe der Verkehrsmanagement-Zentrale impliziert eine Vielfalt an Daten und Formaten und ebenso einen immensen Umfang an Daten.

Datenmodelle

Auch bezüglich der Datenmodelle dürfte eine gewisse Vielzahl vorhanden sein. Diese variieren insbesondere in Abhängigkeit der betreffenden Betreiber (Bund, Kantone, Gemeinden, Transportunternehmungen) und der Lieferanten der technischen Lösungen (Hard- und Software), es sei denn, die Datenmodelle würden im Rahmen der Beschaffung explizit vorgegeben. Letztlich aber erschliessen sich die Datenmodelle jedoch dem Betreiber und der gesamten öffentlichen Hand und liegen dementsprechend transparent vor, es sei denn, diese stützen auf Services entsprechender Anbieter.

Zeitbezug (insb. Echtzeit vs. ex-post, Statistik)

Punkto Zeitbezug sind alle möglichen Ausprägungen, namentlich Daten mit Echtzeitanspruch, Live-Daten (mit erlaubter Latenz) und auch statistische Daten, anzutreffen. Für sicherheitsrelevante Prozesse wie beispielsweise die Überprüfung von Zwischen- und Mindestzeiten in der Verkehrssteuerung sind Echtzeitanforderungen unabdingbar. Ansonsten reichen auch grössere Latenzen aus. Statistische Daten sind ebenfalls von Relevanz.

Dateninhaber

Die Inhaberschaft der Daten liegt beim Betreiber der VMZ, hinter der aufgrund der hohen strategischen Bedeutung und des dieser innewohnenden Missbrauchspotentials der Staat oder eine staatlich mandatierte Agentur stehen sollte. Modelle, bei denen darauf aufsetzend ein Teil der Daten durch private Anbieter unter Hinzunahme AF-systemexterner Daten raffiniert oder Alternativen bereitgestellt werden, werden sich voraussichtlich im Markt etablieren, da sie kommerziell interessante Angebote wie Premium- oder Sonderdienste ermöglichen. Es ist dabei aus Sicht des Staates zu beachten, dass solche Services nicht zu einer Beeinträchtigung eines für alle Nutzer verfügbaren Grundangebotes führen, das diskriminierend wirken oder die Gesamtsystem-Effizienz tangieren würde.

Datenzugänge und Lese- und Schreibrechte

Solange der Betrieb einer Verkehrsmanagement-Zentrale in der Obrigkeit der Öffentlichkeit liegt, sind die Daten nicht zuletzt aufgrund des Öffentlichkeitsprinzips öffentlich zugänglich. Demgegenüber dürften die Schreibrechte im Wesentlichen bei der Behörde liegen, wobei hier Konzepte wie Traffic-Management-as-a-Service auch den übrigen Akteuren gewisse Schreibrechte zuhalten könnten, etwa zur Meldung von Ereignissen wie Unfälle oder lokale Staueffekte.

Vernetzung

V2Z umfasst den Datenaustausch mit der VMZ. Darunter fallen alle Handlungsebenen, die eine Koordination durch die Zentrale erfordern sowie bedarfsabhängige oder regelmässige Updates des Fahrzeugs z. B. mit aktuellen Ist-Daten zur Aktualisierung der Onboard-Karte des Fahrzeugs, was allerdings nur dann zum Tragen kommt, wenn die Fahrzeuge auf durch die VMZ bereitgestellte Karten zurückgreift. Die VMZ fungiert dabei auch als Datenplattform, die von verschiedenen Datenquellen erhaltene Informationen weitergibt, entweder in roher oder in raffinierter/aggregierter Form.

***Tab. 10** Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Verkehrsnetz	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Karte	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
(Kombi Standort/Geschwindigkeitsverlauf) Verkehrszustand	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
(HD-)Karte	ja	C, S, Z	Z, ev. S, C	V, I, M, C, S
Slot	ja	C, S, Z	Z, ev. S	V, I, M, C, S
Pricing	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Preis Route	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Preis Slot	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Robustheit des Slots	ja	Z, ev. C, S	Z	V, I, M, C, S
Re-Routing-Daten	ja	Z, ev. C, S	Z, ev. S	V, I, M, C, S
Re-Scheduling-Daten	ja	Z, ev. C, S	Z	V, I, M, C, S
Tempo-Regime (ev. Real-time, Steuerung der (max.) Geschwindigkeit)	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S

***Tab. 10** Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale (Fortsetzung)*

Datensatz	Datenzugang	Leserecht	Schreibrecht	Vernetzung
Signalisationsdaten	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Steuer-/Lenk-Befehle aus VM-Zentrale	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Daten aus dem (zentralen) Optimierungsprozess	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Slotlage	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Anreiz-Punkte	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
(aufbereitete) Verkehrsinformationsdaten	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Fehlermeldungen	ja	Z, ev. S, C	Z	V, I, M, C, S
LSVA/Mobility-Pricing-Daten	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Daten zur Infrastruktur-Fähigkeit (welcher AF-Level zulässig etc.)	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Daten an/zu Systemgrenzen	ja	Z, ev. S, C	Z	V, I, M, C, S
Daten zur Rechenintensität/Rechensystemauslastung	?	?	?	?
Latenz-Daten	ja	Z, ev. S, C	Z	V, I, M, C, S
Daten zu Vortrittsverhältnissen und sonstigen Verkehrsregimeaspekten	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Software-Versions-Daten	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S
Daten zu Betriebsstörungen (u. a. softwarebedingt)	ja	C, S, Z	Z	V, I, M, C, S

Entsprechend der Aufgabe und des Trägers der Verkehrsmanagement-Zentrale sind deren Daten weitestgehend öffentlich zugänglich. Zudem ist die Vernetzung zu allen Datenbereichen die Regel. Dies kontrastiert etwa zur Situation in Bezug zu den Fahrzeugen oder Serviceanbietern.

7.2 Identifikation weiterer Effekte der anfallenden Daten

Für die identifizierten Daten gilt es einzuschätzen, welche weiteren Effekte in technischer, regulatorischer und finanzieller Hinsicht damit einhergehen.

7.2.1 Erforderliche ICT-Infrastruktur und Datenhaltung

Ein derart vernetztes und auch komplexes Gefüge wie das AF-Ökosystem geht einher mit einem entsprechend hohen Bedarf an ICT-Infrastruktur mit dementsprechender Datenhaltung. In den automatisierten Fahrzeugen braucht es sehr leistungsfähige Rechner und Speichersysteme, um die massive Menge an Daten verarbeiten und die verschiedenen Rechenprozesse in der erforderlichen Schnelligkeit im Sinne der Echtzeitanforderungen durchführen zu können. Auch infrastrukturseitig fällt ein hoher Bedarf an entsprechender Sensorik und damit verbundener Hard- und Software-Komponenten an. Zudem braucht es für die Vernetzung mit den Fahrzeugen je nach Leistungsfähigkeit des Mobilfunknetzes verstärkende Roadside-Units. Die für die eigentliche Verkehrssteuerung und das Verkehrsmanagement benötigte Infrastruktur dürfte im Vergleich dazu eher bescheiden ausfallen, da ja hierbei im Wesentlichen auf Daten aus dem C-ITS-Kontext abgestützt werden kann und erwartungsgemäss auf heutige Komponenten wie etwa Detektorschlaufen verzichtet werden kann. Zwar werden auch neue Methoden fürs Steuern und Managen des Verkehrs dementsprechend leistungsfähige Rechnersysteme benötigen. Aber das Gewicht dürfte sich dabei nicht zuletzt auch kostenseitig von der Hardware auf die Software verlagern. Seitens der Service-Anbieter wie auch auf Kundenseite dürfte sich der Bedarf an Infrastruktur, mit Ausnahme automatisierter Fahrzeuge und entsprechenden Fahrzeugflotten, in Grenzen halten. Hier dürfte der Fokus auf der Flexibilität und der Agilität der digitalen Infrastruktur

liegen und ebenso die Bedeutung der Software an Bedeutung gewinnen. Eine zentrale Frage dürfte darin zu sehen sein, wo die jeweiligen Daten gehalten werden. Es ist davon auszugehen, dass dies tendenziell vermehrt die Cloud und damit verbundene Rechenzentren sein dürften. Solches geht wiederum mit entsprechend hohen Aufwendungen für die ICT-Komponenten und insbesondere deren Betrieb und Schutz gegen unbefugte Zugriffe einher. Was die Kommunikation für den Austausch der Daten zwischen den verschiedenen AF-Ökosystem-Komponenten betrifft, so gilt es zu beachten, dass etwa der Austausch via ein Mobilfunknetz nur in Abhängigkeit vom Provider des offenen Mobilfunknetzes geschehen kann, während hingegen eine kabelbasierte Kommunikation gänzlich in der Obhut des Systembetreibers erfolgen kann. Hier hängt es von den Präferenzen der einzelnen Akteure ab, auf welche Kommunikationskanäle sie setzen.

7.2.2 Betreiber der Infrastruktur

Die Frage nach dem Betreiber der Infrastruktur stellt sich insbesondere vor dem Hintergrund, dass wesentliche Anteile der Datenhaltung und Datenprozesse in Rechenzentren stattfinden dürften. Dies führt unweigerlich zur Frage, wer im Zeitalter des automatisierten Fahrens mit einer immens hohen Vernetzung solche Rechenzentren angesichts der Anforderungen bezüglich Cybersecurity sicher zu betreiben imstande ist. Es ist fraglich, ob etwa eine Behörde dazu fähig ist oder ob dies einzig auf Cloudsysteme spezialisierte Firmen mit ihrer hohen Anzahl an Fachkräften zu leisten vermögen. Darüber hinaus stellt sich auch die Frage, wo etwa angesichts der Vernetzung zwischen Fahrzeug und strassenseitiger Infrastruktur und der Verkehrsmanagement-Zentrale die Hoheitsgrenzen aus Sicht der Betreiber zu setzen sind und ob die heute gegebene Grenze zwischen Fahrzeuge und Betreiber auch künftig dieser Art sein wird oder ob Fahrzeug und Infrastruktur aufgrund der Vernetzung mehr und mehr miteinander verschmelzen.

7.2.3 Strategische Bedeutung der Daten und Datenprozesse

Die Daten und Datenprozesse innerhalb der automatisierten Fahrzeuge sind zweifelsohne von hoher strategischer Bedeutung im Hinblick auf ein nutzenstiftendes AF-Ökosystem. Nebst den verkehrlichen Funktionalitäten sind dabei hauptsächlich sicherheitsrelevante Daten und Datenprozesse von hoher Bedeutung. Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass insbesondere in den tendenziell stark frequentierten urbanen Verkehrssystemen den Knoten eine zentrale Bedeutung zukommt. Wie der Verkehr an den Knoten abgewickelt und wie etwa zusätzlich der Verkehr gezielt geroutet wird, dürfte für die Gesamteffizienz des Verkehrssystems von zentraler Bedeutung sein.

7.2.4 Zentrale Karte für automatisiertes Fahren

Bei Verfügbarkeit von und Rückgriff (funktional notwendig oder optional) des AF-Steuersystems auf eine zentrale Karte ist der Informationsfluss grundsätzlich durch Dritte beeinflussbar resp. angreifbar, wenn

- der Zugriff auf die Karte, etwa bei Aktualisierungen oder Datenübertrag, erfolgt (letzteres kann auch zur Spiegelung von Informationen und späterer Verwendung gegen das Steuersystem erfolgen),
- die Karte selbst an einem zentralen Speicherort oder an dezentralen Speicherorten Ziel eines Angriffs wird oder
- die Datenprozesse manipuliert werden, mit denen die Karte übertragen oder ausgelesen wird.

Hingegen bietet eine zentrale Karte den grundsätzlichen Vorteil, in sich konsistent zu sein und Ambiguitäten in der Anwendung nach Detektion durch Datenaktualisierung ausräumen zu können.

Ohne zentrale Karte ist grundsätzlich kein über das Subsystem «Fahrzeug» und seine Sensorik herausgehender und damit vergleichsweise einfach angreifbarer Informationsfluss erforderlich. Hingegen ist in diesem Fall

- die Konsistenz der zum Einsatz gelangenden Karten, die in hohem Masse lokal generiert und gespeichert werden, fraglich und
- werden durch den Verzicht auf Austausch von Kartendaten Effizienzgewinne im AF-System nicht realisiert.

7.2.5 Aufgabenteilung zwischen Behörde und Service-Anbieter

Die Teilung der Aufgaben zwischen Behörden und Service-Anbieter ist angesichts des automatisierten Fahrens und des hohen Grads an Vernetzung der digitalen Systeme nicht von vorneherein klar. Aufgrund der zuweilen auch ausschliesslichen Verfügbarkeit entsprechender Daten werden seitens der Service-Anbieter Funktionalitäten möglich, die mitunter das bisherige Aufgaben- und Hoheitsgebiet der Behörde tangieren. Dies ist heute bereits im Bereich der Navigationsdienste so und dürfte sich künftig im Zuge von C-ITS auch auf Bereiche der Fahrzeugerfassung ausweiten.

7.2.6 Tracking von Individuen

Aufgrund von automatisiertem Fahren und C-ITS steigen die grundsätzlichen Möglichkeiten, einzelne Individuen zu tracken. Über Nutzerprofile sind grundsätzlich Daten der Individuen verfügbar, und anhand der dem Mobilitätsanbieter verfügbaren Fahrzeug- oder gar Personen-Positionsdaten lassen sich grundsätzlich einzelne Wege eruieren.

7.2.7 Drittnutzen

Insbesondere durch die Vernetzung anlässlich von C-ITS sind statische wie auch dynamische Datenbestände zu erwarten, die über das eigentliche Fahren hinaus einen Nutzen abwerfen. So stellen solche Daten eine wertvolle Basis für die Planung und Projektierung der Verkehrssysteme dar. Aber auch für nicht verkehrliche Zwecke können solche Daten hilfreich sein, sei es etwa zur Lokalisierung werbungwirksamer Örtlichkeiten.

7.2.8 Datenkreisläufe

Aufgrund der hohen Vernetzung werden sich Datenkreisläufe kaum verhindern lassen. Solange dies der Güte der Daten und des Verkehrssystems nicht abträglich ist, ist dies einzig aus Sicht der beanspruchten Systemressourcen von Relevanz.

7.2.9 Stör- und Ausfallsszenarios und System-Redundanzen

Aufgrund der hohen Vernetzung des AF-Ökosystems und der heute vielerorts erlebbaren Fehleranfälligkeit von Softwarelösungen muss auch bei automatisiertem Fahren mit Stör- und Ausfallsszenarios gerechnet werden. Ist die Vernetzung unterbrochen und können Fahrzeuge nicht mehr miteinander und mit der Infrastruktur kommunizieren, so stellt sich die Frage, ob in diesem Falle das System noch weiter funktionstüchtig ist, eine Rückfallebene gegeben ist oder das System kollabiert. Aus heutiger Sicht erscheint es nicht als unrealistisch, dass ein Ausfall entsprechender System-Komponenten zu einem Totalausfall des Systems führen könnte. Bis der Fehler gefunden und das System wieder voll funktionstüchtig wäre, wäre der Verkehr mitunter blockiert. Aus heutiger Sicht wird ein Ausfall einzelner Layers wie folgt eingestuft:

Nicht kritisch:

- Customer Service Level (C)

- Logistiklevel (L)
- Qualitäts- und Add-On-Services etc.

Mit teils unmittelbarem Einfluss auf Betriebszustand AF:

- Modaler Level (M)
- Anschlüsse, Systemoptimierung etc.

Sehr kritisch:

- Technische Levels (B, E, V, I, S, Z)
- Steuerung AF-Systemzustand

7.3 Beurteilung der anfallenden Daten und ihrer Effekte (SWOT-/GAP-Analyse)

Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken sowie abgeleitete strategische Lücken werden im Folgenden dargestellt für die verschiedenen Datenbereiche gemäss Absatz 7.1 wie auch für die Elemente Datenquellen, Datenprozesse, Datenzugänge sowie Funktionalitäten und Akteure des AF-Ökosystems. Diese Betrachtungsweise aus verschiedenen Blickwinkeln folgt der Absicht, sämtliche relevanten Aspekte zu erfassen. Dadurch kann den generellen rechentechnischen und funktionalen Aspekten als auch den mit den verschiedenen Systemobjekten (Fahrzeug, Infrastruktur etc.) und Systemakteuren (Kunde, Service-Anbieter, Verkehrsmanagement-Zentrale, resp, Behörde) Rechnung getragen werden. Sollte es dabei zu Doppelnennungen kommen, so unterstreicht dies die Bedeutung der festgehaltenen Aspekte und Einschätzungen.

7.3.1 Basisdaten / V2B

Stärken

Die Basisdaten stellen letztlich eine absolute Referenz dar, die für alle Akteure gleich ist. Dabei stellt es in vielerlei Hinsicht einen zentralen Nutzen dar, die Zeit und auch die Position im Raum bestimmen zu können. Dies ist keine zu vernachlässigende Grundlage für Organisation und Gestaltung des Lebensraums. Umso entscheidender ist, dass die Daten breit zugänglich sind.

Schwächen

Die Zeit ist trotz ihrer eigentlich absoluten Natur in technischen Systemen nicht zwingend absolut. Dementsprechend braucht es in Systemen, die eng in Bezug zur Zeit funktionieren, gegebenenfalls Instrumente zur Sicherung der Synchronizität der verschiedenen Systemkomponenten. Auch bei der Lokalisierung ist keine absolute Genauigkeit gegeben. Hier hängt es nicht zuletzt von der Genauigkeit der satellitengestützten Geolokalisierungssysteme ab. Zudem besteht trotz gegebener Datenzugänge eine Abhängigkeit vom Betreiber des Satellitensystems.

Chancen

Grundsätzlich bietet eine möglichst exakte Zeiterfassung wie auch Lokalisierung die Chance für eine sehr effiziente und effektive Gestaltung des Verkehrs und der dafür erforderlichen Systeme. Da insbesondere die für eine Lokalisierung erforderlichen Geräte aufgrund der technologischen Entwicklung stets kleiner geworden sind, wird auch eine breitflächige Nutzung dieser Datengrundlage machbar.

Risiken

Gegebenenfalls ist die erzielbare Genauigkeit zur Fahrzeuglokalisierung je nach Umfeld (Hochhaus-Canyons, Tunnels) unklar. Zudem besteht aktuell tendenziell noch eine Abhängigkeit vom US-amerikanischen NAVSTAR-GPS, das mit dem Aufbau des europäischen Galileo ein europäisches Pendant erhält. Grundsätzlich ist es technisch möglich, die Ortung mittels Störsender zu verfälschen, was fatale Auswirkungen für das AF-Ökosystem hätte.

Gaps/Strategische Lücken

Die Verfügbarkeit von Zeit und Lokalisierung ist heutzutage sehr alltäglich und eigentlich selbstverständlich. Umso mehr gilt es in strategischer Hinsicht zu beachten, dass deren Verfügbarkeit, ganz in Analogie etwa zu Trinkwasser und Strom, keine Selbstverständlichkeit darstellen. Daher ist es in strategischer Hinsicht wichtig, die Sicherstellung dieser Verfügbarkeiten stets zu berücksichtigen, sind Zeit und Lokalisierungstechnik für automatisiertes Fahren fundamental.

7.3.2 Umfelddaten / V2E

Stärken

Die Erhebung und Aufbereitung von Umfelddaten stellt, mit Ausnahme der dynamischen Erfassung von nicht digitalisierten Verkehrsteilnehmenden (insb. Fuss- und Veloverkehr) grundsätzlich nichts Neues dar und kann auf eine breite Erfahrung abstützen. Mit Ausnahme der KI- und ML-gestützten Auswertung gilt dies auch für mit diesen Daten unmittelbar zusammenhängende Prozesse. Soweit die Daten durch die öffentliche Hand erfasst werden, ist grundsätzlich auch der Zugang gegeben.

Schwächen

Die Sensorik ist bei schwierigen Umfeldbedingungen (Wetter u. ä.) sehr gefordert und eine verlässliche Erhebung der Daten entsprechend anspruchsvoll. Auch die Klassifizierung von nicht digitalisierten Verkehrsteilnehmenden ist nicht trivial und fordert die Methoden der KI und des ML heraus. Jedenfalls zeigt die heute verfügbare Technologie noch diesbezügliche Schwächen. Ein genereller Zugang auf für alle Akteure wertvolle Informationen zu den Umfeldbedingungen ist nicht gegeben.

Chancen

Im Hinblick auf automatisiertes Fahren wird eine vergleichsweise schnellere Antizipation unvorteilhafter Situationen möglich. Dies wirkt sich auch auf die Verkehrssicherheit aus. Eine integrale Sicherheitsebene unmittelbar am Fahrzeug scheint somit möglich.

Risiken

Grundsätzlich besteht das Risiko einer Fehleinschätzung der Situation auf Basis der gegebenen Sensorik, insbesondere bei fehlender Redundanz. Beim automatisierten Fahren führt dies mitunter zu negativen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, werden nicht entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen. Diese wiederum können zu einem übervorsichtigen automatisierten Fahrverhalten führen.

Gaps/Strategische Lücken

In strategischer Hinsicht erscheint es nicht abschliessend klar, wo die Verantwortlichkeiten für die Bereitstellung der verschiedenen Daten liegen und welche Daten überhaupt zu erheben sind. Unter Umständen und je nach Datensatz ist dies auch nicht weiter von Bedeutung, bedarf aber sinnvollerweise dennoch einer Klärung.

7.3.3 Infrastrukturdaten / V2I

Stärken

Die zentrale Stärke der Infrastrukturdaten liegt darin, dass sie automatisierten Fahrzeugen quasi den Horizont erweitern, indem sie für diese Gegebenheiten sichtbar machen, die von den Fahrzeugen aus nicht einsehbar wären. Aber auch die bereits heute verfügbaren Daten zu Verkehrs- und Temporegime wie auch Signalplänen stellen eine wesentliche und entsprechend wertvolle Grundlage dar, die noch an Bedeutung gewinnt, wenn die Information direkt in den Regelprozess der Fahrzeuge einfliessen kann. Die Daten sind, mit Ausnahme der Strafverfolgung, grundsätzlich zugänglich. Aufgrund der Vielzahl an Sensoren sind entsprechende Redundanzen realistisch.

Schwächen

Es ist davon auszugehen, dass die Datenmenge immens sein wird, was entsprechende Infrastruktur mit Echtzeitfähigkeit voraussetzt. Je nachdem, ob diese dezentral oder zentral angeordnet werden kann respektive muss, ergeben sich weitere Anforderungen an die Kommunikationsinfrastruktur. Auch ist mit einer Vielzahl zuweilen paralleler Systeme zu rechnen.

Chancen

Nebst dem Umstand, dass die Infrastrukturdaten per se automatisiertes Fahren zu wesentlichen Teilen erst ermöglichen, dürfte von ihnen auch ein klar verkehrssicherheitsfördernder Effekt ausgehen. Darüber hinaus sind auch daraus gewinnbare Informationen zum Verkehrssystemzustand nutzenstiftend.

Risiken

Bis zu einem bestimmten Grad dürften aus den Infrastrukturdaten zumindest in Teilen Bewegungsprofile erstellbar werden. Dieses Risiko ist zudem in Abhängigkeit der Dateninhaberschaft zu werten. In betrieblicher Hinsicht stellt sich die Frage, wie relevant ein Ausfall der Infrastrukturdaten-Systeme in verkehrlicher wie auch punkto Verkehrssicherheit einzuschätzen wäre.

Gaps/Strategische Lücken

Zum einen ist es unklar, was im Bereich der Infrastrukturdaten alles erhoben werden soll, zum anderen sind die Verantwortlichkeiten nicht abschliessend klar. Zu Letzterem neigt man aufgrund der heutigen Sachlage dazu, davon auszugehen, dass hier die Verantwortlichkeit bei den Behörden liegt. Doch ob dem wirklich so sein wird, ist letztlich nicht offensichtlich. Angesichts der hohen strategischen Bedeutung etwa der Verkehrssteuerung an Knoten ist dieser Frage aus Sicht der Behörden ein hohes Gewicht beizumessen. Ebenfalls bedeutend aus Sicht der Behörden ist die Frage zu den Echtzeitanforderungen bezüglich einzelner Systemkomponenten. Auch diesbezüglich gibt es Klärungsbedarf.

7.3.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V

Stärken

Mit den Fahrzeugdaten geht ein sehr wesentlicher Nutzen des automatisierten Fahrens einher: Wenn von den einzelnen Fahrzeugen die aktuelle Position, Geschwindigkeit, Fahrziel, eingeschlagene Route, Anzahl Fahrzeuginsassen etc. verfügbar sind, so wird in betrieblicher Hinsicht ein sehr effizientes und effektives Verkehrssystem möglich, bei dem Angebot und Nachfrage nahezu ideal aufeinander abgestimmt werden können. Dies ist noch verstärkt der Fall, sollten gar Präferenzen der Verkehrsteilnehmenden berücksichtigt werden können. Auch hinsichtlich Verkehrssicherheit geht damit ein grosser Gewinn einher, insbesondere wenn die Daten zwischen den Fahrzeugen

ausgetauscht werden können. Darüber hinaus bieten diese Daten auch wertvolle Grundlagen für Planung und Projektierung der Verkehrssysteme, weil eben Angebot und Nachfrage sehr exakt identifizierbar werden. Auch kann aufgrund der von den Fahrzeugen erfassten Umfelddaten etwa auf die Wetterbedingungen wie auch auf den Strassenzustand (Schnee und Eisglätte, Fahrbahnschäden) geschlossen werden. Die weiteren, rein fahrzeugtechnischen Daten wie etwa Reifenzustand, Füllstand diverser Flüssigkeiten oder Ladezustand der Batterie bei E-Fahrzeugen sind dabei weniger von Relevanz. Allerdings ist es durchaus denkbar, dass in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie, vom Energieverbrauch und von den Standorten der Ladestationen Zeit und Ort des Aufladens wie auch die Fahrgeschwindigkeit und der damit einhergehende Energieverbrauch gemanagt werden könnten.

Schwächen

Wesentliche Schwäche aus Fahrzeugsicht ist die immense Datenmenge, die quasi ein eigenes fahrzeuginternes Rechenzentrum oder aber eine Optimierung der vorhandenen Ressourcen im Sinne von Edge Computing bedingt. Hier wird sich aufgrund der technologischen Entwicklung zeigen, was wann wie machbar wird. Auch die zu erwartende Vielzahl an unterschiedlichen, fahrzeugherstellerabhängigen Datenmodelle und Algorithmen dürften den Umgang mit diesen Fahrzeugsystemen erschweren. Gerade die mit KI und ML einhergehende Fähigkeit, künstlichen nicht vorherzusehenden Code zu erzeugen, fordert den Umgang mit dieser Technologie heraus. Damit der vielfältige Nutzen des automatisierten Fahrens auch genutzt werden kann, müssen die relevanten Fahrzeugdaten zugänglich sein, was nicht von vorneherein gegeben ist.

Chancen

Durch gezielte Anordnung der Sensorik als auch durch den Einbezug der den Fahrzeugen im Kontext von C-ITS zufliessenden Datenströme besteht das Potential, Systemredundanzen gezielt aufzubauen und etwaigen Störfällen entgegenzuwirken. Daraus profitiert auch die Verkehrssicherheit.

Risiken

Grundsätzlich besteht das Risiko, dass durch Ausfall oder Fehlerhaftigkeit der Sensorik wie auch des dem Fahrzeug zufliessenden Datenstroms eine sicherheitsproblematische Situation resultiert. Aufgrund der mobilfunkgestützten Kommunikation quasi im Internet ist auch eine Manipulation des Systems nicht auszuschliessen. Sollten Maximalwerte der Latenz nicht eingehalten werden können und die Echtzeitfähigkeit nicht gegeben sein, so wäre dies systemkritisch oder würde entsprechende Sicherheitsvorkehrungen seitens der Fahrlogiken bedingen. Sollten die Fahrzeughersteller den Zugang zu den für C-ITS relevanten Fahrzeugdaten nicht ermöglichen, so besteht das Risiko, dass ein Mehrnutzen des automatisierten Fahrens nur reduziert zutage tritt oder gar ganz entfällt.

Gaps/Strategische Lücken

In strategischer Hinsicht zu klären sind die Fragen, wie sich die Behörde bezüglich der Zugänglichkeit oder Nicht-Zugänglichkeit von Fahrzeugdaten positionieren will, welche Echtzeit-Anforderungen sie zu stellen hat und welches Vorgehen bezüglich Fahrzeugzulassung zielführend ist.

7.3.5 Daten anderer Modi / V2M

Stärken

Tendenziell sind die weiteren Verkehrsmittel (insb. ÖV), mit Ausnahme des Fuss- und Radverkehrs, bereits heute sehr gut durch Daten beschrieben, und dies nicht nur statisch, sondern auch dynamisch etwa in Bezug zur Fahrplanlage einzelner Kurse. Diese Datengrundlage dürfte auch in Zukunft robust und auch allgemein zugänglich sein,

insbesondere was die nutzungs- respektive kundenorientierten Daten betrifft. Auch Daten zu den Übergängen im Sinne der Anlagen sind grundsätzlich sehr robust.

Schwächen

Eine Schwäche ist darin zu sehen, dass die Abstimmung zwischen Fahrzeugen und anderen Modi in deren Priorisierung nicht implizit klar ist. So stellt sich in Hinblick auf eine intermodale Anschlusssicherung die Frage, unter welchen Umständen der Anschluss gesichert werden soll und welchen Anforderungen (z. B. zwingendes Aufholen der Verspätung durch Priorisierung im System) das verspätete Verkehrsmittel zu genügen hat.

Chancen

Mit den Daten anderer Modi geht die Chance einher, dass die Übergänge zwischen verschiedenen Modi in zeitlicher Hinsicht flexibler und abgestimmter gestaltbar werden dürften. Eine derartige intermodale Anschlusssicherung würde einem grossen Attraktivitätsgewinn für die Intermodalität gleichkommen. Sozusagen wird dadurch automatisiertes Fahren zum Werkzeug eines multimodalen Verkehrssystems. Auch eine verbesserte Navigation durch die Übergänge hilft hierbei. Durch die Digitalisierung der Übergänge zeitlich wie räumlich werden Trajektorien von Nutzern auch über umfangreiche Wegeketten erfassbar und dadurch vertiefte Einblicke ins Verkehrsverhalten eruierbar.

Risiken

Die erfassbaren Trajektorien gehen auch mit Risiken bezüglich des Schutzes der Privatsphäre einher.

Gaps/Strategische Lücken

Die Bedeutung der Daten anderer Modi ergibt sich insbesondere aus der Gesamtverkehrsoptik und allfälligen Bestrebungen zur Förderung der Intermodalität und damit einhergehenden schlanken Anschlüssen. Im Hinblick auf die verstärkte Digitalisierung von Übergängen scheint eine diesbezügliche strategisch ausdifferenzierte Sicht aus Optik der Behörden angezeigt.

7.3.6 Logistikdaten / V2L

Stärken

Ein konsequenter Einbezug von Logistikdaten und die Schaffung der entsprechenden Infrastruktur ermöglicht Effizienzgewinne durch automatisierten Güterumschlag. Zudem werden tendenziell belastende, gefährliche und unattraktive Jobs durch maschinelle Standardfunktionen ersetzt.

Schwächen

Es ist eine Atomisierung von Lieferfahrten denkbar, wenn etwa aus kundendienstlichen Gründen eine Bestellung aus mehreren Gütern in Einzellieferungen aufgeteilt wird. Hier besteht das Risiko erhöhten Verkehrs bei Nichtabbildung der externen Kosten, die durch die Robustheit und Einfachheit des datenbasierten automatisierten Umschlags erst ermöglicht wird.

Chancen

Umgekehrt besteht ebenso die Möglichkeit, Sendungen gezielt zu koordinieren oder zu bündeln, wenn aus verschiedenen Datenströmen ersichtlich wird, dass etwa eine zeitkongruente Auslieferung möglich wird. Dies erfordert, Logistikdaten aus Einzelvorgängen im Gesamt-Steuersystem breit verfügbar zu halten, da erst so eine die

Kapazitäten optimal nutzende, prädiktive Analytik zum Tragen kommen kann. Auf der Datenseite kann dadurch das Expositionsrisiko erhöht werden.

Risiken

Strategisch gewählte Manipulationen und Einzeleingriffe können zur Störung oder zum Ausfall ganzer Lieferketten führen, die im Extremfall die Versorgungssicherheit der Bevölkerung tangieren.

Gaps/Strategische Lücken

Es ist auszuarbeiten, wie im Bereich der Datenübergabe und des Datenschutzes zwischen AF-Steuerdaten und prozessbezogenen Logistikdaten Standardisierungen inklusive der erforderlichen Schutzfunktionen geschaffen werden können.

7.3.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C

Stärken

Die Stärken der Nutzer- respektive Kundendaten liegen darin, dass sie eine Vielzahl an Informationen zur grundsätzlichen Verkehrsnachfrage in sich tragen. So erlauben sie etwa vertiefte Aussagen zum Nutzerverhalten und zu den Präferenzen der Verkehrsteilnehmenden. Unter Umständen lassen sich in Kombination mit anderen Services (Einkauf, sonstige Aktivitäten) gar ganze Aktivitätsmuster identifizieren, was die Abstimmung von Angebot und Nachfrage stark begünstigt, aber gewiss mit dem Datenschutz kollidiert (vgl. Risiken). Auch umfassende Aussagen zum Verkehrszweck einzelner Fahrten lassen sich festhalten. Der Nutzer respektive Kunde fungiert mittels eines Benutzer-Logins quasi als Datenquelle. Der Nutzer hat zwar Schreibrechte, doch die Daten werden durch das Fahrzeug beziehungsweise dessen Hersteller, den Service-Anbieter oder zuweilen auch durch die Verkehrsmanagement-Zentrale verwertet. Dementsprechend versteht sich auch die Zugänglichkeit der Daten. Der aus diesen Daten für den Kunden hervorgehende Mehrwert dürfte zentral für die Akzeptanz des automatisierten Fahrens sein.

Schwächen

Datenerfassung und -zugang sind für die Nutzer an ein Nutzerprofil gebunden, und der Zugang bedingt Akzeptanz der AGB. Die Datenhaltung ist aufgrund der Grösse der Datensätze herausfordernd und bedingt entsprechende ICT-Ressourcen (Server, Rechenzentrum/Cloud). Der Datenzugang für die Verkehrsmanagement-Zentrale erscheint aus heutiger Sicht fraglich.

Chancen

Aus den Nutzer- und Kundendaten geht ein grosses und auch wertvolles Potential für spezifizierte Mobilitäts- und Aktivitäten-Services hervor. Gerade auch die Möglichkeit der Kombination mit mobilitätsfremden Services und Aktivitäten bietet hier interessante Chancen, sofern dem Datenschutz Rechnung getragen werden kann. Auch die Priorisierung von bestimmten Fahrten stellt eine Möglichkeit dar, die Potentiale zu schaffen vermag.

Risiken

Ein zentrales Risiko besteht darin, dass die Daten zweckentfremdet werden und dadurch Informationen aufbereitet werden, die aus Sicht der Privatsphäre problematisch sind. Hier besteht somit ein zentrales Dilemma dahingehend, dass die genannten Aktivitätsmuster für planerische Aufgaben sehr hilfreich sein könnten, aber aus Sicht des Datenschutzes letztlich äusserst problematisch sind. Auch scheint es denkbar, dass mittels Manipulation und böswilligen Input durch Nutzer Teilsysteme lahmgelegt werden könnten.

Gaps/Strategische Lücken

Der Umgang mit Nutzer- und Kundendaten stellt in vielerlei Hinsicht ein Dilemma dar. Je mehr über die Mobilitätsbedürfnisse seitens der Kunden bekannt ist, desto besser kann der Kundschaft ein nutzenstiftendes Angebot bereitgestellt werden. Dies geht aber mit dem Umstand einher, dass eine Motivation für die Sammlung möglichst vielfältiger Kundendaten gegeben ist, was aus Sicht des Datenschutzes problematisch ist. Dieses Dilemma ist durch eine entsprechende Strategie zu lösen.

7.3.8 Serviceanbieter-Daten / V2S

Stärken

Die mit den Service-Anbietern einhergehenden Datenquellen sind von grosser Bedeutung für das AF-Ökosystem. Letztlich bündeln diese eine Vielzahl an kundenrelevanten Daten und verarbeiten diese zu kundenspezifischen Angeboten. Somit treffen hier wesentliche Nachfragedaten und Angebotsdaten aufeinander. Zwischen Anbieter und Kunde resultiert quasi ein Rückkoppelungskreis, der beiden Akteuren zu einem Mehrwert verhilft. Diese Daten sind auch für Planung und Betrieb des AF-Verkehrssystems von zentraler Bedeutung. Auch dürften die Datenprozesse und daraus hervorgehenden Funktionalitäten mitunter ausklügelte Features aufweisen, stehen die Anbieter doch in gegenseitiger Konkurrenz und auch in stetigem, zumindest digitalem Kontakt zur Kundschaft und deren Bedürfnissen.

Schwächen

Die Datenzugänglichkeit korrespondiert nicht zwingend mit der Relevanz der Daten für die Funktionalität des Gesamtsystems. Die Service-Anbieter dürften die Daten nur sehr spezifisch herausgeben. Bei einer Vielzahl an Service-Anbietern dürften die Datenmodelle als auch die mit den Datenprozessen einhergehenden Funktionalitäten differieren, was unter Umständen für den Betrieb des Gesamtsystems nachteilig sein kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn etwa aufgrund von verschiedenen Navigationsroutinen Instabilitäten im Verkehrssystem resultieren.

Chancen

Es besteht Grund zur Annahme, dass dank der Service-Anbieter die Mobilitätsangebote insgesamt attraktiver, flexibler und auch preiswerter werden. Vorhandene Ressourcen (Raum, Zeit, Energie etc.) werden effizienter und sparsamer genutzt.

Risiken

Bei einer Vielzahl an Service-Anbietern und deren räumlich-zeitlichen Funktionalitäten besteht grundsätzlich das Risiko, dass sich diese Funktionalitäten gegenseitig ungünstig beeinflussen. Im schlechten Falle kommt es zu Systeminstabilitäten, die das Verkehrssystem stark behindern. Darüber hinaus birgt der eng in Bezug mit den Nutzern stehende Datensatz aufgrund seines Umfangs ein entsprechendes Risiko hinsichtlich Wahrung der Privatsphäre und des Datenschutzes.

Gaps/Strategische Lücken

Hier gilt das zu den Kundendaten analoge: In der Interaktion zwischen Kunde und Service-Anbieter entsteht die Motivation des vertieften Sammelns und Auswertens von Kundendaten, was mit den erwähnten Datenschutzfragen einhergeht. Eine diesbezügliche strategische Klärung ist angezeigt. Darüber hinaus stellen sich etwa zu den Fahrzeugdaten analoge Fragen zur Zugänglichkeit der Daten, wobei dies bei den Fahrzeugdaten im Vergleich zu personenbezogenen Daten weniger heikel ist.

7.3.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X

Stärken

Die Stärke der Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale liegt darin, dass sie ein Bild des gesamten multimodalen Verkehrssystems im Strassenraum ermöglichen. Im Idealfall laufen hier sämtliche Daten zusammen, aufgrund derer der Betrieb des Gesamtsystems im Strassenraum nachhaltig unterstützt werden kann. Die Daten erlauben ein Monitoring des Systems und die Ableitung von entsprechenden Massnahmen des Verkehrsmanagements und der Verkehrssteuerung.

Schwächen

Dem grundsätzlich hohen Potential stehen mitunter fehlende Datenzugänge gegenüber. Sind diese nicht gegeben, kann das Potential nicht oder nicht voll ausgeschöpft werden. Auch bedingt der Umgang mit der immensen Datenfülle entsprechende ICT-Infrastruktur wie auch entsprechendes Personal. Auch der Umgang mit einer Vielzahl an Datenmodellen, die zuweilen nicht transparent offenliegen, fordert heraus.

Chancen

Im Zuge des automatisierten Fahrens dürften sich einer Verkehrsmanagement-Zentrale neue Potentiale zur Steuerung und Lenkung des Verkehrs eröffnen. Beispiele hierfür sind etwa die Vergabe und der Betrieb von Slots und damit einhergehende Re-Routing- und Re-Scheduling-Prozesse. Gegebenenfalls kann auch auf die Geschwindigkeit der Fahrzeuge im Sinne des Systemoptimums und der Verkehrssicherheit Einfluss genommen werden. Auch ein im Zuge der Digitalisierung und Automatisierung technisch vergleichsweise einfach umzusetzendes Mobility Pricing ist als grosse Chance im Hinblick auf eine nachhaltige Gestaltung des Mobilitätssystems zu sehen.

Risiken

Ein Ausfall der Zentrale hätte weitreichende Auswirkungen. Zudem ist sie ein attraktives Angriffsziel für Manipulationen, wovor sie aufgrund der starken Datenflüsse nur schwer abzusichern ist.

Gaps/Strategische Lücken

Es ist unklar, welche Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortungen der Verkehrsmanagement-Zentrale übertragen werden sollen und welche Werkzeuge sie dafür hat oder erhält respektive erhalten muss. Dazu gehören nicht zuletzt adäquate Zugänge zu den strategisch relevanten Daten aus dem AF-Ökosystem.

7.3.10 Datenquellen

Stärken

Datenquellen und daraus gewonnene Daten sind eine Kernressource der Digitalisierung. Somit ist eine gegebene Verfügbarkeit von Daten eine wesentliche Stärke im Hinblick auf eine gezielte und sinnvolle Gestaltung der Digitalisierung insgesamt wie auch im Bereich des Verkehrs und des automatisierten Fahrens. Diese Stärke korreliert zudem mit der Qualität und Aussagekraft der entsprechenden Daten. Wenn zudem die Sensoren als eigentliche Quellen der Daten redundant und voneinander unabhängig angeordnet sind, fördert dies zusätzlich die Verfügbarkeit und Güte der Daten. Ist die Sensorik kontinuierlich im Einsatz, steigert dies die Signifikanz der damit gewonnenen Daten beziehungsweise macht eine vergleichsweise exakte Beschreibung des (Verkehrs-) Systemzustands möglich. Darüber hinaus sind die Daten im Kontext zu Datenprozessen ein zentrales Werkzeug zur Systemsteuerung und somit essentiell für eine zielgerichtete Steuerung des Systems.

Schwächen

Eine ausgedehnte Verfügbarkeit von Daten kann zu einer Datenfülle führen, deren Handhabung und sinnvolle Verwertung eine grosse Herausforderung darstellt. Zudem fallen auf verschiedenste Weisen und an verschiedensten Punkten nicht mehr verwendete Restdaten an. Im ungünstigen Falle werden diese nicht oder nicht systematisch gelöscht, so dass sie unnötig Systemressourcen beanspruchen. Auch spielt es beim Umgang mit Daten eine Rolle, wer Eigentümer der Sensorik ist. Mitunter besteht hierbei eine Abhängigkeit von den Betreibern datengenerierender Infrastrukturen. Dies geht auch mit dem Umstand einher, dass solche Betreiber in der Regel keine absolute Transparenz zur Generierung und Aufbereitung ihrer Daten schaffen. Für sich alleine betrachtet sind Daten zwar wertvolle Informationsträger, sie machen aber noch keine Funktionalitäten aus. Eine breite Datenverfügbarkeit bietet darüber hinaus doch Tür und Tor für eine erhebliche Beliebigkeit in der Fusion von Daten. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn etwa Personendaten eine Rolle spielen (z. B. Fusion von Personendaten mit Standortdaten).

Chancen

Eine wesentliche Chance, die Daten hoher Güte und breiter Ausprägung bieten, ist die damit einhergehende bessere Analysierbarkeit des Verkehrssystems und der damit verbundenen Mobilität. Dies führt mitunter zu einer Versachlichung der Entscheidungsfindung, können doch mit neuartigen Daten zusätzliche und objektivierbare Grundlagen für den Entscheidungsfindungsprozess gewonnen werden, sodass weniger Annahmen und Mutmassungen erforderlich sind. Natürlich sind solche Daten in rechentechnischer Hinsicht auch eine zentrale Grundlage für das AF. Auch werden sinnvolle Verknüpfungen über die reine Mobilität hinaus denk- und machbar (z. B. Verkehrsmittelpropagation bei grosser Glatteisgefahr, Zielwahl in Abhängigkeit der Verfügbarkeit des gesuchten Produkts in den relevanten Läden).

Risiken

Daten tragen grundsätzlich das Risiko in sich, dass deren Quelle nicht vertrauenswürdig oder aus defekten Sensoren hervorgeht. Dies ist insbesondere dann von grosser Tragweite, wenn die Funktionalität dadurch in Frage gestellt ist und allenfalls gar Sicherheiten verletzt werden. Dieses Risiko ist umso höher, sollte ein Ausfall nicht substituierbarer Sensorik mit direkten, auch sicherheitsrelevanten Folgen für das Gesamtsystem vorliegen. Beispiele aus der Luftfahrt illustrieren dies: Die kurzzeitige Vereisung der Pitot-Sonden eines Airbus A330 (AF447 am 01.06.2009) und falsche Daten vom einzigen aktiv ausgelesenen Anstellwinkel-Sensor bei Boeing 787-Max (JT610 am 29.10.2018, ET302 am 10.03.2019) standen jeweils am Anfang von Ereignis- und Entscheidungsketten, die zum Absturz des Flugzeugs führten. Während im ersten Fall die Fehlfunktion der Sensoren von den Steuerrechnern erkannt und zum Abschalten der auf die Sensorik angewiesenen Systeme führte, die folgenden Reaktionen der menschlichen Bediener aber falsch waren, führten in den letzten beiden Fällen die falschen Daten zu Fehlsteuerungen des Systems (keine Detektion der Fehleingabe), welche die menschlichen Bediener trotz mehrfacher Versuche nicht übersteuern konnten.

Auch liegt es an der Tagesordnung, dass die Verwendung von ähnlichen Daten verschiedener Anbieter (z. B. FCD, gewonnen aus Navigationsdiensten) auf ebenso verschiedene Datenmodelle, aus denen die FCD hervorgehen, abstützen. Dies geht dann auch einher mit dem Umstand, dass die eigentliche Datengüte nicht abschliessend bekannt ist oder verifiziert werden kann, da der Datenanbieter sein Datenmodell aus Konkurrenzgründen nicht komplett transparent offenlegt. Die zunehmend grosse Fülle an Daten erhöht grundsätzlich auch das Risiko unsinniger Datenverwertungen.

Gaps/Strategische Lücken

Während bei den Behörden in der Vergangenheit die Erzeugung von Daten aus eigenen Datenquellen (z. B. Detektorschlaufen) vorherrschend war, bietet sich im Zuge der Digitalisierung ein Einbezug von Datenquellen Dritter (z. B. im Rahmen von C-ITS) mehr

und mehr an. Aufgrund der auch in der SWOT-Analyse bezeichneten Vor- und Nachteile zeigt sich hier eine strategische Lücke bezüglich des Umgangs mit Datenquellen Dritter. Gerade der Umgang mit unterschiedlichen Datenmodellen etwa im Rahmen von Submissionsverfahren bedingt eine qualitative Aussage zur Datenqualität und damit verbundene Vergleichsmöglichkeiten. Bislang haben sich hierzu keine Methoden oder Key Performance Indicators etabliert. Hierbei kann auch die Kontinuität der Datengüte ein Kriterium sein.

7.3.11 Datenprozesse

Stärken

Datenprozesse bilden die Grundlage für die Steuerung von Systemen des automatisierten Fahrens, sowohl mittels Aufbereitens der Daten aus Datenquellen als auch mit der weiteren Verwertung dieser aufbereiteten Daten. Die Steuerbarkeit des automatisierten Fahrens (im technischen Sinne als Maschine begriffen) wird durch Datenprozesse als wesentliche Werkzeuge erst ermöglicht. Datenprozesse, die sowohl innerhalb des Fahrzeugs wie in das Fahrzeug hinein und aus ihm herausarbeiten, sorgen sowohl für die Kontrollierbarkeit einzelner Steuerschritte als auch für die Optimierung der Funktionswiese des Gesamtsystems.

Schwächen

Der den Datenprozessen zugrundeliegende, vernetze Datenaustausch führt sowohl auf einer Komponenten- wie auf einer Protokollebene zu einer hohen Komplexität, deren Beherrschbarkeit in jedem Betriebs- und Systemzustand sichergestellt werden muss. Dazu gehört insbesondere, dass bei Prozessen, die als sicherheitsrelevant kritisch identifiziert werden, Rückfallebenen definiert werden. Da die verwendeten Protokolle und Schnittstellen verschiedener Sensoriken nicht per se harmonisiert sind, müssen die Daten normalisiert und/oder durch Screening in Formate gebracht werden, die das Risiko auftretender Inkompatibilitäten oder Fehler bei der Übergabe zwischen Systembauteilen minimieren. Dies ist besonders dort kritisch, wo Prozesse der KI und des ML inkl. automatisierter, situativer Code-Erstellung Teil der Aufbereitung, Verwertung und Raffinierung von Daten sind.

Optimierungsansätze von Teilsystemen oder dem Gesamtsystem des automatisierten Fahrens können in Bezug auf Form, Inhalt und Priorisierung des Outputs von Datenprozessen nicht oder nur in Teilen kompatibel sein: Eine Hierarchisierung der Optimierungskriterien und -ziele muss an dieser Stelle festgelegt werden, was auch situativ automatisiert erfolgen kann; dies in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand.

Datenprozesse sind in besonderem Masse exponiert gegenüber Einwirkung von aussen, sowohl legitimierter wie auch nicht legitimierter. Die Steuerautorität seitens Dritter ist in jedem Fall so abzusichern, dass das Risiko unbefugter Eingriffe minimiert und ein Eingriff im besten Falle verunmöglicht werden kann.

Chancen

Ein weit über die Systemgrenzen des Fahrzeugs selbst hinausgehender Austausch von Daten bietet vor allem die Chance, die Steuerung sowohl von Teilsystemen wie auch des gesamten Ökosystems des automatisierten Fahrens auf neuen, robusten, da unmittelbar aus Daten gewonnenen Entscheidungsgrundlagen aufzubauen. Eine darauf aufsetzende Normierung der Datengüte ermöglicht in Verbindung mit standardisierten Schnittstellen eine weitgehende Systemintegration.

Damit können systemweite Optima angestrebt und abhängig vom Systemzustand laufend nachjustiert werden. Grundlage dafür ist die Integration aller für die jeweilige Entscheidungsfindung benötigten Daten aus unterschiedlichen Quellen.

Risiken

Die grössten Risiken drohen beim möglichen Verlust der Steuerungshoheit entweder durch technische Funktionsstörungen, die bedingt durch das Prozessdesign nicht beherrscht werden oder durch einen unerlaubten Eingriff (Einbruch) auf Ebene der Datenprozesse durch unbefugte Dritte und Manipulationen von Systemzustand und Systemverhalten erfolgen. Im Bereich der Ausgestaltung von Steuerungsprozessen liegt die Gefahr einer falschen Gewichtung einzelner Datengruppen: Eine systematische (Fehlzuweisung bei der Programmierung) oder anlassbezogene (Fehlzuweisung aus einem sich ergebenden Systemzustand heraus) Über- oder Untergewichtung einzelner Kategorien von Daten kann im schlimmsten Fall zu einer mechanischen Über- oder Unterreaktion von Teilsystemen führen, die in Unfällen resultieren. Auch unsinnige Datenkreisläufe, die in Effizienzverlust oder einem «Aufhängen» eines Teilsystems münden können, müssen vermieden und bei Auftreten detektiert und durchbrochen werden.

Ein Ausfall der Vernetzung oder der Prozesssteuerung, bedingt z. B. durch systeminterne, aber fahrzeugexterne Einwirkungen wie einem längeren und durch Batteriepuffer nicht überbrückbaren Stromausfall bei Sensorik- oder Übertragungssystemen kann zu einer lokalen Nichtverfügbarkeit kritischer Steuersysteme und damit in der betroffenen Zone zu einem Ausfall oder einer erheblichen Einschränkung des automatisierten Fahrens führen.

Eine Gefahr entstünde auch durch eine mangelnde Fähigkeit seitens der Behörden, die zur Bewertung und Einschätzung der Rolle systemkritischer, in der Implementation gestaltbarer und beeinflussbarer Prozesse und der notwendigen Randbedingungen erforderlichen Wissenskomponenten entweder selbst aufzubauen oder in Beauftragung durch Dritte zu akquirieren und anzuwenden. Dabei geht es weniger um fahrzeuginterne Prozesse als um diejenigen, die Umfeldinteraktionen eines automatisiert fahrenden Fahrzeugs beeinflussen.

Gaps / Strategische Lücken

Mögliche Lücken in Struktur und Verständnis bestehen bei der Ausarbeitung der Steuerungshoheiten: es ist zu klären, welche Teile von Behörden und welche Teile von Dritten wahrgenommen werden können und sollen. Unmittelbar damit verbunden sind auch die regulatorische und technische Ermächtigung einer Behörde zur Wahrung öffentlicher Interessen. Jener Teil auch technischer Standards, dessen Regulierung Interessen der Zivilgesellschaft oder hoheitliche Funktionen abbilden, ist durch die verantwortliche Behörde festzulegen, wobei die Ausfertigung der Standardisierung nur im Dialog mit der Fahrzeugindustrie und den Herstellern und Betreibern fester Infrastruktur des AF-Ökosystems, inklusive Telekommunikation, erfolgen kann.

Auf die besondere Bedeutung der Struktur und der Absicherung von Datenspeichern im Kontext des automatisierten Fahrens, insbesondere der Verwaltung und Kontrolle hierarchischer Zugriffsrechte, ist bereits weiter oben hingewiesen worden.

7.3.12 Datenzugänge

Stärken

Datenzugänge bilden die Grundlage für die Verwertung von Daten und sind in der Regel entweder als technische Schnittstellen oder als Monitore zum visuellen oder akustischen Informationsübertrag konzipiert. Sie bilden damit eine Grundlage für Steuereingriffe und Vernetzung von Subsystemen des automatisierten Fahrens. Datenzugänge ermöglichen es, die Offenheit und Erweiterbarkeit des Gesamtsystems sicherzustellen, indem Informationen in Echtzeit auf verschiedenen Trägern dargestellt resp. ausgetauscht werden können. Sie sind einfach skalierbar und können nebeneinander betrieben werden und ermöglichen die vergleichsweise einfache Einbindung neuer Funktionalitäten oder Komponenten ins Ökosystem des automatisierten Fahrens.

Schwächen

Datenzugänge machen Steuervorgänge explizit sichtbar, was aus der Perspektive von Cybersicherheit auch missbräuchliche Interventionen ins System erleichtern kann. Dazu trägt insbesondere auch bei, dass Datenzugänge, bedingt durch die zahlreichen Komponenten im Bereich des Fahrzeugs, der festen Infrastruktur wie auch der Telekommunikation und der sich daraus ergebenden Komplexität des AF-Ökosystems, auf einer Vielzahl von Strukturen aufsetzen und die Schnittstellen zwischen und innerhalb dieser Komponenten nicht per se standardisiert sind. Dies schafft Ansatzpunkte für Angriffe, die durch den notwendigen Grad an Offenheit von Zugangssystemen erhöht wird.

Um Einsatzbereiche und Vorherrschaft der konkurrierenden, den Datenzugängen unterliegenden Standards G5 (WiFi-basiert) und 5G (basiert auf zellularer Mobilfunktechnologie) werden auch zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts grundsätzliche und teils heftige Debatten geführt (Fumagalli 2019, Tribune de Genève 2019), die zu Lagerbildungen quer durch die Fahrzeug-, Fahrzeugzuliefer- und Telekommunikationsindustrien geführt haben. Die sich in Europa und teilweise in den USA abzeichnende, mögliche sequentielle Einführung (zuerst 5G für kurzreichweitige V2V- und V2I-Anwendungen des vernetzen Fahrens, später G5 im Zuge weiterer Automatisierungsgrade) erhöht die Komplexität im Bereich der Datenzugänge. Eine Vielfalt von Zugangspunkten kann zu einer divergierenden Informationsstruktur führen, welche eine Weiterverarbeitung erschwert.

Chancen

Aus der Vernetzung und Verkettung von Daten, Datenprozessen und Datenzugängen ergeben sich Effizienzgewinne und neue Möglichkeiten für Steuerungen (im System resp. ins System hinein) und Dienste (aus dem System heraus). Normierte Schnittstellen erlauben zudem eine rasche Integration neuer Anforderungen und Komponenten.

Die sich ergebenden Potentiale sind nicht nur für die Optimierung der Systeme des automatisierten Fahrens selbst nutzbar, sondern auch für angebundene Services, die der Komfortsteigerung resp. Individualisierung der Dienste des automatisierten Fahrens über die Optimierung der reinen Transportleistung hinaus dienen. Standardisierte Datenzugänge ermöglichen ein weites Feld von Angeboten mit AF-systemexternen Partnern wie liniengebundenen öffentlichem Verkehr, aber auch Detailhandel oder Gastronomie.

Während bei der Verknüpfung von Verkehrsträgern unmittelbare Qualitätsmerkmale wie die Sicherung der Abnahme von Anschlüssen im Vordergrund stehen, sind bei externen Partnern mit deren Services je nach Ausgestaltung der Partnerschaft ein selektiver Austausch von Information über den Fahrgast und Kunden denkbar. Kommerziell besonders interessant ist die Monetarisierbarkeit solcher Dienste, wobei Formen der Ertragsumlage bis hin zu Subventionsmodellen denkbar sind. Abhängig von ihrer Ausgestaltung können solche Partnerschaften die Attraktivität des Angebots und seine Positionierung in einem kompetitiven Markt wesentlich beeinflussen, bei einem ansonsten vergleichbaren Leistungsspektrum im reinen Transportbereich auch in dem Sinne prägen, dass hier die eigentliche Leistungsdifferenzierung stattfindet. Die Ausgestaltung der Datenzugänge bestimmt, in welchem Umfang derlei Angebote ermöglicht werden: Die Voraussetzung für einen echten Markt ist die unkomplizierte und rasche technische Anbindung und Substituierbarkeit von Partnern, welche eine weitgehende Normierung der Datenzugänge erfordert. Es ist davon auszugehen, dass die Reichweite der Umsetzung solcher An- und Verknüpfungen über das AF-System hinaus in hohem Masse dessen Attraktivität und Akzeptanz beeinflusst.

Risiken

Die unbemerkte Einspeisung von Daten zum Zweck der Substitution oder Manipulation stellt ebenso einen Risikofaktor dar wie die unbemerkte Entnahme von Daten. Das Risiko einer nichtadäquaten Verwendung von System- oder Nutzerdaten, die via Datenzugänge

entnommen werden, kann auf technischer Ebene nur begrenzt ausgeschlossen werden und muss im Prozessdesign und auf vertraglicher resp. regulativer Ebene adressiert werden.

Schwerwiegende Folgen kann eine Replikation entnommener Daten und deren gezielte Verwendung gegen das AF-Steuersystem nach sich ziehen; die Folgen könnten bis zu einem totalen Systemausfall reichen. Leistungsfähige Detektionsmechanismen im System können solchen feindlichen Szenarien entgegenwirken. Da es sich bei AF-Systemen um kritische Infrastruktursysteme für ein Land handelt, stellt sich aus behördlicher Sicht hier die Frage, welche Auflagen den Systembetreibern gemacht werden müssen und durch welche Instanz und in welcher Form und Frequenz sie kontrolliert werden.

Gaps / Strategische Lücken

Die obenstehenden Beschreibungen lassen im Bereich der Datenzugänge einen Zielkonflikt erkennen zwischen erforderlicher und erwünschter Offenheit der AF-Teilsysteme einerseits und deren Verwundbarkeit andererseits. Inwieweit dieser Zielkonflikt aufgelöst werden kann, hängt auch von systematischen wie situativen Abwägungen zu Anforderungen an AF-Systeme ab. Für Datenaustausch-Prozesse von und zu Endgeräten müssen entsprechend Absicherungsmassnahmen festgelegt und für Systemteilnehmer als verbindlich erklärt werden.

Ausgestaltet werden müssen ferner der Umgang mit unterschiedlichen, möglicherweise miteinander inkompatibler Business- und Lizenzmodellen von Anbietern, die ins AF-System unmittelbar oder als Partner eingebunden oder angebunden sind. Zur Teilnahme an Systemprozessen sind Minimalanforderungen festzulegen.

7.3.13 Funktionalitäten und Akteure AF-Ökosystem

Stärken

Im AF-Ökosystem wird der Betrieb im Strassenraum aufgrund der Automatisierung weitestgehend steuerbar. So können etwa Fahr-, Verkehrssteuerungs- und Verkehrsmanagementbefehle in Abhängigkeit von den Fahrtwünschen, der Verkehrslage, der Auswirkungen auf die Umgebung (Emissionen etc.) erfolgen. Dies schafft die Grundlage für einen auf das Systemoptimum ausgelegten Betrieb des Verkehrssystems. Dabei können auch die Präferenzen sowohl der Verkehrsteilnehmenden wie auch des Betreibers (öffentliche Interessen) in den Optimierungsprozess miteinfliessen.

Schwächen

Die Steuerbarkeit des Systems geht einher mit der Frage nach dem Akteur oder den Akteuren, welche das System und Elemente dessen steuern (z. B. Geschwindigkeit). Die Beantwortung dieser Frage ist nicht trivial. Sie wird noch zusätzlich erschwert durch den Umstand, dass eine vollständige Automatisierung weit in der Zukunft liegt und daher bis auf weiteres davon auszugehen ist, dass im System Fahrzeuge unterschiedlicher AF-Levels auf unterschiedlich ausgerüsteten Streckenabschnitten unterwegs sein werden.

Chancen

Das Verkehrssystem im Systemoptimum betreiben zu können, stellt eine chancenreiche Möglichkeit dar. Eine damit einhergehende sehr effiziente und effektive und auch sichere Mobilität ist sehr nutzenstiftend. Dies geht einher mit grossen Potentialen zur nachhaltigen Gestaltung des multimodalen Mobilitätssystems. Dabei wird es auch möglich, wirklich multimodale MaaS-Systeme zu etablieren, da auch der insbesondere motorisierte Verkehr im Strassenraum digitalisiert respektive automatisiert unterwegs ist. Auch sind Verknüpfungen mit der Verfügbarkeit von Aktivitäten oder Produkten o. ä. an jeweiligen Standorten denkbar. Bei all dem gilt es zu beachten, dass diese Chancen angesichts des zu erwartenden Mischverkehrs nur bedingt genutzt werden können.

Risiken

Betriebliche Risiken im AF-Ökosystem sind insbesondere mögliche Systeminstabilitäten oder gar ein Ausfall von Systemkomponenten oder des gesamten Systems. Systeminstabilitäten treten dann auf, wenn es zu Kausalketten im System kommt, die Aufschaukelungseffekte hervorrufen. Im ungünstigen Fall kann dies Verkehrsflusszusammenbrüche verursachen. Ein Beispiel hierzu sind etwa die Routenwahleffekte im Zusammenhang mit Routenpropagation oder, im automatisierten Falle, effektiver automatisierter Routenwahl. Mitunter könnte es auch ein Risiko darstellen, dass Businessmodelle, aufgrund derer der Serviceanbieter Slots durch das Verkehrssystem im Voraus reserviert und dann teuer an Kunden verkauft, entstehen. Auch ist nicht von Vorneherein klar, ob und wie die Behörden die öffentlichen Interessen im AF-Ökosystem, insbesondere hinsichtlich der mit dem Verkehrssystem einhergehenden Auswirkungen, durchzusetzen vermögen (z. B. Routenwahl durch sensitive Gebiete).

Gaps/Strategische Lücken

Aus heutiger Sicht erscheinen die Verantwortlichkeiten bezüglich der verschiedenen Funktionalitäten unklar beziehungsweise noch offen. Während bei den unmittelbar fahrzeugspezifischen Aspekten wie Bremsen, Beschleunigen und Steuern/Lenken die Verantwortlichkeiten hauptsächlich bei den Fahrzeugherstellern und Flottenbetreibern zu sehen sein dürften, erscheint es bezüglich der weiteren Funktionalitäten wie z. B. der Routenwahl weniger offensichtlich. Unbestritten ist wohl, dass beim Beispiel der Routenwahl sämtliche involvierten Akteure (Fahrzeugnutzer, Fahrzeuglieferant, Flottenbetreiber, Navigationsdienstleister, Behörde etc.) mitreden möchten, dabei aber unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen dürften. Dementsprechend besteht Handlungsbedarf, die Verantwortlichkeiten unter den einzelnen Akteuren zu klären und zu organisieren. Hierbei stellt sich auch die Frage nach den verfügbaren und einzusetzenden Werkzeugen, seien diese nun technischer, regulatorischer oder finanzieller Natur. Auch ist die Handhabung der Funktionalitäten, die sich über mehrere Territorien erstrecken (z. B. Routenwahl über die Landesgrenzen oder Kantons- bzw. und Gemeindegrenzen hinweg), dementsprechend akteurübergreifend abzustimmen.

8 Ableitung von Handlungsempfehlungen

8.1 Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf geht unmittelbar aus den SWOT- und GAP-Analysen als die zu fördernden Stärken, zu vermeidenden Schwächen, zu nutzenden Chancen und zu minimierenden Risiken hervor.

8.1.1 Basisdaten / V2B

Es ist sehr essentiell, dass eine breite Zugänglichkeit zu den Basisdaten gesichert ist. Was die Zeit betrifft, so ist im Bedarfsfall die Gewährleistung der Synchronizität relevanter Systemelemente anzustreben. Im Falle der Lokalisierung ist es wichtig, die erforderliche Ortungsgenauigkeit sicherzustellen wie auch eine breite Einsetzbarkeit technologisch (kompakte GPS-Geräte) wie örtlich (in Tunnels oder Strassenschluchten) zu unterstützen. Die Reduktion der Abhängigkeit von einem einzelnen Lokalisierungssystem-Betreiber ist anzustreben, wobei dies von geopolitischer Bedeutung ist. Die Gefahr von Störsignalen bezüglich der Lokalisierungssysteme gilt es abzuwenden.

8.1.2 Umfelddaten / V2E

Im Umgang mit Umfelddaten kann auf einen umfangreichen Erfahrungsschatz aus der Erhebungspraxis abgestützt werden. Diese gilt es unbedingt im Hinblick auf automatisiertes Fahren zu nutzen und auszubauen. Die bereits gegebene Zugänglichkeit beispielsweise zu öffentlich erhobenen Daten gilt es zu wahren, jene etwa durch Fahrzeuge erfassten Umfelddaten, soweit sie für andere Akteure wertvoll sind, nach Möglichkeit herzustellen. Der Umgang mit schwierigen Umfeldbedingungen bedarf einer technisch-organisatorischen Strategie. Darüber hinaus sind Innovationen im Bereich der Klassifizierungs-Methodik gefragt. Auch die Erfassung unvorteilhafter oder gefährlicher Ereignisse und Situationen ist zu unterstützen, etwa im Hinblick auf die Realisierung einer integralen Sicherheitsebene am Fahrzeug. Im Umgang mit fehlerhafter, respektive nicht perfekter Sensorik bedarf es entsprechender Methoden zur Abfederung der Risiken; im Bedarfsfall sind Redundanzen vorzusehen. Aus Gründen der Verkehrssicherheit bedarf es entsprechender Rückfallebenen.

8.1.3 Infrastrukturdaten / V2I

Die Infrastrukturdaten haben eine hohe strategische Bedeutung, da sie für die Fahrzeuge den Erfassungshorizont über die eigentliche Fahrzeugsensorik hinaus ausweiten. Dementsprechend gilt es, die Verfügbarkeit aller wesentlicher Grundlagedaten (Verkehrs- und Temporegime, Knotenregelung/Signalpläne etc.) sicherzustellen. In diesem Kontext gilt es, auch die Fragen, ob sich ein AF-Fahrzeug an die Regeln halten muss oder nur soll oder ob die Regeln das AF-Fahrzeug gar steuern, zu adressieren. Gegebenenfalls steigert dies die ohnehin schon hohe Bedeutung der entsprechenden Daten noch zusätzlich. Aufgrund der systemkritischen Bedeutung der Daten muss die erforderliche Infrastruktur für Erfassung und Verbreitung der Daten Echtzeitfähigkeitsanforderungen erfüllen. Die Kommunikationsinfrastruktur muss entsprechend leistungsfähig ausgestaltet werden, wobei sich hier die Frage stellt, was kabelbasiert oder mobilfunknetzbasiert erfolgen kann oder muss. Bei der Verwertung der Daten gilt es darauf zu achten, dass damit die Verkehrssicherheit möglichst erhöht und in grösstmöglicher Qualität gewahrt werden kann. Auch die Unterstützung einer hohen Güte an Informationen zum Verkehrssystemzustand ist wesentlich. Dabei gilt es die Risiken des Trackings von Personen abzuwenden. Auch sind Vorkehrungen zur Abwendung von Ausfällen des Infrastruktur-Systems vorzusehen, was unter Umständen mit einem Bereithalten von Rückfallebenen geschehen kann. Dabei ist folgende Frage als Orientierung zu sehen: Was gilt es zu tun, wenn wichtige Daten für automatisiertes Fahren fehlen?

8.1.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V

Aufgrund der hohen strategischen Bedeutung von Fahrzeugdaten ist deren Verwertbarkeit zur Förderung einer nachhaltigen Effizienz und Effektivität des Verkehrssystems sicherzustellen. Die Abstimmung von Angebot und Nachfrage ist hierbei sehr zentral, wobei auch die Präferenzen der Verkehrsteilnehmenden und weiterer relevanter Akteure zum Tragen kommen sollen. Soweit die hierfür erforderlichen Massnahmen sich nicht auf das einzelne Fahrzeug beschränken – und davon ist auszugehen – , ist die Zugänglichkeit zu den Daten im erforderlichen Umfang zu gewährleisten. Dazu sind auch zum Zwecke von Planung, Betrieb und Monitoring der Verkehrssysteme dienliche Daten zu zählen. Dadurch liesse sich die Grundlage zur Sicherung der nachhaltigen Nutzung des planerischen Handlungsspielraums wesentlich verbessern. Auch für die Verkehrsinformation, das Monitoring (inkl. Energieaspekte) oder das Infrastrukturmanagement dienliche Fahrzeugdaten stellen einen Mehrwert für fahrzeugexterne Akteure dar.

Der Umgang mit grossen Datenmengen und unterschiedlichen Datenmodellen etc. ist mit einer geeigneten Strategie und allfälliger Normierung und Standardisierung anzugehen. Das Analoge gilt für den Umgang mit KI und ML. Auch die Fragen bezüglich der Schaffung von Systemredundanzen als Prävention angesichts möglicher Systemaus-/ Störfälle und zur Maximierung der Verkehrssicherheit sind anzugehen. Dabei ist auch dem Schutz der Kommunikationswege ein Augenmerk zu schenken. Im Bedarfsfalle sind Echtzeitfähigkeit oder maximale Latenzen zu garantieren.

8.1.5 Daten anderer Modi / V2M

Den Zugang zu den bereits heute verfügbaren Daten gilt es zu sichern und darüber hinaus auszubauen. Im Umgang mit den verschiedenen Modi sind dabei die Prioritäten zu klären. Die Machbarkeit, Sinnhaftigkeit und Grenzen intermodaler Anschlusssicherung inklusive Herleitung von Bewertungskriterien sind zu prüfen. Die Potentiale zur Attraktivitätssteigerung von Übergängen (Orientierung für den Nutzer, knappe Umsteigezeiten etc.) sind unbedingt zu nutzen, sind effiziente Übergänge doch entscheidend für nachhaltige intermodale Mobilitätsangebote (Guiver 2007). Die dank einer verstärkten Digitalisierung von Übergängen mögliche Erfassung multimodaler Wegeketten ist unter Berücksichtigung von Datenschutzaspekten nutzenstiftend einzusetzen.

8.1.6 Logistikdaten / V2L

Das Potential, durch automatisierten Güterumschlag Effizienzgewinne wie auch die Sicherheit im Gütergewerbe zu erhöhen, ist unbedingt zu nutzen. Einer Atomisierung der Lieferfahrten ist entgegenzuwirken, damit entsprechendes und unsinniges Verkehrswachstum vermieden werden kann. Vielmehr gilt es, die Möglichkeiten zur Bündelung der Ströme zu nutzen. Die verwundbaren Stellen im Logistikdatensystem bedürfen eines entsprechenden Schutzes vor unerlaubten Zugriffen.

8.1.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C

Die mit den Nutzerdaten einhergehende hohe Aussagekraft zur Verkehrsnachfrage und damit verbundenen Aspekten wie Verkehrsverhalten, Verkehrszweck oder auch Aktivitätsmuster ist bei gleichzeitiger Wahrung von Privatsphäre und Datenschutz verwertbar sicherzustellen. Damit verbunden ist auch der Bedarf einer adäquaten Zugänglichkeit für die relevanten Akteure und insbesondere die Verkehrsmanagement-Zentrale. Dabei dürften auch sinnvolle AGBs im Kontext eines Nutzer-Logins unterstützend wirken. Dabei gilt es zu bemerken, dass es AGBs nur braucht, wenn Private miteinander Verträge schliessen. Möglich wäre auch eine gesetzliche Ordnung, die AGBs überflüssig macht. Es scheint dabei unabdingbar zu sein, dass sich die Nutzer in einem bestimmten Umfang digitalisieren müssen (z. B. Besitz eines Smartphones), wollen sie in den Genuss der Services kommen. Wesentlich erscheint auch die Unterstützung von Rahmenbedingungen, die explizit kundenspezifische Services,

gegebenenfalls auch in Kombination mit adäquaten Drittservices, erlauben. Auch die Priorisierung entsprechender Fahrten könnte hierbei ein Thema darstellen. In betrieblicher Hinsicht bedarf es angesichts der grossen Datenmenge der Bereitstellung robuster ICT-Infrastrukturen. Diese müssen auch vor Zweckentfremdung und Manipulation schützen.

8.1.8 Serviceanbieter-Daten / V2S

Es ist zielführend, auf Basis der Serviceanbieter-Daten eine optimale Abstimmung der Nachfrage und des Angebots zu fördern und auf diese Weise gar einen positiven Rückwirkungskreis zu etablieren. So resultiert ein Mehrwert gleichsam für Serviceanbieter und Kunde (Betriebskosten, Kundennutzen) und indirekt auch für die Behörde. Die Daten sind nach Möglichkeit für Planung, Betrieb und Monitoring des Verkehrssystems zugänglich zu machen. Dabei ist zur Reduktion von Systemrisiken gegebenenfalls ein Abgleich der Datenmodelle und insbesondere von Datenprozessen notwendig. In diesem Kontext kann auch die Prüfung von Einwirkungsmechanismen (technisch, fiskalisch, regulatorisch) erforderlich werden.

Im Zusammenhang mit Serviceanbietern und deren Daten ist es auch angezeigt, dass die öffentliche Hand eine entsprechende Innovationskultur fördert und zusichert (bessere Services dank Konkurrenz), zumal Behörden nicht die Voraussetzungen mitbringen, in Eigenleistungen entsprechende Services zu etablieren. Auch führt die privatwirtschaftliche Konkurrenz bei entsprechenden Rahmenbedingungen zu qualitativ hochstehenden und innovativen Services, sei dies etwa zur Energiebilanzierung o. ä. (ökologischer Fussabdruck) aus Kunden- oder auch Betreibersicht. Aus Gesamtsystemperspektive ist ein Management der räumlich-zeitlichen Funktionalitäten im Zusammenwirken von Kunde und Serviceanbieter zur Vermeidung von Systeminstabilitäten angezeigt. Und nicht zuletzt gilt es, den Datenschutz und den Schutz der Privatsphäre zu respektieren.

8.1.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X

Die Etablierung eines multimodalen Verkehrsmanagements im Strassenraum aus Gesamtperspektive ist eine unabdingbare Angelegenheit. Eine solche geht einher mit ausgeprägten Möglichkeiten für Planung, Betrieb (Steuerung/Lenkung) und Monitoring des Gesamtsystems (Rajamanickam 2019). Kernherausforderung hierzu ist die erforderliche Zugänglichkeit zu allen relevanten Datensätzen. Diese Voraussetzung gilt es zu erwirken, während die Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale allen Akteuren offenstehen. Im Hinblick auf den operativen Betrieb der Verkehrsmanagement-Zentrale braucht es eine Strategie zum Umgang mit verschiedenen Datenmodellen und auch Datenprozessen (z. B. Flottenmanagement-Tools, Navigationsdienste). Dabei ist auch vertieft auszuloten, welche Funktionalitäten eines solchen Verkehrsmanagements zwingend von der Behörde wahrzunehmen sind und welche auch durch Dritte oder durch die Behörde im Verbund mit Dritten erfolgen können. Mitunter kann das System modular und aus dezentral angeordneten Komponenten, die von verschiedenen Anbietern gestellt und betrieben werden könnten, aufgebaut werden.

Im Hinblick auf die Nutzung der Potentiale eines netzweiten Verkehrsmanagement stellt sich etwa die Frage, ob hierbei Route und Geschwindigkeit als Steuergrössen (Slots u. ä.) einsetzbar sind. Sinnhaftigkeit und Machbarkeit eines solchen Systems sind prüfenswert, auch vor dem Hintergrund, dass über die nächsten Jahrzehnte hinweg mit Mischverkehr zu rechnen ist. Auch in diesem Falle sind Slots wie auch die Beeinflussung der Routenwahl und der Geschwindigkeit über einen Navigationsservice wie auch Ampelassistenten möglich. Es ist davon auszugehen, dass auch das Setzen von Anreizen für systemoptimales Verkehrsverhalten (z. B. Punktesystem, Mobility Pricing) nutzenstiftend ist. Die Möglichkeiten hierfür gilt es auszuloten.

8.1.10 Datenquellen

Angesichts der zentralen Bedeutung für eine nutzenstiftende Digitalisierung generell und für das automatisierte Fahren im Speziellen ist die Sicherstellung der Verfügbarkeit der verschiedenen relevanten Datenquellen und der daraus hervorgehenden Daten von eminenter Bedeutung. Dabei ist zu erwähnen, dass zahlreiche im Zuge der Digitalisierung neu entstehende Datenquellen neue Grundlagen und Einblicke erlauben. Systemkritische Sensorik muss hierbei bekannt sein und im besten Fall mittels Redundanzen im System abgesichert werden können. Über die reine Verfügbarkeit hinaus gilt es auch, die Qualität, Aussagekraft und Nachvollziehbarkeit von Daten zu fördern, was insbesondere aufgrund der Fülle an verschiedensten Daten nicht zu unterschätzen ist. Dabei spielt es auch eine Rolle, ob die Datenquelle kontinuierlich Daten generiert oder ob dies nur zu bestimmten Zeitpunkten der Fall ist.

Bezüglich der mit einer hohen Datenverfügbarkeit mitunter einhergehenden Datenfülle besteht Handlungsbedarf einerseits bezüglich des Umgangs mit der immensen Informationsfülle und andererseits bezüglich der reinen Datenmenge in rechen- respektive speichertechnischer Hinsicht. Ein wesentlicher Ansatz ist hierbei die systematische Unterscheidung und Evaluation von benötigten und nicht (mehr) benötigten Daten (Garbage Management). Allerdings ist dies nicht nur rechentechnisch zu sehen, sondern auch aus Optik der Anwendung. Vielfach werden Daten auf Vorrat generiert (z. B. Fotos), die dann aber gar nicht weiterverwendet werden. Im Hinblick auf eine effektive Verwertung der Daten von Drittanbietern, deren Datenmodelle aus Konkurrenzgründen nicht transparent offenliegen, braucht es ein Werkzeug, wie die Qualität und Aussagekraft der Daten verschiedener Anbieter einzuschätzen ist, ohne dass dadurch die Business-Cases behindert oder gar verhindert würden. Solches ist etwa auch im Zuge von submissionsgestützten Datenbeschaffungen von Bedeutung. Ein Zuschlagsentscheid für ein bestimmtes Datenprodukt muss auf objektivierbaren Fakten abstützen. Auch die Fusion von Daten hat gewissenhaft zu erfolgen, bieten doch gerade die Daten im Kontext des automatisierten Fahrens Potentiale für Informationen, die dem Schutz der Persönlichkeit und Privatsphäre abträglich sind.

Die nutzenstiftende Verwertung der verschiedenen Datenquellen und daraus hervorgehenden Daten ist möglichst zu fördern, sei dies in analytischer als auch rechentechnischer Hinsicht. Entsprechende Massnahmen hierzu setzen im Bereich der Lehre und Forschung wie auch in der Verwaltung und der Wirtschaft und Industrie an. Insgesamt ist auch die Chance zu nutzen, Daten des Verkehrssystems mit weiteren Aspekten und insbesondere der unterschiedlichen Aktivitäten an unterschiedlichen Standorten in Bezug zu setzen beziehungsweise zu verknüpfen. Es ist durchaus ein Ansporn, die mit solchen Verknüpfungen einhergehende Vernetzung von Akteuren und letztlich Menschen auch in sozialer Hinsicht gezielt zu unterstützen.

Qualitativ schlechte, falsche oder gar korrupte Daten an ungeeigneten Orten sind durch eine gezielte Systemüberwachung und durch Massnahmen im Bereich der Cybersecurity zu vermeiden. Ist gar ein sicherheitskritisches Systemversagen ein Szenario, so ist solches zu unterbinden. Im Umgang mit nicht abschliessend transparent offengelegten Daten und Datenmodellen von Drittanbietern gilt es Wege zu finden, wie folgenschwere Fehlinterpretationen vermieden werden können. Grundsätzlich sind unsinnige Datenverwendungen in einer freien Gesellschaft nicht grundsätzlich zu verhindern, jedoch dürfen daraus keine Schäden insbesondere auch im Bereich des Persönlichkeitsschutzes hervorgehen.

Sensoriken sind nach ihrer systemkritischen Rolle zu klassifizieren, und an Sensorik und Redundanz sind Minimalanforderungen zu stellen.

8.1.11 Datenprozesse

Für Prozesse, die Daten validieren, fusionieren oder reduzieren, in Echtzeit oder zur Aggregation für eine zeitversetzte Auswertung, müssen Anforderungen an die Funktionsgüte der Prozesse formuliert werden. Dies gilt in besonderem Masse für Prozesse der KI oder des ML, bei denen situativ in automatisierter Form neuer Code

erstellt wird. Es ist sicherzustellen, dass bei der Verarbeitung z. B. von Informationen zum Verkehrszustand und der Prognoseerstellung für dessen Evolution die erforderliche Geschwindigkeit der Zusammenführung und Verarbeitung von Input sowie die Fehlertoleranz des Outputs klar definiert sind.

Datenspeicher und ihre Komponenten sind nach dem Grad der Schutzwürdigkeit zu beurteilen und einzustufen. Insbesondere bei jenen Speicherkomponenten, die der kurzfristigen Sicherung von Zwischenergebnissen in Steuerprozessen dienen, können Einbruch und Manipulation auf Speicher- wie auf Prozessebene unmittelbar die erteilten Steuerbefehle beeinflussen, was potentiell katastrophale Folgen haben kann.

8.1.12 Datenzugänge

Die Exposition der Datenzugänge macht für die durch sie erfolgenden Zugriffe auf Datenspeicher eine Kategorisierung nach Hierarchieklassen und die Festlegung entsprechender Lese- und Schreibrechte auf Komponenten der Datenspeicher notwendig, um missbräuchliche Verwendung zu vermeiden.

8.1.13 Funktionalitäten und Akteure AF-Ökosystem

Die Möglichkeit, das AF-Ökosystem im oder nahe dem Systemoptimum zu betreiben, gilt es angesichts der resultierenden positiven Effekte zu nutzen. Die hierfür relevanten Einflussfaktoren sind zu identifizieren und angesichts der involvierten Akteure und deren privaten oder auch öffentlichen Bedürfnissen und Präferenzen aufeinander abzustimmen. Wichtig ist dabei auch die Festlegung, wer in Bezug auf die verschiedenen Funktionalitäten des AF-Ökosystems welche Verantwortlichkeiten wahrnehmen kann und soll. Dabei gilt es insbesondere auch dem Mischverkehr Rechnung zu tragen. Und die Kundennutzen eines multimodalen und agilen Mobilitätssystems sind mit entsprechenden MaaS-Systemen zu unterstützen. Den betrieblichen Risiken wie Systeminstabilitäten oder Systemausfällen ist mit entsprechenden Methoden und Technologien entgegenzuwirken. Werden spezifische Slots fixierbar und gar handelbar, so sind hierzu sinnvolle Regeln zu definieren. Wichtig hinsichtlich der gesamten Funktionalität ist die Wahrung der öffentlichen Interessen insbesondere in Bezug auf die Auswirkungen des Verkehrssystems (Externalitäten). Die Verantwortlichkeiten bezüglich der einzelnen Systemfunktionalitäten sind soweit als nötig und sinnvoll in Abstimmung mit den involvierten Akteuren festzulegen (Hoadley 2019). Dabei sind insbesondere auch territorialübergreifende Funktionalitäten zu beachten. Mitunter geht dies einher mit dem Erfordernis, das Abtreten zumindest eines Teils der jeweiligen Souveränität respektive Handlungsoption am Steuersystem des AF-Ökosystems als Voraussetzung zur Systemteilnahme durch entsprechende Regulierung zu verlangen.

8.2 Handlungsspielräume

Für den in Absatz 8.1 identifizierten Handlungsbedarf werden in diesem Abschnitt die Handlungsspielräume ausgelotet.

8.2.1 Basisdaten / V2B

Der Handlungsspielraum bezüglich der Zeit als Datengrundlage ist insbesondere durch die verfügbare Technologie bestimmt. Hierbei stellen die Gewährleistung der Zeitsynchronizität in hochvernetzten Systemen und die dafür notwendige Grundlage einen entscheidenden Faktor dar. Dies dürfte nicht zuletzt aus Kostengründen nicht überall gegeben sein. Der Zugang zur exakten Zeit (TAI) ist letztlich staatsvertraglich geregelt (siehe Vertrag betreffend die Errichtung eines internationalen Mass- und Gewichtsbureaus vom 20. Mai 1875, SR 0.941.291).

Die Abhängigkeit oder eben Unabhängigkeit von der Lokalisierungstechnik ist geopolitisch geprägt. Es ist nicht realistisch, dass sich jedes Land ein eigenes satellitengestütztes Ortungssystem leistet, respektive leisten kann, zumal dies auch mit vielen Abstimmungsfragen einhergeht (ergibt die Ortung durch verschiedene Ortungssysteme das gleiche Resultat?). Hingegen ist es zielführend, dass Europa mit Galileo ein Gegengewicht zu den USA etabliert. Die Genauigkeit der Ortung ist durch die technologische Entwicklung und zuweilen auch durch sicherheitspolitische Bestrebungen (Militär) geprägt. Inwiefern die mit den sicherheitspolitischen Vorkehrungen allfällig einhergehende erhöhte Ortungsgenauigkeit der Allgemeinheit zugänglich ist, hängt vom Willen der Betreiber der Ortungssysteme ab. An Örtlichkeiten mit erschwerter Erfassung durch die Satelliten (insbesondere in Tunnels) kann die Ortung mit ergänzenden Systemen unterstützt werden. Die Verbreitung der Nutzung geht mit der technologischen Entwicklung und den Marktmechanismen einher. Kompakte, hochpräzise Geräte sind hier klar im Vorteil.

8.2.2 Umfelddaten / V2E

Der vorhandene Erfahrungsschatz im Umgang mit Umfelddaten ist gegeben und weiterhin nutzbar, so auch die heute gegebenen Datenzugänge. Neue potentielle Zugänge im Zuge des automatisierten Fahrens insbesondere zu den Fahrzeugen sind von der Bereitschaft der Fahrzeugindustrie, offene Schnittstellen bereitzustellen, abhängig. In der momentanen Rechtslage kann die Schweiz alleine nicht allzu viel ausrichten und ihr Handlungsspielraum ist durch die Möglichkeiten der Einflussnahme durch Mit- und Zusammenarbeit in europäischen und auch internationalen C-ITS-Gremien abgesteckt. Hingegen wäre gerade mit Bezug auf die Umfelddaten eine Einführung eines Datenzugangsrechts denkbar. Inwieweit es politisch realisierbar wäre, dass die Schweiz als Land ohne Automobilindustrie von ausländischen Autobauern Datenzugangsrechte einfordert, ist schwierig abzuschätzen. Wirtschaftlich weniger einschneidend wäre die Einführung einer Bewilligungspflicht für Akteure, welche Umfelddaten bearbeiten. Die beiden rechtlichen Massnahmen könnten kumulativ getroffen werden.

Der Umgang mit schwierigen Umfeldbedingungen und den damit einhergehenden Herausforderungen wie auch bezüglich Klassifizierungs-Methodik oder methodischer Risikoabfederung seitens Sensorik und Datenauswertung und -abgleich wird vom Stand der Technik und Wissenschaft und der Innovationsförderung und -fähigkeit geprägt. Die Innovationsförderung wiederum liegt in den Händen der Behörden oder allfälliger Forschungsförderungsstellen. Der Handlungsspielraum im Bereich der Redundanzen und Rückfallebenen erscheint nicht abschliessend klar und dürfte von der Frage, welche Vorkehrungen und Instrumente im Hinblick auf eine angestrebte Funktionstüchtigkeit der Systeme notwendig und sinnvoll sind, abhängen.

8.2.3 Infrastrukturdaten / V2I

Es ist davon auszugehen, dass die Infrastruktur über weite Strecken durch Bund und Kantone plan- und bestimmbar ist. Sie haben als Betreiber der Infrastruktur ein faktisches Monopol an den Infrastrukturdaten. Sie können bestimmen, mit welcher Technologie welche Daten gesammelt werden. Selbstredend ist insoweit der Handlungsspielraum der Behörden sehr gross. Es wäre möglich, dass die Verwaltung diese Daten selbst bewirtschaftet. Denkbar ist aber auch die Vergabe der Datenbewirtschaftung an Konzessionäre, wobei über Konzessionsbestimmungen strikte Vorgaben über die Datennutzung gemacht werden könnten. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, fragliche Zugänglichkeiten über die entsprechenden C-ITS-Gremien anzustreben. In Bezug auf die Infrastruktur dürfte die Abhängigkeit von Europa und dem Rest der Welt wie auch von der Automobil- und Fahrzeugindustrie wesentlich geringer sein, als dies bei den Umfeld- und Fahrzeugdaten der Fall ist.

Im Hinblick auf die Planung solcher Infrastrukturen und die Sicherung der dafür erforderlichen Voraussetzung (z. B. Flächensicherung für entsprechende Kleinrechenzentren entlang der Infrastruktur) sind womöglich neue Handlungsspielräume

zu schaffen. Eine Möglichkeit könnten hierbei die Instrumente der Raumplanung und dabei insbesondere die Richtplanung darstellen. Mitunter könnte hierfür ein expliziter Layer für Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA) etabliert werden. Damit liesse sich nicht zuletzt der hohe Standard bezüglich BSA in der Schweiz auch längerfristig planerisch sicherstellen.

Offen respektive unklar erscheint der Handlungsspielraum im Hinblick auf den Umgang mit Verkehrsregeln beim AF. Dies impliziert Forschungsbedarf zu den technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen. Hingegen kein Handlungsspielraum besteht bezüglich der Echtzeitanforderungen: Diese sind beim automatisierten Fahren für alle relevanten Prozesse ein Muss.

Die Kommunikationsinfrastruktur lässt sich kabelbasiert oder nicht kabelbasiert realisieren. Der Handlungsspielraum hierbei ergibt sich aus Kriterien wie Leistungsfähigkeit, Latenzen (vgl. Echtzeitanforderungen) oder auch des angestrebten Einflussbereichs der Behörde gegenüber Konzessionären.

Die Qualität der Infrastrukturdaten wie auch deren Bedeutung für die Verkehrssicherheit hängt in erster Linie vom Stand der Technik und der gewählten Systemarchitektur ab. Bezüglich Abwendung von Tracking-Risiken ist der Handlungsspielraum durch die technologischen (z. B. dichotome Datenarchitektur, Methoden der Anonymisierung) und regulatorischen Rahmenbedingungen bestimmt.

Bezüglich der Redundanzen und Rückfallebenen gilt das zu den Umfelddaten analoge: Der Handlungsspielraum erscheint nicht abschliessend klar und impliziert Forschungsbedarf.

8.2.4 Fahrzeugdaten / V-intern, V2V

Die Nutzung des insgesamt möglichen Potentials ist im Kern abhängig von den Strategien und der Bereitschaft zur Offenheit seitens der Automobil- und Fahrzeugindustrie. Den Behörden bietet sich die Mitarbeit in entsprechenden europäischen und internationalen C-ITS-Gremien als Möglichkeiten zur Einflussnahme. Wie bei den Umfelddaten besteht auch bei den Fahrzeugdaten die Möglichkeit, den Handlungsspielraum regulatorisch durch Einführung eines Datenzugangsrechts auszuweiten (siehe oben Absatz 8.2.1).

Ist die Bewältigung grosser Datenmengen im Fahrzeug alleine nicht möglich, so muss diese zumindest teilweise ausgelagert werden, wobei sich hier die Frage stellt, wo dies erfolgen soll (z. B. in der Cloud) und welche Risiken damit einhergehen. Der Handlungsspielraum erscheint nicht abschliessend klar. Analoges kann auch in Bezug auf den Umgang mit KI und ML gesagt werden. Aufgrund der Dynamik und Unvorhersehbarkeit der Prozesse und Effekte im Zusammenhang mit KI und ML braucht es eine entsprechende dynamische Beobachtung und prüfende Begleitung der damit einhergehenden Systeme und Funktionalitäten.

Bezüglich der Redundanzen und Rückfallebenen im System, der Echtzeitfähigkeit und Latenzen, zur Art und Technik der Kommunikationswege wie auch zu den Fragen des Datenschutzes gilt das zu den vorigen Absätzen analoge.

8.2.5 Daten anderer Modi / V2M

Im Hinblick zu den Datenzugängen ist der Handlungsspielraum insbesondere durch Einflussnahme bei Transportunternehmungen etc. via Verbände o. ä. gegeben. Auch hier wäre die Einführung von sachlich eingeschränkten Datenzugangsrechten denkbar. Was eine intermodale Anschlusssicherung betrifft, so dürfte sich diesbezüglicher Handlungsspielraum aus den Fragen nach der Notwendigkeit, der Sinnhaftigkeit und der Machbarkeit ableiten. Dies induziert entsprechenden Forschungsbedarf. Eine willkommene Attraktivitätssteigerung der Übergänge dürfte sich aufgrund der Marktmechanismen ergeben.

8.2.6 Logistikdaten / V2L

Die Nutzung des Potentials der Automatisierung hängt letztlich vom Umfang und der Verbreitung des automatisierten Güterumschlags ab. Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Bündelung der Gütertransporte stellt letztlich die LSVA den wesentlichen Handlungsspielraum dar. Und der Schutz der Datensystems hängt von den entsprechenden Sicherheitselementen und Firewalls ab.

8.2.7 Nutzer-/Kundendaten / V2C

Die Frage der Verfügbarkeit von Nutzer- bzw. Kundendaten ist stark mit der Frage des Schutzes von persönlichen Daten verschränkt. Die verschiedenen Akteure werden bestrebt sein, von den Nutzern mittels Nutzerlogins das Einverständnis für eine möglichst weitgehende Datennutzung einzuholen. Nach geltendem Recht wird sich die Frage stellen, inwieweit das Einverständnis zur Datenbearbeitung freiwillig erfolgt ist und ob der Grundsatz der Zweckbindung eingehalten wird. Denkbar ist, dass via ein gesondertes Nutzerprofil je Service auf die Kundendaten zugegriffen wird oder dass ein Nutzerprofil den Zugriff auf eine Vielzahl oder gar alle Services gewährleistet.

Auf regulatorischer Ebene besteht ein Handlungsspielraum insoweit, als der Gesetzgeber eine dichotome Datenstruktur vorschreiben könnte, durch welche die Daten, die für das automatisierte Fahren notwendig sind, von den Daten, welche für Service-Anbieter nützlich sind, getrennt würden. Die (möglichst anonymisierten) Daten, welche für das automatisierte Fahren unerlässlich wären, könnten aufgrund einer gesetzlichen Grundlage für diesen Zweck genutzt werden, und es bräuchte kein Einverständnis der Nutzer. Für andere Nutzungszwecke wären aber die allgemein geltenden Datenschutzbestimmungen einzuhalten und damit allgemein eine Nutzung von Personendaten nur mit der Zustimmung der betroffenen Person zulässig. Das damit einhergehende Akzeptieren von AGBs und App-Lizenzen sollte nach Möglichkeit prozessorientierter im Sinne eines Kontinuums ausgestaltet werden. In praktischer Hinsicht erscheint es für den Nutzer als nicht anwendungsorientiert und adäquat, bei jeder Aktualisierung der App die Bedingungen zu prüfen.

Was die weiteren Aspekte wie Datenzugänglichkeit, Datenschutz, ICT-Infrastruktur etc. betrifft, sei auf die vorigen Absätze verwiesen. In Ergänzung dazu stellt sich die Frage, wie Nutzern ohne Smartphone o. ä. ein Zugang zu den Services gewährleistet werden kann. Diese Frage kann darüber hinaus als Grundsatzfrage bezüglich automatisiertem Fahren gesehen werden: Kann eine Bereitschaft zur Digitalisierung seitens der Nutzer umfassend gefordert werden oder braucht es z. B. in Analogie zur Mobilitätsvorsorge ein Grundangebot, welches ohne weitere digitale Gadgets nutzbar ist (z. B. ein Anbieter, der diesen Service anbietet)? Unklar erscheint in diesem Zusammenhang auch, ob man als Dummy-User am System teilhaben kann.

8.2.8 Serviceanbieter-Daten / V2S

Soweit Serviceanbieter-Daten Kundendaten betreffen, gelten die Ausführungen zum Datenschutz auch hier. Ansonsten kann wohl aber im Hinblick auf eine optimale Abstimmung von Angebot und Nachfrage auf Markteffekte und die technologische Entwicklung gesetzt werden. In regulatorischer Hinsicht besteht kaum Anlass. insoweit den Handlungsspielraum auszuweiten, da ansonsten die Behörden zu etatistisch wirken würden. In Bezug auf die Zugänglichkeit der Serviceanbieter-Daten ist, wie schon in den vorigen Absätzen ausgeführt, der Handlungsspielraum im Wesentlichen durch eine Mitwirkung in den entsprechenden C-ITS-Gremien in Europa und auch international gegeben. Dies scheint auch für die Klärung der Kompetenzverteilung bezüglich der Funktionalitäten des AF-Ökosystems der geeignete Ort für eine Einflussnahme zu sein.

Bezüglich der weiteren relevanten Aspekte wie etwa Abgleich der Datenmodelle und Datenprozesse, Innovationsförderung oder auch Datenschutz sei an die obigen Absätze verwiesen.

8.2.9 Daten der Verkehrsmanagement-Zentrale / V2Z, Z2X

Die Frage nach dem Handlungsspielraum für ein integrales Managen und Steuern (z. B. auch der Geschwindigkeit) des Verkehrs ist sehr vielschichtig und von verschiedensten Faktoren bestimmt. Klar erscheint dabei, dass die möglichst breite Zugänglichkeit der relevanten Daten von zentraler Bedeutung ist. Ohne einen solchen Zugang ist der Handlungsspielraum sehr eingeengt. Zugang vorausgesetzt, ist der Handlungsspielraum hingegen sehr umfassend und dürfte sehr viele Potentiale bieten. Was dabei wie sinnvoll und machbar ist, kann aus heutiger Sicht nur schwer antizipiert werden, was entsprechenden Forschungsbedarf impliziert. Auch ist nicht zwingend klar, ob die Verkehrsmanagement-Zentrale eine Zentrale im eigentlichen Sinne sein soll und muss oder ob auf dezentral angeordnete Prozesse abzustützen ist. Es ist somit auch zu klären, ob die Zentrale wirklich eine solche ist oder nicht viel eher ein Verbund von dezentralen Zentralen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass Anreizsysteme wie Punktesysteme oder gar Mobility Pricing neue Möglichkeiten für das Verkehrsmanagement darstellen dürften. Der diesbezügliche Handlungsspielraum wird durch die politische Akzeptanz solcher Massnahmen bestimmt.

Bezüglich der weiteren hier relevanten Aspekte Datenmodelle und -prozesse, Systemrisiken, ICT-Architektur, Beschaffungswesen u. ä. gilt das zu den vorigen Absätzen analoge.

8.2.10 Datenquellen

Der Handlungsspielraum bei den Datenquellen ergibt sich zunächst aufgrund der Art und Charakteristik der Datenquelle, des angedachten Verwendungszwecks, der gegebenen Eigentumsverhältnisse bezüglich der Datenquelle, allfälliger vertraglicher Datennutzungsmodelle als auch gesetzlicher Regelungen (insb. Datenschutz). Vielfach bietet eine Datenquelle breitere Nutzungsmöglichkeiten als diejenige des beabsichtigten Verwendungszwecks. Beispielsweise wurde die Mobilfunktechnologie ursprünglich primär mit der Absicht der standortunabhängigen verbalen Kommunikation etabliert. Mittlerweile werden die dabei entstehenden Positionsdaten auch für Einblicke in die Verkehrsströme genutzt. Dabei ist aber auch zu beachten, dass Datenquellen mitunter alternative Nutzungsmöglichkeiten bieten, die unsinnig, unsicher oder auch gefährlich (Sicherheit, Datenschutz) sein können. Hier spielt es eine Rolle, ob die Datenquelle unter privater oder öffentlicher Kontrolle steht. Dies ist auch von Relevanz bezüglich der Verfügbarkeit der Daten. Daten aus Datenquellen der öffentlichen Hand stehen dieser per se zur Verfügung (Stichwort faktisches Monopol an den Daten); stammen Daten aus privaten Datenquellen hat der Staat grundsätzlich keinen Zugriff darauf, soweit Daten nicht aufgrund einer gesetzlichen Grundlage bekannt gegeben werden müssen. Es ist wichtig, die Datenquelle zu kennen, damit die Qualität der Daten, sprich deren Aussagekraft und Nachvollziehbarkeit, beurteilt werden kann. Dies ist aber dann nicht oder nur eingeschränkt gegeben, wenn die Datenquelle beispielsweise einem Drittanbieter gehört. Die Herausforderung besteht in diesem Fall darin, eine grösstmögliche Transparenz zu erreichen, ohne dass dadurch der Business-Case verloren geht. Dies ist etwa auch im Rahmen von Submissionsverfahren von Bedeutung.

Handlungsspielräume für eine nutzenstiftende Verwertung verschiedener Datenquellen gehen einher mit den technischen wie methodischen Kenntnissen zu solchen Systemen. Eine zielgerichtete Lehre und Forschung unterstützt die Kompetenzbildung in dieser Hinsicht wesentlich. Dabei ist gerade der Aspekt der Vernetzung in technologischer wie auch funktionaler Hinsicht von Bedeutung. Kriterien hierbei sind etwa der Stand der Technik wie auch die Bedürfnisse der verschiedenen involvierten Akteure.

Durch die Formulierung von Qualitätsanforderungen hinsichtlich der Datenquellen kann sichergestellt werden, dass keine qualitativ schlechten, falschen oder korrupten Daten in Umlauf kommen. Massnahmen im Bereich der Cybersecurity stellen hierbei einen Handlungsspielraum dar, der sicherstellt, dass keine Daten in Systeme gelangen, in welchen sie gegebenenfalls Schaden anrichten können.

Eine Entscheidung muss dabei auf einer klaren hierarchischen Einstufung der Bedeutung einzelner Datensets für Systemsteuerung und Systemstabilität aufsetzen: Die gesellschaftlichen und in Standortvorteile wie Wettbewerbsfähigkeit durch hocheffiziente Mobilität übersetzbaren Beiträge und Vorteile des AF-Gesamtsystems sind nur realisierbar, wenn die Gesamteffizienz des Angebotes nicht durch ihr entgegenwirkende Auflagen gehemmt wird.

Datensicherheit ist daher eher über eine saubere Abgrenzung der Zugriffsrechte und entsprechende Sicherheitsarchitekturen zu realisieren als über Auflagen zu Nichterhebung und Nichtverarbeitung von aus technischer Sicht wünschbaren Daten, deren Fehlen zu Effizienzverlusten führen würde. Hier besteht für die Behörden vor allem eine kommunikative Herausforderung in der Herstellung und Wahrung der gesellschaftlichen Akzeptanz.

8.2.11 Datenprozesse

Im Umgang mit Datenprozessen werden die Handlungsspielräume durch zwei Faktoren begrenzt: Einerseits durch die bei den am System des automatisierten Fahrens teilhabenden Akteuren vorhandenen Fachkompetenzen bezüglich KI, ML und Cybersicherheit, andererseits durch den Stand der Technik, vor allem bezüglich Rechen- und Speicherleistung.

8.2.12 Datenzugänge

Die Handlungsspielräume bei Datenzugängen werden wesentlich durch zwei Faktoren geprägt: Erstens durch die Verlässlichkeit des unterliegenden Datenaustauschs, d. h. den Schnittstellen und der Datenkommunikation wie WiFi-Verbindungen oder Mobilfunknetze, zweitens von der Frage, zu welchen vertraglichen Konditionen die involvierten Akteure Zugang zu ihren Daten in Form von Lese-, Schreib- und Kopierrechten gewähren. Sollte der Markt insoweit nicht spielen, wäre wiederum die Einführung von Datenzugangsrechten auf gesetzlicher Ebene eine Option.

8.2.13 Funktionalitäten und Akteure AF-Ökosystem

Der Handlungsspielraum ist in operativer Hinsicht, insbesondere durch die zu garantierende Systemstabilität, respektive durch das Vermeiden von Verkehrskollapsen geprägt. Werkzeuge zur Unterstützung der Systemstabilität sind somit unabdingbar. Geht man davon aus, dass auch in Zukunft verschiedene Akteure (z. B. Staaten und Staatengemeinschaften) die öffentlichen Interessen innerhalb ihrer Territorien durchsetzen wollen, so ist die Ausgestaltung des AF-Ökosystems in Abstimmung dieser Interessen voranzutreiben. Dies ist insbesondere dann von Relevanz, wenn die Fahrten über mehrere Territorien hinweg führen. Wie diese Territorialansprüche berücksichtigt werden können, ist eines der Kriterien in der Ausgestaltung des AF-Ökosystems. Der Handlungsspielraum wird durch die territorial bedingt entgegengesetzten öffentlichen Interessen beschränkt (z. B. Wo entstehen welche Emissionen?). Die Festlegung der Werkzeuge zur Wahrung der öffentlichen Interessen ist ebenso ein wichtiger Faktor bei der Ausgestaltung der Funktionalitäten des AF-Ökosystems.

8.3 Handlungsoptionen

Vor dem Hintergrund des Handlungsbedarfs gemäss Absatz 8.1 und des Handlungsspielraums gemäss Absatz 8.2 werden nun die Handlungsoptionen diskutiert. Im Hinblick auf das jeweilige Aktionsfeld werden die Optionen nach technischer, regulatorischer und finanzieller Natur geordnet.

8.3.1 Technische Handlungsoptionen

In Bezug auf die Basisdaten der Zeit und des Raums respektive der diesbezüglichen Lokalisierungstechnik sind die technischen Handlungsoptionen insofern klar. Hier bedarf es der entsprechenden Mechanismen des Zeitabgleichs mit der Basiszeit (technischer Zugang) wie auch einer Kommunikation mit sehr tiefen Latenzen als Grundlage für die Gewährleistung der Zeitsynchronizität in den Systemen und Systemteilen. Hinsichtlich der Lokalisierungstechnik steht die Förderung einer hohen Ortungsgenauigkeit im Fokus, wobei die diesbezüglichen geeigneten technischen Ansätze zur Lokalisierung etwa in Tunnels zu berücksichtigen sind.

Im Hinblick auf eine Offenlegung entsprechender Umfelddaten aus den Fahrzeugen stellt die Schaffung der technischen Voraussetzungen an den Fahrzeugen in Form adäquater Schnittstellen eine zentrale Voraussetzung dar, wobei die Grundlagen und allfälligen Spezifikationen hierfür über europäische und internationale C-ITS-Gremien abzustimmen sind.

Um die Güte und Robustheit der Sensorik zu fördern, steht diesbezügliche Forschung im Kontext der Aspekte schwierige Umfeldbedingungen, Klassifizierungs-Methodik oder methodische Risikoabfederung, Redundanzen und Rückfallebenen (z. B. Teilsystemausfälle) als Option im Vordergrund.

Im Hinblick auf den Umgang mit grossen Datenmengen im Fahrzeug, beim Kunden, in den Modi, in der Logistik, beim Service-Anbieter oder in der Verkehrsmanagement-Zentrale und damit einhergehend hoher Rechenleistung und Speicherkapazitäten unter Einbezug von Clouds und damit verbundenen Fragen zu deren Betrieb und Absicherung stellt die Erstellung einer breit akzeptierten Strategie ein wesentlicher Ausgangspunkt dar.

Logistikprozesse können bei einer An- und Einbindung an die Datenlogik, die den Passagiertransport steuert, von der dort erzielten Robustheit in der Betriebsabwicklung profitieren, ohne dabei für Kleingütertransport ein Parallelsystem aufbauen zu müssen.

Echtzeitanforderungen sind in weiten Teilen des AF-Ökosystems schlicht ein Muss, Dies betrifft Rechensysteme gleichsam wie Kommunikationskanäle und Schnittstellen. Seitens Kommunikationsinfrastruktur gibt es insbesondere die Optionen des kabelbasierten und des nicht kabelbasierten Datenaustauschs. Erstere ist tendenziell unabhängig, Zweitere abhängig wegen des Austauschs zuweilen über das Internet respektive aufgrund der Kommunikation über den Service eines Providers. Schnelligkeit und Latenzen (z. B. LWL, 4G, 5G) verschiedener Übertragungstechniken sind dabei ebenso Faktoren im Hinblick auf die Bewertung der gegebenen Optionen.

Auch ist es letztlich unabdingbar und ohne andere Option, dass der Einsatz der Technik im Lichte der Verkehrssicherheit zu erfolgen hat. Dabei geht es um Themen wie Antizipation von Konflikten, System-Redundanzen oder auch Rückfallebenen.

Zur Reduktion der Tracking-Risiken und zur Wahrung des Schutzes von Pesonendaten stellen dichotome Datensystem-Architekturen wie auch Methoden der Anonymisierung und Pseudonymisierung Ansätze für Massnahmen dar.

Die intermodale Anschlusssicherung erscheint in funktionaler Hinsicht ein spannendes und zielführendes Thema zu sein. Forschung dazu kann die Fragen nach Sinn, Zweck und der technischen Anforderungen und Möglichkeiten ausloten.

Bezüglich der Nutzer-Logins gibt es grundsätzlich zwei Eck-Ansätze. Entweder erfolgt der Zugang zu jedem Service über ein eigenes, separates Nutzer-Login, oder aber es gibt einen einzigen einheitlichen Zugang zu allen Services (z. B. SwissID). Letzteres birgt sicherlich den Charme der Einfachheit und Nutzerfreundlichkeit, dürfte aber in technologischer Hinsicht aufgrund der erforderlichen Systemvernetzung die eine oder andere Herausforderung mit sich bringen.

Eine nutzenstiftende Optimierung von Angebot und Nachfrage im Kontext Service-Anbieter und Nutzer bedingt entsprechende technische Systeme, deren zweckmässige Ausgestaltung zu klären ist. Hier führt der Einbezug der involvierten Akteure zum Ziel.

Da es nicht als zielführende Option erscheint, Datenmodelle und -prozesse vorzugeben, dürfte der Weg zu einem sinnvollen Umgang mit verschiedenen Datenmodellen und -prozessen über die Auslotung der methodischen Möglichkeiten zum Abgleich von deren Outputs führen.

Um den AF-Verkehr aus Gesamtperspektive nachhaltig steuern und managen zu können, bedarf es einer vertieften Auslotung der grundsätzlichen technischen Potentiale und deren Grenzen, wobei auch der Umgang mit Mischverkehr eine Rolle spielt.

Was Datenquellen generell betrifft, so bestehen in technischer Hinsicht seitens Gerätetechnik wie auch seitens der Methodik der Datenaufbereitung Handlungsoptionen. Die Ausgestaltung der Gerätetechnik kann entweder auf der Basis von technischen Standards erfolgen, so dass die Güte der Datenquelle mit dem Standard korrespondiert, oder die Gerätetechnik stellt eine spezifische, nicht standardisierte Lösung dar. Dies ist gerade bei innovativen Technologieansätzen der Fall. Hier ist es wichtig, dass nach Möglichkeit die Gerätetechnik derart beschrieben ist respektive wird, dass eine robuste und nachvollziehbare Aussage zur Qualität der Datenquelle möglich ist. Da es grundsätzlich ein Einfaches ist, nicht benötigte technologische Potentiale nicht zu nutzen, ist es seitens der technologischen Optionen jederzeit denkbar, auf unerwünschte, grundsätzlich aber vorhandene Möglichkeiten gezielt zu verzichten. Dies unterstützt auch die Vermeidung einer unnötigen Datenfülle. Hingegen bietet die Technologie grundsätzliche keine Handhabe, im Bereich der Datenquellen unsinnige oder unsichere alternative Nutzungsmöglichkeiten der Daten zu verhindern. Im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Daten gibt es in technologischer Hinsicht zudem die Aspekte Echtzeitdaten versus statistische Daten zu erwähnen. Erstere sind grundsätzlich quasi nur im entsprechenden Moment verfügbar, es sei denn, sie werden gespeichert. Statistische Daten sind ex-post verfügbar, sie sind im Moment ihres Entstehens jedoch genauso Echtzeitdaten. Im Bereich der Methodik zur Datenaufbereitung wäre es grundsätzlich wünschbar, wenn die Daten aus den verschiedenen Datenquellen nach vergleichbaren Methoden aufbereitet würden, auf dass sie besser vergleich- und kombinierbar oder auch austauschbar wären. Bei gleichen Datenquellen dürfte dies in technologischer Hinsicht möglich sein. Ob solches aber die Grundlage des technologischen Wettbewerbs unter verschiedenen Anbietern sein kann, erscheint fraglich, besteht der Wettbewerb eben gerade auch darin, mit neuen Technologien aufzuwarten und so der Konkurrenz ein Schritt voraus zu sein. Die Methodik zur Datenaufbereitung spielt insbesondere hinsichtlich des Schutzes von Personendaten eine zentrale Rolle, kann doch mit entsprechenden Methoden (z. B. Anonymisierung und Pseudonymisierung) Verletzungen des Datenschutzes wirksam begegnet werden.

Die zentrale Rolle, die Datenprozesse ganz generell im Ökosystem des automatisierten Fahrens einnehmen, macht deren Normierung und Standardisierung zu einer Voraussetzung, um die Komplexität beherrschbar und die Offenheit des Systems hinreichend zu halten. Ein Ansatz dazu kann die Modularisierung von Prozessen sein, wobei standardisierte Abläufe und Schnittstellen flexibel kombiniert und verknüpft werden können. Organisatorisch muss dabei sichergestellt werden, dass in Umsetzung, Implementation und evolutiver Weiterentwicklung sowohl die technische Kompetenz als auch die aus Marktsicht erwünschte Flexibilität realisiert und gewahrt werden. Eine Möglichkeit der Umsetzung besteht im Einsetzen eines mit den benötigten Kompetenzen und Funktionen ausgestatteten Aufsichtsgremiums, das der Überwachung der Struktur und Rolle kritischer Datenprozesse verpflichtet ist und aus Sicht von System-Stakeholdern und Markt neutral auftritt (Rupprecht et al. 2019).

Hinsichtlich der Funktionalitäten und Akteure des AF-Ökosystems ist das Problem der möglichen Systeminstabilität grundsätzlich auf technische Weise zu lösen, indem die Systemoptimierungsprozesse mit entsprechend Stabilisierungsmechanismen überlagert werden. Die Herausforderung hierbei ist der Umstand, dass verschiedene Optimierungsprozesse verschiedener Anbieter (z. B. Navigationsdienste,

Flottenbetreiber) sich überlagern und sich gegenseitig ungünstig beeinflussen. Auch die Herausforderung im Umgang mit verschiedenen räumlichen Geltungsbereichen von rechtlichen Regeln ist nicht primär ein technisches Problem. Kompatible technologische Lösungen wie auch dezentral angeordnete, aber vernetzte Systemkomponenten könnten dem Rechnung tragen.

8.3.2 Regulatorische Handlungsoptionen

In regulatorischer Hinsicht ist der Zugang zur TAI durch entsprechende staatsvertragliche Basis gegeben. Es ist davon auszugehen, dass sich an dieser Ausgangslage ohne triftige Ereignisse nichts ändern wird. Bezüglich der Geolokalisierung stellen die geopolitische Klärung und Einflussnahme im Rahmen der entsprechenden Gremien bezüglich der Lokalisierungssysteme und diesbezüglicher Abhängigkeiten und Redundanzen Handlungsoptionen dar. Das europäische System Galileo stellt hierbei im europäischen Kontext einen wichtigen Schritt dar. Mittels regulatorischer Grundlagen kann eine hohe Ortungsgenauigkeit für alle und nicht nur etwa für sicherheitspolitische und militärische Zwecke zur Verfügung gestellt werden. Es können auf regulatorischem Wege Anreize zu einer breiten Nutzung hochqualitativer Ortungstechnik geschaffen werden.

Wie aufgezeigt verfügen die Behörden insbesondere im Bereich der Infrastrukturdaten über faktische Monopole. Es liegt grundsätzlich in deren Hand, diese Daten gestützt auf entsprechende gesetzliche Grundlagen der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen (Stichwort OGD). Hingegen bedingt die Offenlegung der in den Fahrzeugen und von den Service-Anbietern und auch von den Nutzern generierten Datensätze die Schaffung entsprechender Regulatorien. Inwieweit die Stärkung der Reputation für Akteure und insbesondere die Automobil- und Fahrzeugindustrie eine Motivation für die Realisierung von Datenzugängen darstellt, scheint nämlich fraglich. Die Entwicklung entsprechender Regulatorien in Zusammenarbeit mit entsprechenden europäischen und auch internationalen C-ITS-Gremien dürfte somit unumgänglich sein, zumal die Schweiz hierzu im Alleingang und ohne isolierende Effekte wahrscheinlich wenig auszurichten vermag. Dennoch ist die Einführung von Datenzugangsrechten, sei dies in Koordination mit der EU, sei dies im Alleingang, im Auge zu behalten. Bezüglich des Datenaustauschs mit und zwischen den Transportunternehmungen dürften die entsprechenden Verbände entsprechende Vorgehen diskutieren und festlegen. Solche Verbandslösungen könnten den Einsatz eines Schiedsgerichts bezüglich der Datenzugänge und des Umgangs mit Daten miteinschliessen. Der Einsatz eines solchen Expertengremiums stellt auch eine Option für die Aspekte im Kontext zu KI und ML dar. Dabei dürfte auch die Frage nach der Fahrzeugzulassung ein Thema für ein solches Gremium darstellen, ist doch gerade die Software eines AF-Fahrzeugs ständiger Dynamik unterworfen. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass die Frage der Fahrzeugzulassung, auch wenn sie im Bereich des automatisierten Fahrens Daten- und Softwarefragen miteinschliesst, letztlich eine derart sicherheitsrelevante Frage ist, dass der Staat nicht darum herumkommt, entsprechende Regelungen zu erlassen.

Verkehrsregeln richten sich an Menschen. Da die zunehmende Automatisierung des Fahrens das menschliche Verhalten in den Hintergrund drängt, ist es nicht klar, inwieweit Verkehrsregeln ins AF-Ökosystem einfliessen. Dies bedarf der strategischen Klärung. In technischer Hinsicht dürfte es mehrere Ansätze geben (z. B. Abgabe von Datensätzen zu Verkehrs- und Temporegime oder direkte Steuerung in Echtzeit durch die Verkehrsmanagement-Zentrale), wobei aber letztlich regulatorische Aspekte und Motive den Ausschlag für einen Lösungsansatz geben dürften.

Aus Sicht der Behörde ist es als wesentliche rechtliche Handlungsoption zu sehen, beim Datenumgang eine Strategie in Hinsicht auf faktische und rechtliche Monopole einerseits und Steuerung über die Marktmechanismen andererseits zu entwickeln. Soweit faktische und rechtliche Monopole bestehen, ist weiter zu fragen, ob der Staat selbst oder Konzessionäre im Monopolbereich tätig sein sollen. Wird umgekehrt den Martkmechanismen vertraut, so stellt sich die Frage, inwieweit Zulassungsverfahren (Polizeibewilligungen) für die einzelnen Akteure zu errichten sind oder sonstige Regeln, welche für alle Marktteilnehmer gelten, aufgestellt werden sollen. Dazu kontrastiert der

vollständige Verzicht auf ein Eingreifen, so dass neue Services durch verschiedene Anbieter aufgrund rein marktwirtschaftlicher Kriterien im Kontext zum Nutzer als Kunde entstünden. Die Anbieter sind insoweit selbstverständlich nicht von den strengen Regeln beim Umgang mit Personendaten befreit, welche grundsätzlich das Einverständnis der Nutzer für die Datenbearbeitung voraussetzt. Es erscheint nicht zwingend, dass die einmal festgelegte Strategie des Einsatzes der verschiedenen rechtlichen Instrumente strikt eingehalten wird. Vielmehr erscheint es als valable Option, die rechtlichen Regelungen für die von Staatsseite (Infrastruktur, spezifische Applikationen/Datenprozesse) und die von Marktseite (innovative Services) zu erbringenden Leistungen zu überprüfen, zu optimieren und gegebenenfalls neu auszurichten.

Es dürfte mitunter angezeigt sein, die mit dem automatisierten Fahren einhergehende Infrastruktur in die allgemeinen Planungsgrundlagen einfliessen zu lassen. Entsprechende Sachpläne und Konzepte wie auch die Richtplanung und daraus hervorgehende Raumsicherung könnten als Grundlage für robuste Infrastrukturen und Verkehrsmanagement-Systeme (Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA) etc.) dienen. Unter Umständen müssten sie auch ins Strategische Entwicklungsprogramm (STEP) des Bundes einfliessen.

Die sich aus Optik des Gesamtsystems und dessen Steuerung und Management stellende Frage nach der Kompetenzverteilung in Bezug zu den verschiedenen Funktionalitäten des AF-Ökosystems hat nicht nur eine technische, sondern auch eine regulatorische Dimension. Die Vertiefung dieser Aspekte erscheint ein passendes Forschungsthema zu sein.

Zur Attraktivitätssteigerung von Übergängen kann in den hierfür geeigneten Verbänden und Gremien ausgelotet werden, ob und wie hier regulatorisch unterstützt werden könnte.

Was regulatorische Handlungsoptionen generell zu den Datenquellen betrifft, so sind die bereits erwähnten Standardisierungen oder auch Spezifikationen grundsätzlich hierzu zu zählen. Diese gehen zwar mit einer technologischen Lösung oder Umsetzung einher, sie regeln von ihrer Natur aus aber letztlich die Art und Weise, wie die technologische Umsetzung auszusehen hat und welchen Kriterien sie zu genügen hat. Hinsichtlich der Datenquellen von Drittanbietern wäre es grundsätzlich denkbar, die Datenaufbereitung technologisch und methodisch vorzugeben. Dadurch könnten aber finanzielle Anreize ausbleiben, was sich innovationshemmend auswirken könnte. Würde eine dichotome Datenarchitektur vorgeschrieben, wären Vorgaben hinsichtlich Datenaufbereitung nur für Daten sinnvoll, welche in sicherheitsrelevanter Weise für das automatisierte Fahren notwendig sind. Die Art der Aufbereitung von Daten, welche für Komfort-Services im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren genutzt werden, sollte sinnvollerweise dem Markt überlassen werden. Eine Alternative wäre, die Güte der Daten Dritter von einer neu einzusetzenden, staatlichen Instanz in Analogie zu ComCom, WeKo, EnSi o. ä. überwachen zu lassen. Was den Schutz von Personendaten betrifft, so sind die entsprechenden regulatorischen Grundlagen (neues DSG, DSGVO) vorhanden.

Angesichts des Gefährdungspotentials ist der Einsatz geeigneter technologischer Werkzeuge, insbesondere spezieller Software, zur Vorbeugung und Detektion von Missbrauch bei Datenzugängen angezeigt. Eine entsprechende Vorschrift kann als Zulassungsvoraussetzung für den Erhalt einer Bewilligung (Polizeierlaubnis) bei der Teilnahme an kritischen, unmittelbar mit dem automatisierten Fahren verknüpften Vorgängen formuliert werden.

In Bezug auf die Funktionalitäten und Akteure des AF-Ökosystems sind regulatorische Ansätze insbesondere im organisatorischen Bereich gefragt. Auch hier stellt sich die Frage, ob man dies als Bewilligungsvoraussetzung formulieren will. Geht man in Bezug auf die Systemoptimierungsprozesse davon aus, dass verschiedene Akteure in diesen Prozess involviert sind, so stellen hierzu Abstimmungsvorgänge zwischen den einzelnen Akteuren eine Option dar. Daraus kann auch eine gemeinsam entwickelte respektive spezifizierte, übergreifende technische Lösung resultieren. Analoges gilt auch in Bezug auf die räumliche Geltung von unterschiedlichen rechtlichen Regeln. Hier sind rechtliche

und organisatorische Abstimmungsprozesse zielführend. Dies geht letztlich einher mit einer Zuteilung der Kompetenzen und Werkzeuge bezüglich der Funktionalitäten im AF-Ökosystem.

8.3.3 Finanzielle Handlungsoptionen

Die Innovationsförderung stellt eine zentrale Handlungsoption im Hinblick auf die Förderung eines nachhaltigen AF-Ökosystems dar. Die Schweiz verfügt zwar selbst über keine Automobilindustrie, kann aber in Bereichen wie etwa Verkehrsmanagement und Betriebs- und Sicherheitsanalagen wertvoll Beiträge im Kontext zum automatisierten Fahren leisten. An förderungswürdigen Ansätzen dürfte es angesichts der innovativen Natur von automatisiertem Fahren nicht mangeln. Etliche Themen hierfür sind den auch den obigen Absätzen zu entnehmen. Hierzu könnte auch die angestrebte Kandidatur der Schweiz für den ITS-Weltkongress 2024 einen ganz konkreten und operativen Anlass und Rahmen bilden. Auch wäre die Installierung eines C-ITS- oder AF-Fonds in Analogie zu anderen Fonds (z. B. Fonds für den Nationalstrassen- und Agglomerationsverkehr NAF) eine Option.

Es stellt sich die Frage, ob und wie Daten von Service-Anbietern, welche über Lizenzmodelle vertrieben werden, in allgemein zugänglichen Datenplattformen zugänglich gemacht werden können. Eine Möglichkeit wäre, dass der Betreiber der allgemein zugänglichen Datenplattform die entsprechenden Datensätze einkauft. Dadurch könnten aber die Datensätze enorm teuer werden, so dass sich ein Zukauf für den Plattformanbieter nicht lohnt. Es besteht auch die Gefahr, dass das Geschäftsmodell des Service-Anbieters durch die allgemein zugängliche Plattform beeinträchtigt wird, so dass sich das Sammeln und Aufbereiten der Daten für den Service-Anbieter nicht mehr lohnt. Alternativ könnte aber auch das Lizenzmodell des Service-Anbieters in die Datenplattform integriert werden, so dass ein Drittnutzer zu den entsprechenden Lizenzbedingungen Daten nutzen kann.

Wesentliche Handlungsoptionen stellen auch fiskalische Massnahmen für Steuerung und Management des Verkehrssystems dar. Dies können Punktesysteme mit etwa damit verbundenem Steuerabzug oder auch ein leistungs- und emissionsabhängiges Mobility Pricing sein.

Im Hinblick auf die Herausgabe von aus öffentlicher Sicht strategisch bedeutsamer Daten könnte es ein Ansatz darstellen, das Service-Anbieter und Unternehmen bei Gewährung entsprechender Datenzugänge Steuerabzüge gelten machen könnten. Eine direktere Lösung wäre die Implementierung eines entgeltlichen Datenzugangsrechts. Diese rechtliche Möglichkeit dürfte in den meisten Fällen genügen, dass sich die öffentliche Hand und der Service-Anbieter vertraglich auf eine Entschädigung für die zur Verfügung gestellten Daten einigen.

In finanzieller Hinsicht stellt sich bezüglich der Datenquellen in genereller Hinsicht die Frage, mit welchen Wirkungen finanzielle Massnahmen einhergehen. Die Datengüte und -verfügbarkeit kann natürlich erhöht werden, wenn in die Qualität der Technik der Datenquellen wie auch in Anzahl Datenquellen investiert wird. Solches hängt vom Betreiber und der von ihm verfolgten Ziele ab. Da die Erzeugung und die Aufbereitung in der Regel mit Kosten einhergehen, gehen auch der Bezug und die Verwendung von Daten zuweilen mit Kosten einher. Diese Kosten können auf unterschiedlichen Preis- und Lizenzmodellen basieren. Herausfordernd wird es dann, wenn ein Lizenznehmer die genutzten Daten Dritter einem weiteren Kreis von Akteuren zugänglich machen möchte. Dies ist etwa bei zentralen Verkehrsdatenplattformen vielfach der Fall.

Mit finanziellen Werkzeugen (z. B. Mobility Pricing) bestehen durchaus Optionen, um auf ein gewünschtes und auch den öffentlichen Interessen entsprechendes Systemwirken angesichts der Funktionalitäten und Akteure des AF-Ökosystems hinzuwirken. So könnten beispielsweise zeitlich unattraktive Routen durch verkehrlich und bezüglich Immissionen unkritische Strassenzüge tiefer bepreist werden als die zeitlich attraktiven oder jene, die durch Wohnstrassen führen (Schleichverkehr).

Lizenzmodelle auf Daten- und Serviceplattformen können operationell integriert werden.

8.4 Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen leiten sich nun direkt aus den Handlungsoptionen nach Absatz 8.3 ab.

8.4.1 Technische Handlungsempfehlungen

Funktionstüchtigkeit

Zur Sicherstellung der Zeitsynchronizität empfiehlt es sich seitens der Behörden, auf die Wahrung und den Ausbau der technischen Voraussetzungen für den Zeitabgleich mit der Basiszeit und der dafür erforderlichen schnellen Kommunikation zwischen TAI und einzelnen Zeitgebern in den Systemteilen hinzuwirken. Mit dem Bundesamt für Metrologie, dem Messgesetz und den einschlägigen Staatsverträgen sind die Grundlagen seitens des Bundes vorhanden. Darüber hinaus können sie das Marktumfeld und die Marktmechanismen im gewünschten Sinne beeinflussen (vgl. regulatorische Handlungsempfehlungen).

Die Sicherstellung einer hohen Ortungsgenauigkeit möglichst überall im Verkehrssystem ist im Hinblick auf automatisiertes Fahren elementar. Es ist daher im engsten Interesse der Behörden, hierfür im Rahmen von Planung, Realisierung und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur die entsprechenden Massnahmen vorzusehen. Hier stehen Systemabschnitte wie etwa Tunnels im Fokus, da es hier nach heutigem Stand der Technik zusätzliche, die satellitengestützte Lokalisierung unterstützende Technologien benötigt. Zur Abwendung von Störrisiken sind entsprechende technologische Massnahmen zu identifizieren und zu evaluieren. Unter Umständen ist hier auch ergänzender Forschungsbedarf angezeigt.

Sicherstellung des Datenzugangs

Es erscheint unabdingbar, dass die Schweizer Behörden in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien mitwirken und die Interessen der Schweiz einbringen. Insbesondere in Hinblick auf die Sicherstellung des Zugangs zu den strategisch relevanten Daten aus den Fahrzeugen führt daran wahrscheinlich kein Weg vorbei. Gegebenenfalls ist auch eine aktive Mitwirkung in entsprechenden europäischen und internationalen Forschungsprojekten angezeigt. Im Hinterkopf sollte aber immer auch die Möglichkeit der Einführung eines entgeltlichen Datenzugangsrechts in Form eines Bundesgesetzes sein.

Sicherstellung der Datenqualität

Im Bereich der Sensorik besteht Forschungsbedarf. Im Zentrum stehen hierbei die Fragen zum Umgang mit ungünstigen Umfeldbedingungen, zu genügend genauen Klassifizierungsmethoden, zur Risikoabfederung angesichts fehlerhafter Detektion oder Ausfällen, zu erforderlichen Redundanzen und zur Ausgestaltung allfälliger Rückfallebenen. Darüber hinaus ist auch vertieft auszuloten, welche Datenqualität wo erforderlich ist, so dass automatisiertes Fahren möglich ist.

ICT-Systemanforderungen

Im Zuge der durch die „Strategie Digitale Schweiz“ angestossenen Massnahmen gilt es, Aspekte und Fragestellungen zum Umgang mit grossen Datenmengen, Rechenleistung, Speicherkapazitäten und Cloud-Lösungen unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit und der Cybersecurity auszuloten. Dabei ist es insbesondere angezeigt, eine Haltung bezüglich des Umstands, dass die ICT-Eckelemente Clouds und Gadgets der ICT-Systeme von wenigen marktbeherrschenden Konzernen bestimmt werden, zu entwickeln. Es ist davon auszugehen, dass eine Behörde die Sicherheit eines Rechenzentrums nicht

ohne Unterstützung durch die Kompetenzen eben dieser Konzerne zu bewerkstelligen vermag.

Systemsicherheit

Aus Gründen der Systemsicherheit und auch der Verkehrssicherheit ist es zu empfehlen, sämtliche Systemkomponenten, an die Echtzeitanforderungen zu stellen sind, zu identifizieren. Dabei dürften Datenquellen, Rechensysteme, Kommunikationskanäle (kabelbasiert oder nicht kabelbasiert) und Schnittstellen zentral sein. Eine solche Auslegeordnung und der daraus hervorgehende Anforderungskatalog sollen durch die Behörden in Zusammenarbeit mit der Wissenschaft und der Industrie erfolgen.

Qualitätssicherung

Darüber hinaus ist es im Hinblick auf eine hohe und verlässliche Güte von Datenquellen unabdingbar, Mindestanforderungen an Datenquellen zu formulieren. Solche Standards sollen die technologische Lösung aber nur soweit als nötig vorgeben, damit weiterhin ein technologischer Wettbewerb stattfinden kann und auch innovative Ansätze eine Chance haben. Im besten Fall gelingt es, diese Standardisierung als stetigen Prozess auszugestalten, sodass auch auf neue Entwicklungen innert nützlicher und sinnvoller Frist reagiert werden kann. Daran teilhaben müssen alle wesentlichen Akteure seitens Behörden, Serviceanbietern und Lieferanten. Diese Standardisierung hat angesichts des Umstands, dass wesentliche Technologietreiber wie beispielsweise die Automobilindustrie ausserhalb der Schweiz vorzufinden sind, in der Schweiz in Abstimmung mit den Bestrebungen in Europa und dem Rest der Welt zu erfolgen. Dabei gilt es zu erwähnen, dass in der Schweiz zum Beispiel im Bereich der Verkehrssteuerung heute sehr wohl sehr ortsspezifische Anforderungen an die Systeme gestellt werden. Inwieweit dies auch in Zukunft der Fall sein kann und soll, wird sich aus dem Abstimmungsprozess herauskristallisieren. Dieser Standardisierungsprozess soll dabei auch jene Datenquellen bezeichnen, deren Versagen systemkritisch wäre, und Anforderungen bezüglich Redundanzen festhalten.

Sicherstellung der Verkehrssicherheit

Forschungsbedarf besteht zu verschiedenen Themen. Bezüglich der Verkehrssicherheit verspricht man sich enorme Verbesserungspotentiale, doch es scheint gerade auch angesichts des Mischverkehrs nicht abschliessend klar, ob und in welchem Umfang Verbesserungen realistisch sind und welche Voraussetzungen dabei erforderlich wären. Diese Fragen stellen sich nicht nur rein fahrzeugbezogen, sondern auch oder gerade unter Berücksichtigung des Gesamtsystems. Es erscheint zielführend, im Sinne einer detaillierten Auslegeordnung die für die Verkehrssicherheit relevanten Aspekte angesichts verschiedener Datenverfügbarkeiten zu evaluieren.

Datensicherheit

Im Kontext zum Datensicherheit empfiehlt sich eine forschungsbasierte Auslotung der Potentiale dichotomer Datensystem-Architekturen. Ein solches System könnte Behörden und Dritte unabhängig und auf die spezifischen Bedürfnisse ausgerichtet Zugang zu den beidseits nutzenstiftenden Daten verschaffen. In Ergänzung dazu erscheint auch eine vertiefte Auslegeordnung zu den technischen Datenschutz-Methoden angezeigt, im Rahmen derer auch technische Optionen zu Nutzer-Logins geprüft werden könnten (z. B. Dummy-User-Logins mit entsprechendem Schlüssel, der nur einem bestimmten Akteurkreis bekannt ist).

Intermodalität

Einen weiteren Forschungsbereich stellt der Aspekt der intermodalen Anschlusssicherung dar. Hierbei geht es um Fragen nach den Potentialen und Grenzen, technischen Lösungsansätzen angesichts des Mischverkehrs wie auch deren Integration in ein umfassendes, intermodales MaaS-System.

Integrales Verkehrsmanagement

Einen grossen Forschungsschwerpunkt stellt das Steuern und Managen des AF-Verkehrs aus Gesamtperspektive und aus Optik einer Verkehrsmanagement-Zentrale dar. Wenngleich diesbezüglich relevante Aspekte zum Umgang mit Daten identifiziert sind und auf den ersten konzeptionellen Blick hierzu grundsätzlich Klarheit über die Mechanismen besteht, so geht aus diesen Erkenntnissen eine Vielzahl an Fragen hervor, die entsprechenden Forschungsbedarf nach sich zieht: Welche Funktionalitäten sollen durch die Verkehrsmanagement-Zentrale abgedeckt werden? Wie lassen sich die verschiedenen operativen Datenmodelle und -prozesse aus Gesamtsicht einbinden und abstimmen? Wie kann Systeminstabilitäten als Folge verschiedener, sich funktional konkurrierender Navigationssysteme und Flottenoptimierungsapplikationen und damit verbundenem unkoordiniertem Zusammenwirken verschiedener Optimierungsprozesse begegnet werden? Welche Optimierungsoptionen entstehen aus der Interaktion zwischen Nutzer und Service-Anbietern und welches Potential bieten diese aus der Gesamtperspektive? Im Hinblick auf die Beantwortung dieser Fragen gilt es etwa, vertiefte Erkenntnisse aus virtuellen und zu einem späteren Zeitpunkt auch realen Tests zu gewinnen. Analoges kann auch in Bezug auf die unterschiedlichen Territorialinteressen erfolgen. Auf der Basis solcher Erkenntnisse lassen sich die einzelnen Kompetenzen und Werkzeuge im AF-Ökosystem besser zuordnen und regeln. Ein Vorschlag hierzu könnte dann wie folgt aussehen: Die Zielwahl erfolgt durch die privaten Verkehrsteilnehmenden, die Verteilung der Freigebezeiten an Knoten durch die Behörden, die Routenwahl in Abstimmung mit den Freigabezeiten und Fahrgeschwindigkeit durch Behörden, Flottenbetreiber und Serviceanbieter gemeinsam im Rahmen einer akteurübergreifenden Verkehrsleitzentrale. Ungeachtet dessen muss die Realisierung des automatisierten Fahrens in der Schweiz zwingend als Teil eines übergeordneten organisatorisch-funktionalen transnationalen Netzwerks erfolgen. Entsprechend bedeutungsvoll sind die Abstimmung und die proaktive Teilnahme in den entsprechenden europäischen und internationalen Gremien.

Eine Übersicht über alle technischen Handlungsempfehlungen ist der *Tab. 11* zu entnehmen.

***Tab. 11** Übersicht über die technischen Handlungsempfehlungen*

Aktionsfeld	Subaktionsfeld	Massnahme
Funktionstüchtigkeit	Zeitsynchronizität	Wahrung und Ausbau technischer Voraussetzungen Erwirkung im Rahmen der öffentlichen Beschaffung Beeinflussung Marktumfeld und Marktmechanismen
	Ortungsgenauigkeit	Massnahmenkonzeption bei Planung, Realisierung und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur Ergänzung um die satellitengestützte Lokalisierung unterstützende Technologien Abwendung von Störrisiken
	Systemsicherheit	Identifikation der Systemkomponenten mit Echtzeitanforderung Ableitung technischer Anforderungskatalog an Systemkomponenten als Voraussetzung für Verkehrssicherheit
	Qualitätssicherung Datenqualität	Forschung bezüglich • Umgang mit ungünstigen Umfeldbedingungen • Klassifizierungsmethodik • Risikoabfederung angesichts fehlerhafter Detektion oder Ausfällen • erforderliche Redundanzen und Rückfallebenen • erforderliche Datenqualität
Datenzugang		Mitwirkung in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien und in internationalen Forschungsprojekten zur Gestaltung und Koordination der Datenzugänge

***Tab. 11** Übersicht über die technischen Handlungsempfehlungen (Fortsetzung)*

Aktionsfeld	Subaktionsfeld	Massnahme
ICT-Systemanforderungen	Kapazitätssicherung	Auslotung der Aspekte • Umgang mit grossen Datenmengen • Rechenleistung • Speicherkapazitäten • Cloud-Lösungen
	Cybersecurity	Klärung des Umgangs mit marktbeherrschenden Konzernen im Bereich Clouds und Gadgets Sicherstellung Datenintegrität auf Fremdsystemen
Qualitätssicherung		Definition von Mindestanforderungen bezüglich Güte und Verlässlichkeit Standardisierung bei Erhalt Systemoffenheit als Basis für Wettbewerb und Innovation Systematischer Einbezug aller Systemstakeholder
Anforderungen punkto Verkehrssicherheit		Identifikation kritischer Systemkomponenten insb. in Mischverkehrsszenario
Datensicherheit		Forschung zur Auslotung der Potentiale dichotomer Datensystem-Architekturen Vertiefung der technischen Datenschutz-Methoden Laufende Nachführung implementierter Datenschutz-Standards
Intermodalität / MaaS		Forschung zur intermodalen Anschlusssicherung: • Potentiale und Grenzen • technische Lösungsansätze bezüglich Mischverkehr • Integration in umfassendes, intermodales MaaS-System
Integrales Verkehrsmanagement		Forschung bezüglich Steuern und Managen des AF-Verkehr: • Klärung der Funktionalitäten und Zuständigkeiten • Einbindung und Abstimmung verschiedener Datenmodelle und -prozesse • Vermeidung von Systeminstabilitäten infolge Navigationsdienste • Identifikation der Optimierungsoptionen infolge Interaktion Nutzer und Service-Anbieter Proaktive Teilnahme in entsprechenden europäischen und internationalen Gremien

8.4.2 Regulatorische Handlungsempfehlungen

Funktionstüchtigkeit

Ein uneingeschränkter Zugang zur exakten Zeit und auch zur Ortungstechnologie ist unabdingbare Voraussetzung für ein funktionierendes und sicheres AF-Ökosystem. Die hierzu erforderlichen staatsvertraglichen Grundlagen sind aufrecht zu erhalten bzw. zu schaffen. Insbesondere ein Zugang zu hochgenauer Lokalisierungstechnik ist im Bedarfsfall anzustreben und nach Möglichkeit nicht sicherheitspolitischen Aktivitäten zu ermöglichen. Die Schweiz soll sich diesbezüglich in den relevanten europäischen und internationalen Gremien einbringen. Darüber hinaus kann sie über die Bildungs- und Wirtschaftspolitik auf entsprechende Rahmenbedingungen, die hochqualitative Produkte in diesem Bereich begünstigen, hinwirken.

Sicherstellung des Datenzugangs

Wie schon in Bezug auf die technischen Aspekte erläutert, erscheint auch in regulatorischer Hinsicht eine aktive Mitwirkung der Schweiz in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien unabdingbar. Zur Sicherstellung der Zugänge zu den strategisch relevanten Daten sind entsprechende vertragliche Regularien insbesondere mit der Automobil- und Fahrzeugindustrie, aber auch mit den Transportunternehmungen auszuarbeiten. Letzteres ist über die entsprechenden Verbände anzugehen. Auch ein gezielter Appell an die involvierte Industrie und die Verantwortung für gemeinschaftliche Werte ist in Betracht zu ziehen. Sollte der kooperative Weg nicht fruchten, ist die gesetzliche Einführung eines entgeltlich gestalteten Datenzugangsrecht für spezifische

Daten in Betracht zu ziehen. Mit Bezug auf das automatisierte Fahren besteht kein Anlass, ein Dateneigentum einzuführen (Dokic et al. 2015, Allonso Raposo et al. 2017).

Funktionstüchtigkeit und Qualitätssicherung

Aus aktueller Sicht erscheint es empfehlenswert, ein oder mehrere staatliche oder staatlich autorisierte Aufsichtsgremien im Bereich des Zugangs zu und des Umgangs mit Daten wie auch im Bereich von KI und ML und damit verbundener Fahrzeugzulassung einzusetzen. Die Entwicklungen in diesen Bereichen sind von einer derartigen Dynamik geprägt, dass allzu statische Regelwerke überfordert sein dürften und daher eher auf Fachexpertise abgestützte Begleitprozesse angesagt wären. Ein einmaliger Test beim Markteintritt des Fahrzeugs reicht nicht aus, vielmehr braucht es hierzu ein periodisch und Upgrade-abhängiges Prüfverfahren, das auch angesichts der Entwicklungen in den Bereichen der KI und des ML eine robuste Beurteilung der Fahrzeugtauglichkeit ermöglicht. Dabei ist es zielführend, auch auf multinationale Gremien zu setzen. In Bezug zum Umgang mit Daten könnte ein solches Gremium etwa eine zertifizierende Funktion im Hinblick auf Datenmodelle und -qualitäten wahrnehmen, indem es einen transparenten Einblick in die Datenmodelle erhält, nicht aber die Allgemeinheit. Die Beurteilung der Datengüte müsste dabei auf eine ebenso unabhängige Methodik (z. B. ein Set zu definierender Schlüsselkenngrössen (Key Performance Indicators KPI) abstützen.

Auch wenn aus Gründen der Interoperabilität und des grenzüberschreitenden Fahrzeugverkehrs die technischen Parameter von Datensteuersystemen im automatisierten Fahren grundsätzlich kompatibel mit denen der EU sein müssen, sind Vorgaben zu Schnittstellenparametern, Mindeststandards und weitere Randbedingungen auf Ebene Bund notwendig.

Datenprozessmanagement

Im Sinne einer Governance zum Umgang mit Algorithmen ist ein behördliches Regelwerk zu erarbeiten, das Ansprüche und Erfordernisse an Prozesse der Datenverarbeitung festlegt. Zentral sind hierbei folgende Fragen: Welchen zwingenden Anforderungen haben Datenprozesse im AF-Ökosystem zu genügen? Was dürfen oder müssen sie leisten, und was nicht? Darüber hinaus geht es hierbei auch um die Fragen, bei welchen Kategorien von Datenzugängen eine Normierung sinnvoll und vorzuschreiben ist und wie Schnittstellen und Zugangspunkte auszugestalten sind, auf dass geeignete Datenanbindungen und Integration von Funktionen und Angeboten des automatisierten Fahrens zu und in Mobilitäts- und Serviceangebotswelten unkompliziert erfolgen können. Die Normierung ist dabei so umzusetzen, dass technische Weiterentwicklungen durch die Normierung nicht behindert werden, sondern aufgenommen und abgebildet werden können. Bei insbesondere missbrauchskritischen Datenräumen ist abzugrenzen, welche offen sein sollen und welche geschützt werden müssen, und dies für wen und zu welchem Grad. Zugriffsmöglichkeiten und Zugriffsrechte sind entsprechend anzupassen und auszuformulieren.

Digitale Verkehrsregeln

Aus heutiger Sicht ist es nicht klar, ob und wie Verkehrsregeln und damit verbundene Datensätze und -eingriffe ins AF-Ökosystem einfliessen sollen und können. Was aus technischer Sicht grundsätzlich machbar sein sollte, fördert in regulatorischer Hinsicht doch einige Fragen zutage. Geben die Verkehrsregeln den Rahmen vor, in dem sich automatisiertes Fahren bewegen muss? Dürfen Regeln auch verletzt werden? Soll die Vorgabe der Regeln gleich mit dem Steuern des Systems einhergehen? Aus Sicht der Behörden ist es zentral, auf diese Themen vorbereitet zu sein. Darüber hinaus stellen sich auch aus Optik des Gesamtsystems und einer damit verbundenen Verkehrsmanagement-Zentrale diverse regulatorische Fragen. Entsprechende Forschung kann hierzu die Grundlagen bereitstellen.

Öffentliches Beschaffungswesen

Gemäss Art. 83 Abs. 1 BV sorgen Bund und Kantone für eine ausreichende Strasseninfrastruktur in allen Landesgegenden. Die Errichtung der Strasseninfrastruktur ist eine Staatsaufgabe, was die entsprechend anfallenden Daten unter ein faktisches staatliches Monopol stellen. Die Erfüllung der staatlichen Aufgabe können die Behörden selbst wahrnehmen oder sie können diese auf öffentliche, private oder gemischte Trägerschaften übertragen (siehe Art. 83 Abs. 2 BV). Insoweit haben die Behörden zu klären, inwieweit der Staat die Datenbewirtschaftung und insbesondere den Betrieb von Services in Eigenleistung erbringen soll und inwieweit im Rahmen des öffentlichen Beschaffungswesens dafür Dritte beigezogen werden sollen. Dort, wo kein faktisches Monopol besteht, ist zu fragen, ob für Teilbereiche des Datenumgangs allenfalls ein rechtliches Monopol zu errichten sei oder ob der Datenumgang allein dem Markt zu überlassen sei. Dabei ist das staatliche Handeln insbesondere danach auszurichten, dass innovativen und nutzenstiftenden Ansätzen im Bereich C-ITS und automatisiertes Fahren (Stichworte Eignungskriterien, Referenzen etc.) noch verstärkt der Weg bereitet werden kann. Innovation bedeutet nämlich auch Neuartigkeit der Ansätze, so dass z. B. geforderte Nachweise von Eignung und Referenzen durch die Anbieter eben nicht oder nur indirekt erbracht werden können. Auch gilt es zu beachten, dass Verkehrslösungen vermehrt vernetzter Natur sind und sein müssen, während ein ausschreibendes Amt vielfach ein einzelnes Thema abdeckt, nicht aber eine Vernetzung verschiedener relevanter Themen.

Planungsprozesse

In planerischer Hinsicht erscheint es angezeigt und zumindest prüfenswert, die Infrastrukturplanung in die vorhandenen Planungsinstrumente zu integrieren. Der mit dem AF-Ökosystem einhergehende Bedarf an ICT-Systemen bedingt die Errichtung entsprechender Anlagen, was wiederum mit entsprechenden Flächen einhergeht. Durch die Berücksichtigung in den Planungsinstrumenten lässt sich der Bedarf an dieser Infrastruktur und mithin der daraus hervorgehenden Daten auch mittel- bis langfristig sichern.

Intermodalität

Vor dem Hintergrund der Förderung multi- und intermodaler Verkehrsangebote und damit verbundener MaaS-Angebote sind Übergänge zwischen verschiedenen Modi von nicht zu vernachlässigender Bedeutung. Die Potentiale zur regulativen Attraktivitätssteigerung von Übergängen sind dementsprechend auszuloten.

Abstimmung Personen- und Güterverkehr

Der automatisierte Logistikbetrieb kann umso effizienter auf der gleichen Infrastruktur wie der Passagierbetrieb abgewickelt werden, wenn eine möglichst breite Verfügbarkeit der entsprechenden Schnittstellen wie durch Datenübertrag steuerbare Umschlaganlagen und Portale vorhanden ist. In diesem Sinne sollte eine staatliche Anreizsetzung einerseits eine grundlegende Standardisierung sowohl der Datenschnittstellen wie der physischen Schnittstellen sicherstellen. Nicht zuletzt können so Arbeitsstellen, die tendenziell den Bereichen der körperlich belastenden, verkehrsexponierten und häufig prekären Arbeit zuzuordnen sind, aufgehoben und durch höher qualifizierte Aufsichts- und Koordinationsfunktionen übernommen werden.

Datensicherheit

Es empfiehlt sich, die Handhabe mit Daten, welche im Rahmen des automatisierten Fahrens generiert werden, grundsätzlich auf die Konformität mit dem Datenschutzrecht auszurichten. Aus datenschutzrechtlicher Sicht sind möglichst wenige Personendaten zu bearbeiten (Datensparsamkeit) und Daten möglichst schnell zu aggregieren, damit kein Personenbezug mehr hergestellt werden kann (Datenanonymisierung). Datensysteme,

welche den Fahrer oder Halter eines Fahrzeuges identifizieren, sind getrennt von Daten zu führen, welche die reine Fahrfunktion sicherstellen.

Soweit staatliche Organe Personendaten bearbeiten (und insbesondere wenn sie eine Datenbank betreiben), braucht es dafür eine gesetzliche Grundlage (für den Bund: Art. 17 Abs. 1 DSG). Soweit Private Daten bearbeiten, bedarf es eines Rechtfertigungsgrundes (Art. 13 DSG). Wenn Daten zwingend für die Funktionsweise des automatisierten Fahrens benötigt werden, könnte sich der Private auf das öffentliche Interesse als Rechtfertigungsgrund berufen. Da das öffentliche Interesse aber ein wenig spezifischer Rechtsfertigungsgrund ist, empfiehlt es sich, entweder in Artikel 13 DSG einen spezifisch auf das automatisierte Fahren zugeschnitten Rechtfertigungsgrund zu formulieren oder aber eine eigene entsprechende gesetzliche Grundlage zu schaffen, welche eine Datenbearbeitung durch Private zulässt. Für Datenbearbeitungen, welche für die Fahrfunktion nicht zwingend notwendig sind, ist auf die bestehende gesetzliche Regelung zu verweisen, welche etwa Datenbearbeitungen mit der Einwilligung der Betroffenen oder im Zusammenhang mit der Abwicklung eines Vertrags als Rechtsfertigungsgründe zulässt. Hier ist etwa an Versicherungsmodelle wie «pay as you drive» oder auch Komfortnutzungen wie Angaben zu Werkstätten oder Restaurants in der Nähe des Fahrzeugs zu denken.

Eine prominente Stellung muss das Thema Datensicherheit einnehmen. Es sind allenfalls im Fahrzeug getrennte Datenstrukturen zu führen, eine für die Fahrfunktionen und eine andere für die Komfortnutzungen (dichotome Datenarchitektur).

Offen ist auch die Frage, inwieweit die aufgezeichneten Daten für Straf- und Zivilprozesse verwendet werden dürfen oder müssen. Daten dienen der Wahrheitsfindung etwa in Schuldfragen bei Unfällen, aber auch bei der Überprüfung von Alibis. Der Zweck der prozessualen Wahrheitsfindung würde für eine intensive und weit zurückreichende Datenaufzeichnung und grosszügige Einsichtsrechte der Behörden sprechen. Dies steht aber der Forderung des Datenschutzes, welche den gläsernen Menschen gerade verhindern will, diametral entgegen. Dieses Spannungsfeld ist sinnvoll aufzulösen.

In der nachfolgenden *Tab. 12* sind die einzelnen Handlungsempfehlungen im Überblick aufgeführt.

***Tab. 12** Übersicht über die regulatorischen Handlungsempfehlungen*

Aktionsfeld	**Subaktionsfeld**	**Massnahme**
Funktionstüchtigkeit	Zeitsynchronizität	Sicherstellung staatsvertraglicher Grundlagen Aktive Koordination mit ausländischen Partnern
	Ortungsgenauigkeit	Sicherstellung staatsvertraglicher Grundlagen
	System-/ Fahrzeugsicherheit	Aufsichtsgremiums zu KI und ML im Kontext zur Fahrzeugzulassung periodische, software-upgrade-abhängige Prüfverfahren
Datenzugang		Mitwirkung in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien Ausarbeitung von Regulatorien mit der Automobil- und Fahrzeugindustrie, Transportunternehmungen etc. Vertiefte Prüfung der Option zur Einführung eines Datenzugangsrechts zur Zulassung von Datenbearbeitung.
Qualitätssicherung		Etablierung eines Aufsichtsgremiums mit zertifizierender Funktion im Hinblick auf Datenmodelle und -qualitäten Definition von KPIs Laufendes Monitoring und dynamische Anpassung an technologische Evolution
Datenprozess-management	Regulierung von Algorithmen	Regulierung und Aufsicht über die KI-gesteuerte Weiterentwicklung von Algorithmen
Digitale Verkehrsregeln		Forschung zu den Fragen: • Gibt es im AF-Ökosystem Verkehrsregeln? • Sind diese digitaler Natur? • Dürfen diese verletzt werden? • Darf und soll eine Vorgabe von Regeln mit dem Steuern des Systems einhergehen?

***Tab. 12** Übersicht über die regulatorischen Handlungsempfehlungen (Fortsetzung)*

Aktionsfeld	Subaktionsfeld	Massnahme
Öffentliches Beschaffungswesen		Begründetes Agieren der Behörden durch Eigenleistungen, Einholen von Drittleistungen und Verzicht auf eigene Aktion Innovationsfördernde Ausgestaltung der Eignungs- und Zuschlagskriterien Gestaltung der Ausschreibung adäquat zur themen-vernetzten Natur des gesuchten Angebots
Planungsprozesse		Koordination und Einbindung der ICT-Infrastrukturplanung in vorhandene Planungsprozesse
Intermodalität		Gezielte Ermöglichung von MaaS und datenintegrierten Angeboten inklusive Übergänge
Abstimmung Personen- und Güterverkehr		Schaffung von Verbindlichkeiten bezüglich Schnittstellen zur Koordination und parallelen Optimierung von Pax- und Cargologistik Fokus auf effiziente Bespielung gemeinsam genutzter Infrastruktur
Datensicherheit		Grundsätzliche Ausrichtung des Umgangs mit Daten auf die Konformität mit dem Datenschutzrecht: • möglichst wenige Daten bearbeiten (Datensparsamkeit) • möglichst rasche Aggregation der Daten (Datenanonymisierung) • möglichst klare Trennung von Datensystemen zur Identifikation von Personen (z. B. Fahrzeuglenker) und zur Ausübung der sonstigen Systemfunktionalitäten (z. B. Fahrfunktion) • Datenschutz versus Herausgabe von AF-Daten zur prozessualen Wahrheitsfindung (Straf- und Zivilrecht)

8.4.3 Finanzielle Handlungsempfehlungen

Kooperative Finanzierungsmodelle

Ein Engagement des privaten Sektors ist insbesondere beim Aufbau und Betrieb der Datensensorik und der Datennetze unumgänglich. Für die Umsetzung kommen Zusammenarbeitsformen wie PPPs infrage, bei denen durch die günstigeren Kapitalkosten für staatliche Aufgabenträger ein Kostenvorteil entstehen kann. In einzelnen Fällen können auch Public Finance Initiatives (PFI) zweckmässig sein, bei denen eine teilweise oder volle Auslagerung von Risiken öffentlicher Infrastrukturprojekte an den privaten Sektor erfolgt. Aus mittel- und langfristiger Perspektive ist die Anwendung von Design-Build-Finance-Operate (DBFO)-Modellen denkbar, bei denen der private Sektor eine Infrastruktur finanziert und anschliessend betreibt, wobei die Nutzung gegen eine Gebühr erfolgt, aus der die Planungs-, Finanzierungs-, Erstellungs- und Betriebskosten gedeckt werden. Im Umgang mit Daten lassen sich hier weitgehend linear Modelle und Erfahrungen aus dem Mobilfunk übertragen.

Datenbasierte Geschäftsmodelle

Generell sind Themen wie zunehmende Marktmacht und somit Monopolstellungen von grossen Tech-Unternehmen und Kontrolle der Zugänge zu Daten sowie Durchsetzung von Standards zur Datensicherung und -verarbeitung wichtige Aspekte für die Entwicklung und, soweit gesetzlich vorgesehen, Genehmigung datenbasierter Geschäftsmodelle. Es braucht schweizweit oder gar europaweit einheitliche, konkrete Regelungen zum Umgang mit Daten in AF-Ökosystemen. Kommunen kommt hierbei eine führende Rolle bei der Genehmigung neuer datenbasierter Mobilitätsdienstleistungen zu. Wie bereits in Absatz 5.2.1 aufgeführt, können diesbezüglich exemplarisch die Erfahrungen und die Lernkurve öffentlicher Körperschaften im Umgang mit Ride-Hailing-Diensten in den USA und die getroffenen Massnahmen rund um die Formulierung eines Anforderungskatalogs durch Kommunen als Basis für eine Konzessionierung neuer Transportdienste herangezogen werden.

Zudem ist für die Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle die Datensicherheit, d. h. ein ausreichender Schutz der Privatsphäre bei der Datenerhebung und -verarbeitung, ein wesentlicher Aspekt. Zwar eröffnet das vernetzte und automatisierte Fahren den Automobilherstellern attraktive neue Geschäftschancen, in punkto Sicherheit birgt es allerdings auch etliche Herausforderungen, die es zu bewältigen gibt. Diese umfassen beispielsweise den Schutz personenbezogener Daten und die Sicherheit vor Angriffen von aussen beispielsweise durch Hacker, die die Steuerung der Bremsen oder anderer relevanter Systeme manipulieren könnten.

Erst die Beseitigung der beschriebenen Hemmnisse wird eine verlässliche Basis für die Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle rund um AF-Dienstleistungen schaffen. Dabei ist darauf zu achten, dass ein fairer Ausgleich (Level Playing Field) zwischen den unterschiedlichen Mobilitätsformen gewahrt bleibt und Rebound-Effekte möglichst minimiert werden.

Im Hinblick auf datenbasierte Geschäftsmodelle sind aus Schweizerischer Sicht die Steuerimpulse so zu setzen, dass die grundsätzliche, systemtragende und raumprägende Erschliessungsrolle der Infrastruktur des Öffentlichen Verkehrs gestützt und nicht etwa mit monetären Anreizen konkurrenziert wird (UVEK 2017, Bundesrat 2018). So wäre z. B eine Atomisierung von Transporten, bei der Nachfrage gezielt von grossen Gefässen auf kleine Gefässe umgelegt wird, ein Pseudowettbewerb, der durch seine externalisierten Kosten unnachhaltig würde.

Andererseits schaffen neue digitale Angebote, welche die Attraktivität eines zum ÖV komplementären AF-Systems steigern und damit sowohl neue Angebotsformen – etwa im Freizeitverkehr, wo liniengebundene ÖV-Angebote aktuell oft Schwächen aufweisen, die letztlich privaten Autobesitz fördern (Mückenberger, Timpf 2008) – bieten können wie auch neue Kundenkreise erschliessen, für die z. B. das Komfort-Ökosystem des eigenen Autos die Referenz bildet, gezielt Mehrwerte für die Nutzer. Die Einrichtung klar definierter Schnittstellen, wie in Absatz 7.1 skizziert, bildet die Grundvoraussetzung, um Geschäftsmodelle der Digitalwirtschaft aus einem Datenökosystem heraus aufbauen zu können. Insbesondere in den Bereichen von Logistikdaten (Absatz 7.1.6) und Serviceanbieter-Daten (Absatz 7.1.8) können so über die reine Transportleistung hinausgehende Mehrwerte für Kunden und die Gesellschaft als Ganzes geschaffen werden (SECO 2018).

Innovationsförderung

Die Innovationsförderung ist angesichts des hohen Grads an Vernetzung und Komplexität ein wesentlicher Einflussfaktor im Hinblick auf die Gestaltung eines nachhaltigen AF-Ökosystems. Es ist letztlich unmöglich, neue Technologien und Methoden im Bereich des automatisierten Fahrens und der C-ITS einzig im Labor auszutesten und dann gleich für den Ernstfall in Betrieb zu nehmen. Vielmehr braucht es hierfür eine Kultur des Austestens, wobei es die Zusammenarbeit der Behörden mit der Industrie und der Wirtschaft benötigt. Aus dieser Zusammenarbeit dürfte nicht zuletzt auch ein verstärktes Bewusstsein für die Notwendigkeit des gegenseitigen Datenaustauschs hervorgehen. Der Bund soll in Interaktion mit den Kantonen und Gemeinden ein diesbezügliches Innovationskonzept ausarbeiten. Gegebenenfalls bietet hierfür die angestrebte Kandidatur der Schweiz für den ITS-Weltkongress eine wertvolle Gelegenheit, die Innovation nicht nur zu ermöglichen, sondern auch sichtbar zu machen.

Sicherstellung des Datenzugangs

Im Bereich der Datenzugänge und des Datenaustauschs erscheint es zielführend, die Möglichkeit, den Datenzugang zu entgelten, gezielt auszuloten. Daten von Service-Anbietern stellen trotz allfälliger nicht vollständiger Transparenz über die Datenmodelle eine wertvolle Grundlage für verschiedene Zwecke dar. Die Geschäftsmodelle der Anbieter sollten dabei nicht unterwandert werden, da sich das Sammeln und Aufbereiten für die Service-Anbieter nicht mehr lohnen und die Daten damit verschwinden würden. Mitunter könnte das Bezahlmodell gar ein Ansatz sein, womit beispielsweise der Automobil- und Fahrzeugindustrie eine Herausgabe der Daten schmackhaft gemacht

werden könnte. Die Kosten würden zunächst bei der Behörde anfallen, könnten aber entweder über die Steuern oder auch über ein fahrleistungsabhängiges Pricing z. B. im Rahmen des Mobility Pricings auf die Nutzer abgewälzt werden. Im Sinne eines letzten Auswegs ist für spezifische Daten die Einführung eines entgeltlich zu gestaltenden Datenzugangsrechts in Betracht zu ziehen.

Systemeffizienz Personen- und Güterverkehr

Im Hinblick auf Effizienzgewinne, die der Gesellschaft in Form negativer externalisierter Kosten zugutekommen, ist eine mit dem Passagiertransport durch automatisierte Fahrzeuge eng verzahnte Abwicklung von Logistikprozessen vorzusehen und gegebenenfalls durch Erleichterung von Infrastrukturmassnahmen mit Investitionsanreizen zu belegen. Die durch die Senkung der Transportkosten auf der letzten Meile und automatisierte, datenbasierte Übergaben entstehenden Kostensenkungen kommen letztlich Verbrauchern und damit grossen Teilen der Bevölkerung zugute.

Nachfolgende *Tab. 13* zeigt die finanziellen Handlungsempfehlungen im Überblick.

***Tab. 13** Übersicht über die finanziellen Handlungsempfehlungen*

Aktionsfeld	**Massnahme**
Kooperative Finanzierungsmodelle	Festlegung des Rahmens für Engagement des privaten Sektors bei Sensorik, Netzaufbau und -betrieb Situative Wahl von PPP, PFI, DBMO-Modellen
Datenbasierte Geschäftsmodelle	Sicherung und Steigerung der Güte und des Werts von Daten für nachhaltige Geschäftsmodelle letztlich durch technische (Cybersecurity) und regulatorische Massnahmen (Datenzugangsrecht)
Innovationsförderung	Ausarbeitung eines Innovationskonzepts durch den Bund in Interaktion mit Kantonen und Gemeinden Schaffung einer Kultur des Austestens Förderung der Zusammenarbeit zwischen Behörden, Wissenschaft und Industrie
Datenzugang	Berücksichtigung bestehender Geschäfts- und Preismodelle bei einer allfälligen Etablierung eines Datenzugangsrechts
Systemeffizienz Personen- und Güterverkehr	Enge Verzahnung der Logistikprozesse mit Passagiertransporten Senkung der Transportkosten auf der letzten Meile Anstreben systemweiter Kostensenkung durch iterative Effizienzsteigerung

9 Synthese

Die in Absatz 8.4 vorgeschlagenen und ausgeführten Handlungsempfehlungen werden nun im Stile einer abschliessenden Synthese in ihrer möglichen Wirkung und des damit einhergehenden Nutzens im Lichte der beleuchteten Aspekte und angesichts der Ungewissheit über Art und Intensität der weiteren Entwicklung hin zu (teil-) automatisiertem Fahren bewertet und gewürdigt. Die aus den einzelnen Handlungsempfehlungen hervorgehenden und nachfolgend beleuchteten Aktionsschwerpunkte lassen sich nach folgenden Aspekten klassieren:

- Allen ist gemeinsam, dass sie angesichts des mit dem automatisierten Fahren einhergehenden Handlungsbedarfs formuliert wurden.
- Ein Teil der Massnahmen respektive deren Umsetzung erscheinen mit zunehmender Automatisierung des Fahrens herausfordernder.
- Ein Teil der Massnahmen bedingen einen bestimmten Automatisierungsgrad des Fahrens, ehe sie überhaupt greifen respektive eine Wirkung entfalten können.
- Ein Teil der Massnahmen entfaltet auch dann eine Wirkung respektive folgt auch dann einem Handlungsbedarf, sollte sich das automatisierte Fahren nicht oder nicht im zuweilen erwarteten Mass entwickeln und ausbreiten.
- Die einzelnen Massnahmen haben zuweilen unterschiedliche Wirkung vor dem Hintergrund der Szenarios A und B gemäss TP1, oder aber die Szenarios sind nicht oder nicht unmittelbar von Belange bezüglich der Wirkungen der einzelnen Massnahmen.
- Die einzelnen Massnahmen sind antizipativer, begleitender oder auch reaktiver Natur.

Funktionstüchtigkeit (Zeitsynchronizität / Lokalisierung / Redundanzen)

Die Funktionstüchtigkeit ist ein zentrales Kriterium für ein nutzenstiftendes AF-Ökosystem. Jeder Effizienzgewinn aufgrund der Automatisierung droht zu verpuffen, sollte das System sehr störungsanfällig sein. Das Risiko hierfür steigt mit zunehmender Vernetzung der Fahrzeuge und sonstigen Elementen. Somit bedingt erhöhte Vernetzung ein erhöhtes Mass an Massnahmen zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit. Inwieweit dies auch zu gelingen vermag, ist aus heutiger Sicht schwer zu sagen. Die Chancen hierfür steigen, wenn einzelne Systemelemente möglichst dezentral funktionieren können und im besten Fall auch ohne Vernetzung noch wenigstens in reduzierter Qualität, aber nicht mit reduzierter Verkehrssicherheit operativ sein können. Ansonsten und ohnehin ist es von entsprechender Wichtigkeit, dass nach Möglichkeit ein sekundäres Kommunikationsmedium bei einem Ausfall des Hauptkommunikationsträgers übernehmen kann. Analoges gilt auch für die Sensorik. In Bezug auf die Funktionstüchtigkeit von automatisierten Fahrzeugen und deren Abnahme ist es offensichtlich, dass es aufgrund der hohen Dynamik der Digitalisierung und der Eigenheit von Ansätzen der KI und des ML einer vertieften und unabhängigen Expertise für Zulassungsentscheide bedingt. Dem kann einzig ein entsprechendes Expertengremium nachkommen. Vor dem Hintergrund der Szenarios A und B gemäss TP1 sind keine szenariospezifischen Aspekte ersichtlich. Allfällig initiierte Massnahmen entfalten auch dann einen Nutzen, sollte automatisiertes Fahren nicht oder nicht so schnell verfügbar sein.

Qualitätssicherung

Automatisiertes Fahren bedingt aus heutiger Sicht hochpräzise und verlässliche Daten. Solches lässt sich zum einen mit technologischen Entwicklungen und Massnahmen etwa im Bereich der Sensorik und nachgelagerter Datenauswertung erreichen, zum anderen sind insbesondere angesichts zunehmend vernetzter Systeme aber auch regulatorische Massnahmen erforderlich. Insbesondere im Zusammenwirken von Akteuren der öffentlichen Hand und privaten Akteuren gilt es festzulegen, wie sich angesichts von Businessmodellen trotzdem die für die Qualitätssicherung erforderliche Transparenz

erzeugen lässt. Dies lässt sich aus heutiger Sicht und Einschätzung einzig durch ein entsprechend unabhängiges Gremium erwirken. Mit zunehmender Vernetzung, Automatisierung und verstärktem Einsatz von KI und ML akzentuiert sich dieser Bedarf noch mehr. Initiativen in diese Richtung dürften aber auch ohne umfangreich automatisiertes Fahren wertvoll sein, zumal sich bereits heute diesbezüglicher Bedarf zeigt und die Vernetzung in anderen Digitalisierungsbereichen ähnliche Herausforderungen wie das automatisierte Fahren zu stemmen hat. In Bezug auf die Szenarios A und B lässt sich keine relevante Differenzierung festhalten.

Datenzugang

Ein effizientes AF-Ökosystem und gerade auch automatisiertes Fahren an und für sich bedingt Vernetzung und damit verbunden den Zugang für die verschiedenen Akteure im AF-Ökosystem zu den jeweils relevanten Daten. Insbesondere in Bezug auf Fahrzeugdaten ist dieser Zugang angesichts des hohen Gewichts der Automobilindustrie gerade für die Schweiz nicht im Alleingang zu bewerkstelligen. Vielmehr bedarf es hierzu ein proaktives Mitwirken in den entsprechenden europäischen und internationalen Gremien. Dieses Erfordernis ergibt sich nicht primär aufgrund des automatisierten Fahrens, sondern in erster Linie aufgrund der Vernetzung, die mit C-ITS einhergeht respektive welche die Grundlage für C-ITS darstellt. Da C-ITS im Gegensatz zum automatisierten Fahren bereits in naher Zukunft zur Anwendung gelangen dürfte, sind entsprechende Bestrebungen auch unabhängig zum Grad der Automatisierung von Relevanz. Im Hinblick auf die Szenarios A und B ergeben sich keine unterschiedlichen Ausprägungen.

Datenprozessmanagement / Transparenz

Ein gezielter und nachhaltiger Umgang mit Daten ist angesichts der Digitalisierung und des automatisierten Fahrens von entscheidender Relevanz. Es gilt aber auch zu berücksichtigen, dass es nicht einzig von Bedeutung ist, welche Daten es gibt, sondern auch oder gar noch vielmehr, was mit den Daten gerade auch rechentechnisch geschieht. Letztlich sind es Datenprozesse, welche die Funktionalitäten von digitalen Systemen ausmachen. Daraus geht hervor, dass im Hinblick auf eine effektive und effiziente Funktionalität des AF-Ökosystems den Datenprozessen ein entsprechendes Augenmerk zukommen muss. Eine spezifische Governance für den Umgang mit Algorithmen ist aus heutiger Sicht gerade für automatisiertes Fahren zwingend, dürfte aber ganz generell im Zuge insbesondere KI- und ML-basierter Algorithmen generell von Wert sein (Sander 2019). Hinsichtlich der Szenarios A und B sind keine spezifischen Aspekte festzuhalten.

ICT-Systemanforderungen

Zweifelsohne stellen die möglichen Entwicklungen hin zu automatisiertem Fahren erhöhte Anforderungen an die ICT-Systeme und auch an die Cybersecurity. Auch das Thema der Cybersecurity ist im Zusammenhang mit der Vernetzung und Datenplattformen respektive den dazu erforderlichen Rechenzentren (Clouds) von hoher Relevanz. Dabei zeichnet sich das automatisierte Fahren gerade bezüglich des erforderlichen Umgangs mit sehr grossen Datenmengen und der Erfordernis der Echtzeitfähigkeit aus. Ansonsten sind die vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen auch angesichts der generellen Digitalisierung angezeigt und nutzenstiftend. Hinsichtlich der Szenarios A und B sind mitunter das Datenvolumen und der Grad der Vernetzung bei Szenario B aufgrund der Angebotsformen mit Sharing-charakter etwas höher als bei Szenario A.

Anforderungen punkto Verkehrssicherheit

Die Verkehrssicherheit und deren Förderung erhalten durch das automatisierte Fahren völlig neue Dimensionen. Wenngleich man sich von der Automatisierung des Verkehrs viel für die Verkehrssicherheit verspricht, so stellt gerade der sich abzeichnende Mischverkehr zwischen nicht, teil- und vollautomatisierten Fahrzeugen und Verkehrsteilnehmenden eine zentrale Herausforderung dar. Es ist davon auszugehen,

dass die Digitalisierung hierbei sowohl Anlass als auch zugleich Ansatz für entsprechende Massnahmen zur Förderung der Verkehrssicherheit darstellen wird. Diese hängen im Gegensatz zu anderen Massnahmenbereichen ausschliesslich mit der Automatisierung des Verkehrs zusammen, sodass deren Bedeutung und Dringlichkeit davon abhängt, wie sich die Technologie in dieser Hinsicht auch wirklich entwickelt. Die Thematik ist grundsätzlich unabhängig von Szenario A und B zu sehen.

Datenschutz

Dem Datenschutz kommt in Bezug auf die Digitalisierung und das automatisierte Fahren eine spezielle und auch zentrale Funktion zu: Wenngleich man sich etlichen Nutzen von der Digitalisierung erhofft, so geht diese auch mit einem erhöhten Risiko, dass Daten missbraucht werden, einher. Dem Nutzen der Daten steht somit auch ein potentieller Schaden gegenüber. Der Datenschutz soll hier die optimale Balance herstellen: Grösstmöglicher Nutzen aufgrund der Daten bei zugleich grösstmöglichem Schutz vor einem Missbrauch insbesondere persönlicher Daten. In diese Richtung zielt auch der Vorschlag zur Prüfung eines Datenzugangsrechts. Damit hätte die öffentliche Hand die Option, sich, gegebenenfalls gegen Bezahlung, Zugang zu den zur Wahrnehmung der öffentlichen Interessen relevanten Daten zu erhalten. Gelingt es dabei auch, diesen Zugang auf Basis dichotomer Strukturen ohne Beeinträchtigung des Datenschutzes zu realisieren, wäre eine wertvolle Grundlage für eine auch in rechtlicher Hinsicht sinnvolle Nutzung der mit dem automatisierten Fahren einhergehenden Daten gegeben. Ob sich dabei Szenario A oder B einstellt, ist nicht von Relevanz. Auch ist der Nutzen, der aus den genannten Handlungsansätzen resultieren dürfte, auch dann gegeben, sollte automatisiertes Fahren nicht oder nicht in absehbare Zeit Realität werden.

Intermodalität / MaaS

Eine attraktive Intermodalität im Sinne von Mobility as a Service setzt letztlich einen hohen Grad der Digitalisierung und der Automatisierung voraus. Gerade die betriebliche Integration der Verkehrsträger des Strassenraums baut auf eine entsprechende Steuerbarkeit dieser Verkehrsträger. Während dies im Bahnverkehr bereits heute über weite Strecken aufgrund der autarken Charakteristik des Systems möglich ist, kann solches im Strassenraum ohne einen bestimmten Grad der Digitalisierung und Automatisierung nicht oder nur in Ansätzen realisiert werden. Gerade die Idee einer intermodalen Anschlusssicherung bedingt die Eingriffsmöglichkeit in die Betriebslage der tangierten Verkehrsmittel. Diesbezüglich dürfte eine Entwicklung gemäss Szenario B aufgrund des vergleichsweise hohen Anteils an Flottenbetreibern gegenüber dem Szenario A mit individueller ausgerichteter Natur des Verkehrs im Vorteil sein.

Integrales Verkehrsmanagement (Funktionalitäten / Kompetenzen / Qualitätssicherung)

Ein integrales Verkehrsmanagement ist per se nichts Neues. Im Zuge der Digitalisierung und der daraus hervorgehenden Vernetzung und Automatisierung erhält ein integrales Verkehrsmanagement aber neue Dimensionen: Aufgrund der Vernetzung können die einzelnen Verkehrsteilnehmenden, Verkehrsmittel und Fahrzeuge besser miteinander interagieren. Und mit der Automatisierung entstehen grundsätzlich zusätzliche Möglichkeiten, das AF-Ökosystem zu steuern. Natürlich stellt sich dabei auch die Frage, wer wo wann und wie steuern kann und soll. Eine vertiefte Auslotung dieser Fragestellungen und Potentiale ist dabei nicht einzig durch die allfällige Automatisierung motiviert, sondern gerade auch durch die voraussichtlich früher umgesetzte und umsetzbare Vernetzung im Sinne von C-ITS. Die daraus hervorgehenden Erkenntnisse dürften bereits heute Nutzen entfalten, zumal beispielsweise Navigationssysteme heutzutage schon einen wesentlichen Einfluss auf das Verkehrsgeschehen und die Reaktion der Verkehrsteilnehmenden in Abhängigkeit von der Verkehrslage haben. Hingegen sind Erkenntnisse zur Steuerbarkeit des AF-Systems bei hohem Automatisierungsgrad letztlich auch nur bei entsprechender Automatisierung umsetzbar. Im Kontext zu den Szenarios A und B gilt es festzuhalten, dass bei einer erhöhten Anzahl von Flottenbetreibern wie im Falle von Szenario B der Abstimmungsbedarf im Sinne eines integralen Verkehrsmanagements grösser sein dürfte als bei individuell organisierten Fahrzeugen, wohingegen die operative Abstimmung mit den

Flottenbetreibern womöglich einfacher sein dürfte als mit einzelnen Verkehrsteilnehmenden.

Digitale Verkehrsregeln

Die Frage nach digitalen Verkehrsregeln stellt sich ausschliesslich vor dem Hintergrund eines hohen Grads der Automatisierung des Fahrens. Solange der Verkehr noch weitestgehend aufgrund analogen menschlichen Eingreifens und Steuern funktioniert, stellt sich die Frage nach digitalen Verkehrsregeln wenig bis kaum. Eine weitergehende Analyse dieser Thematik ist somit sehr stark auf die Automatisierung ausgerichtet respektive bedingt diese letztlich als Grundlage. Doch gerade etwa die Steuerung der Geschwindigkeit, und sei es einzig die Maximalgeschwindigkeit, könnte aus heutiger Sicht mit hoher Wahrscheinlich bei vernetztem Fahren auch von extern beeinflusst werden. Daher erscheint eine forschungsbasierte Vertiefung dieser Thematik auch trotz ihrer starken Fokussierung auf die Automatisierung zielführend. Ob sich eine Entwicklung nach Szenario A oder B abzeichnen wird, ist dabei nicht von Belang.

Öffentliches Beschaffungswesen (innovativ / thematisch / vernetzt)

Die Bedeutung des Beschaffungswesens im Hinblick auf das automatisierte Fahren ist in der Tat nicht offensichtlich. Umso mehr ist es wichtig, diese auch nicht zu unterschätzen. Das Beschaffungswesen ist letztlich ja genau das Instrument für die Behörde, ein nach ihrem Wunsche gestaltetes Produkt oder eine spezifische Dienstleistung zu beschaffen. Die öffentliche Hand hat hier also die Möglichkeit, die Ausgestaltung dieses Produkts oder dieser Dienstleistung gezielt zu bestimmen. Sie hat es durch die Konzeption und Ausgestaltung der Submission in der Hand, welche Kriterien entscheidend sind und ob etwa Innovationen, die noch nicht auf umfangreiche Referenzen abstützen können, eine Chance haben sollen. Eine Beschaffungspraxis, die Innovationen begünstigt und dabei auch der Vernetzung von Themen gerecht wird, ist somit auch ein Instrument dazu, den öffentlichen Interessen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren wenn nicht direkt, so zumindest indirekt, Nachdruck zu verschaffen. Im Vergleich zu Szenario A ist es durchaus möglich, dass im Falle des Szenarios B etwa der Betrieb von Fahrzeugflotten in Städten von der öffentlichen Hand ausgeschrieben wird und dadurch die Rahmenbedingungen für den Betrieb dieser Flotte explizit vorgegeben werden können.

Planungsprozesse

Eine Auslotung und Berücksichtigung der mit automatisiertem Fahren einhergehenden Anforderungen über den üblichen Planungsprozess von Verkehrsanlagen hinweg kann eigentlich nur von positiver Wirkung sein. Denn nur schon die Diskussion und Bewusstmachung dieser Anforderungen schützt vor Überraschungen, denen dann mitunter nicht mehr oder nicht mehr im erforderlichen Umfang begegnet werden kann. Daher ist eine Prüfung der Möglichkeiten zur Berücksichtigung dieser Thematik im Planungsprozess und den damit verbundenen Instrumenten auch dann von Nutzen, sollte das automatisierte Fahren noch auf sich warten lassen. Dabei sind bestimmt auch Synergien mit Bestrebungen in Richtung Smart City nutzbar. Die Bedeutung und Wirkung einer Berücksichtigung des automatisierten Fahrens im Planungsprozess ist dabei unabhängig von den Szenarios A und B zu sehen.

Kooperative Finanzierungsmodelle

Die mit der fortschreitenden Digitalisierung und mit automatisiertem Fahren einhergehende Vernetzung von Systemen und Akteuren bedingt eine adäquate Zusammenarbeit der verschiedenen involvierten Akteure seitens der Behörden wie auch der Privatwirtschaft. Dies muss sich nicht einzig auf die Funktionalität beschränken, sondern kann auch im Bereich der Finanzierung vernetzte Wege beschreiten. Gelingt es nämlich, mit geeigneten kooperativen Finanzierungsmodellen ein symbiotisches Zusammenwirken und -arbeiten der involvierten Akteure zu erreichen, so ist dies eine zentrale Grundlage für ein technisch, organisatorisch und auch finanziell gut funktionierendes AF-Ökosystem bei zugleich hohem Identifikationsgrad der involvierten

Akteure mit dem System. Beim Szenario B sind im Vergleich zu Szenario A aufgrund der kollektiven und multimodalen Nutzungsformen verstärkt kooperative Finanzierungsmodelle zu erwarten respektive dürften im Umkehrschluss diese die Ausprägung von kollektiven und multimodalen Systemen begünstigen. Der Grad der Automatisierung spielt dabei eine untergeordnete Rolle, wobei der Wegfall der Fahrpersonalkosten bei Vollautomatisierung wiederum ein wesentliches Kriterium zugunsten des Szenarios B darstellt.

Datenbasierte Geschäftsmodelle

Datenbasierte Geschäftsmodelle sind so etwas wie der Gradmesser für die Güte und Zweckmässigkeit der Daten: Nur wenn entsprechende Daten in hoher Güte verlässlich und konform mit dem Datenschutz verfügbar sind, können sich Geschäftsmodelle überhaupt erst etablieren. Gelingt es also, in den Bereichen Datenschutz, Datenzugänge und Funktionstüchtigkeit einen hohen Entwicklungsstand zu erreichen, so sind wesentliche Grundlagen für eine blühende datenbasierte Geschäftsmodelllandschaft geschaffen. Gewiss spielen dabei auch die Präferenzen seitens der Kundschaft eine wesentliche Rolle. Szenario B dürfte sich hierbei günstiger auf die Geschäftsmodelle auswirken, als dies bei Szenario A der Fall wäre. Mit steigender Digitalisierung und Automatisierung dürften auch vielfältigere Ansätze für datenbasierte Geschäftsmodelle einhergehen.

Innovationsförderung

Innovationsförderung ist nicht nur per se wichtig, sondern explizit für den Verkehr und die bevorstehenden Entwicklungen im Bereich der Vernetzung und Automatisierung von entscheidender Bedeutung. Neue Technologien in diesen Bereichen müssen unter realen Bedingungen ausgetestet werden können, was im Verkehr nur unter Mitwirkung der öffentlichen Hand machbar ist. Dabei besteht immer das Risiko, dass sich eine Technologie nach einem entsprechenden Test als unvorteilhaft erweist. Wichtig ist hierbei, dass die Risiken in finanzieller Hinsicht auf mehrere Schultern verteilt werden, damit die Bereitschaft für den Test innovativer Technologien steigt. Innovation ist unabdingbare Voraussetzung für eine zukunftsfähige Entwicklung eines vermehrt digitalisierten Verkehrssystems bis hin zum AF-Ökosystem. Ob sich eher das Szenario A oder das Szenario B einstellt, ist dabei nicht primär von der Innovationsförderung abhängig. Gewiss aber kann mit einer gezielten Innovationsstrategie die Entwicklung in die eine oder andere Richtung begünstigt werden.

Abstimmung Personen- und Güterverkehr

Die mit der Digitalisierung und Automatisierung des Verkehrs einhergehenden Potentiale zur Effizienzsteigerung sollten nicht nur der Intermodalität, sondern auch dem Personen- und Güterverkehr als Bestandteile des AF-Ökosystems zugutekommen. Die mit digitalen Logistikprozessen und -transporten einhergehenden Datengrundlagen bilden in Kombination mit den fahrzeug- und infrastrukturseitigen Datenquellen eine wertvolle Basis, um das aktuelle Bild zum Verkehrsgeschehen zu komplettieren. Die Nutzung der Potentiale zur Effizienzsteigerung dürften in Szenario B aufgrund der kollektiven und multimodalen Nutzungsformen besser nutzbar sein als im Falle von Szenario A. Der insgesamt erzielbare Effizienzgewinn dürfte mit zunehmender Digitalisierung und Automatisierung höher ausfallen.

10 Ausblick

Janette Sadik-Khan, ehemalige leitende Transportbeauftragte der Stadt New York (NYC Transportation Commissioner) und heutige Vorsitzende des US-amerikanischen Verbandes der städtischen Transport-Amtsträger (National Association of City Transportation Officials NACTO) stellte lakonisch fest: "The Autonomous Age is upon us, but most cities really don't even have the network password to log in" (Wired 2018). Der ehemalige Leiter der Taxi and Limousine Commission der Stadt New York und heutige Präsident des Verbandes der Transport-Regulierer (International Association of Transport Regulators IATR), Matthew W. Daus, drückte es gegenüber einem Co-Autor dieses Berichts noch drastischer aus: "Autonomous vehicles are coming, but nobody knows what to do with them [...] we need some forward thinking here" (Daus 2019). Dass beide Zitate aus dem Umfeld der Stadt New York stammen, die früh und intensiv durch neue, datengetriebene Mobilitätsdienste herausgefordert wurde, zeigt exemplarisch nicht nur den Handlungsbedarf, sondern auch das gegenwärtige Fehlen tragfähiger Policy-Ansätze. Umso wichtiger ist es, den hier begonnen Diskurs unter Einbezug aller Akteure weiterzuführen.

Die Schweiz gehört im Bereich der Mobilität aus qualitativen, ökonomischen und nachhaltigen Gesichtspunkten sowie von der Art der Gestaltung des Angebots unter Einbezug aller gesellschaftlichen Anspruchsgruppen zur Weltspitze. Nach dem Willen aller massgeblichen Akteure soll dies so bleiben (Denkfabrik Mobilität 2017, Kühne und Froböse 2013, Stölzle et al. 2015), wobei das Zielbild auch im Zeitalter des automatisierten Fahrens grundsätzlich ein vollintegriertes, abgestimmtes und auf Angeboten und Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs basierendes System bleibt (ARE 2016, UVEK 2017, VÖV 2017). Im Kapitel «Mobilitätsdienstleistungen» des Berichts über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft (Bundesrat 2017) äussert die Regierung die klare Direktive, dass neue Mobilitätsangebote sich grundsätzlich in die bestehende Angebotslandschaft einzufügen haben und die Effizienz des Gesamt-Verkehrssystems verbessern sollen. Diese für CarSharing- und Ride-Hailing-Dienste getroffene Aussage hat sinngemäss auch für automatisiertes Fahren zu gelten, womit ungeachtet der Angebotsformen als privat gehaltene AFs oder Robotaxi-Systeme die grundsätzliche Kompatibilität und Komplementarität zu Massenverkehrssystemen wie Eisenbahnen und hochkapazitiven Busverkehren herzustellen ist.

Ausblickend lässt sich festhalten, dass es für die Schweiz nicht nachteilig sein muss, dass sie über keine Automobilindustrie verfügt und dadurch allenfalls mehr Einfluss auf die internationale Entwicklung des automatisierten Fahrens haben könnte. Im Gegenteil kann sich dies gar als Vorteil erweisen, ist die Schweiz dadurch nicht in einen wirtschaftspolitischen Konflikt hinsichtlich der Arbeitsplatzfrage eingebunden. Dies ermöglicht der Schweiz, sich dem Thema des automatisierten Fahrens mit der notwendigen Distanz widmen zu können. Die hervorragenden Voraussetzungen des heutigen Verkehrssystems der Schweiz, sei dies die hohe Qualität und damit verbundene hohe örtliche und zeitliche Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrs mitsamt der betrieblichen Anlagen und Abläufe, sei dies die robuste Strasseninfrastruktur mit hochqualitativen Betriebs- und Sicherheitsanlagen und weit entwickeltem Verkehrsmanagement, wie auch der international bedeutende Bildungs- und Forschungsstandort und die angesichts des föderalen politischen Systems gegebene Erfahrung im Interessensaustausch zwischen verschiedenen Akteuren stellen für die Schweiz eine grosse Chance dar, in Bezug auf die Gestaltung des automatisierten Fahrens einen gerade auch europäisch und international bedeutenden Beitrag leisten zu können. Diese Chance gilt es zu nutzen.

Anhänge

I Detaillierte Beschreibung der Elemente 153
I.1 Regler (Prozesseinheit) 153
I.2 Sensor 154
I.3 Anzeige (als Gegenstück zum Sensor) 155
I.4 Tastatur/GUI 156
I.5 Kommunikation/Vernetzung inkl. Schnittstellen 157
I.6 Sicherheitselemente 158
I.7 Leserecht 159
I.8 Schreibrecht 160
I.9 Automatisiertes Fahrzeug 161
I.10 Gadget 162
I.11 Fahrzeug – Fahrzeug 163
I.12 Fahrzeug – Fahrzeug – Regler 164
I.13 Fahrzeug – Gadget – Regler 166

I Detaillierte Beschreibung der Elemente

I.1 Regler (Prozesseinheit)

Beschreibung:

- Ein Regler ist ein Element, das regelt, was unter welchen Bedingungen zu einem bestimmten Zeitpunkt geschieht respektive geschehen soll. Es ist somit ein Element, das Entscheidungen vornimmt respektive vornehmen kann.
- In der Summe gegenseitig angeordneter Regler stellt es eine Einheit dar, die Datenprozesse durchzuführen vermag.

Elemente:

Regeleinheit (Hardware plus Software)

Beispiele:

- Einzelne CPU
- Server
- Rechenzentrum
- Datenbank
- Hardware
- Systemsoftware inkl. Version/Updates/Upgrades
- Applikation inkl. Version/Updates/Upgrades

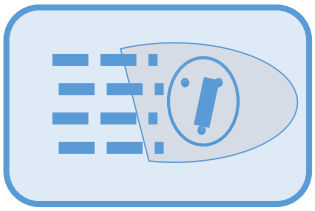
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  situative Grundlage für die Regelung
- Prozesselement:
  Regelungsprozess auf Basis Hardware und Software
- Daten-Output:
  situatives Ergebnis des Regelungsprozesses
- Datenmodell:
  generelle Basis für die Überführung des Inputs in den Prozess und anschliessend in den Output

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  je nach den Bedürfnissen, die mit dem Regelprozess einhergehen; Doppeldeutigkeit des Begriffs: Real-Time vs. Prozessausführung innerhalb eines definierten Zeitrahmens (z. B. 100 ms)
- Ex-post (Statistik):
  je nach den Bedürfnissen, die mit dem Regelprozess einhergehen

I.2 Sensor



Beschreibung:

- Element, das Objekteigenschaften des Umfelds erfasst und in rechentechnische Daten umwandelt

Elemente:

- Erfassungselement (z. B. optische Kamera), das mittels der Erfassungstechnik einen Rohdatensatz generiert
- Regelelement, das den Rohdatensatz sensorspezifisch aufarbeitet

Beispiele:

- (Wärme-)Bildkamera
- Scanner
- Radar
- GPS (Lokalisierung)
- Geschwindigkeitsmesser
- Zähldetektor
- Fahrzeug-/Sitzplatzbelegung
- Immisions-Messgeräte
- Mikrofon
- etc.

Datenaspekte:

- Daten-Input:
  kein eigentlicher rechentechnischer Dateninput, Daten werden ja gerade durch den Sensor erst generiert
- Prozesselement:
  spezifische Verarbeitung des ersten Rohdatensatzes
- Daten-Output:
  verarbeiteter Rohdatensatz
- Datenmodell:
  gemäss den sensorspezifischen Bedürfnissen

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  Datengeneration in Echtzeit (Real-Time), Verwertung des Rohdatensatzes in zeitlicher Hinsicht je nach Bedarf
- Ex-post (Statistik):
  je nach Bedarf

I.3 Anzeige (als Gegenstück zum Sensor)

Beschreibung:

- Element, das Daten und/oder Datenprozesse visualisiert

Elemente:

- Visualisierungselement inkl. Datenzuführung (Schnittstelle)

Beispiele:

- LSA
- WWW
- VID
- VTV

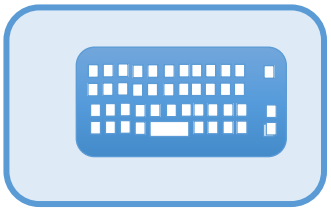
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  Dateninput aus Regelprozess oder Sensor
- Prozesselement:
  Visualisierungsprozess aufgrund des Dateninputs
- Daten-Output:
  kein rechentechnischer Daten-Output, Output erfolgt nicht-digital
- Datenmodell:
  gemäss den visualisierungs-spezifischen Bedürfnissen

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  rechentechnisch Anzeige in Echtzeit (Real-Time), absolut abhängig von Art der Anzeige (z. B. Live-Übertragung am TV)
- Ex-post (Statistik):
  rechentechnisch keine Ex-post-Anzeige, absolut aber sehr wohl möglich (z. B. Film am TV)

I.4 Tastatur/GUI



Beschreibung:

- Element zur Eingabe von Information und deren Umwandlung in rechentechnische Daten

Elemente:

- Erfassungselement (z. B. Tastatur), das mittels der Erfassungstechnik einen Rohdatensatz generiert (vgl. Sensor)
- Regelelement, das den Rohdatensatz auf sensorspezifisch aufarbeitet

Beispiele:

- Tastatur
- Touchscreen
- Mikrofon (Alexa u. ä.)
- Maus

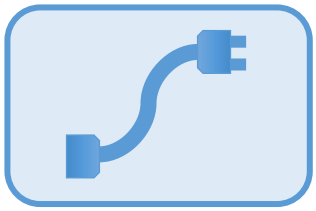
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  kein eigentlicher rechentechnischer Dateninput, Daten werden ja gerade durch die Tastatur/das GUI erst generiert
- Prozesselement:
  spezifische Verarbeitung des eingegebenen ersten Rohdatensatzes
- Daten-Output:
  verarbeiteter Rohdatensatz, Weiterleitung in der Regel an einen Hauptregler
- Datenmodell:
  gemäss den tastaturspezifischen Bedürfnissen

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  Datengeneration in Echtzeit (Real-Time), Verwertung resp. Weiterleitung des Rohdatensatzes in der Regel unmittelbar
- Ex-post (Statistik):
  nicht die Regel, ev. möglich falls Weiterleitung bei Eingabe technisch nicht möglich

I.5 Kommunikation/Vernetzung inkl. Schnittstellen



Beschreibung:

- Element, das auf der maschinellen Ebene den elektronisch-digitalen Austausch von Daten ermöglicht

Elemente:

- Übertragungsmedium (z. B. Kabel, Mobilfunk)
- rechentechnische Übertragungsmethodik
- aussenliegende Anbindung an Nachbarelemente

Beispiele:

- Datenplattformzugänge
- Einbindung von Apps an Datenquellen
- C-ITS und damit einhergehender Datenaustausch unter Fahrzeugen, zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur u. ä.
- Mobilfunk (4G, 5G, etc.)
- Kabel (Kupfer, LWL, etc.)
- Bluetooth
- WLAN
- API
- TCP/IP
- ODP

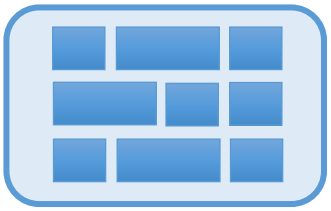
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  Daten-Output des aussenliegenden, angeschlossenen Elements
- Prozesselement:
  Übertragung des Datenpakets gestützt auf die situative Übertragungstechnik
- Daten-Output:
  übertragenes Datenpaket
- Datenmodell:
  gemäss der Übertragungstechnik

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  Datenweiterleitung in der Regel in Echtzeit (Real-Time) mit gegebener System-Latenz
- Ex-post (Statistik):
  nicht die Regel, ev. möglich falls Weiterleitung bei Eingabe technisch nicht möglich

I.6 Sicherheitselemente



Beschreibung:

- Element, das Systemelemente vor unbefugtem Zugriff durch Dritte oder Dritt-Systemelemente (nach Möglichkeit) unterbindet

Elemente:

- Prüfelement gemäss Prinzip (z. B.): "Datenpaket darf nur durch, wenn es bestimmte Eigenschaften erfüllt."

Beispiele:

- Firewall
- Antiviren-Software

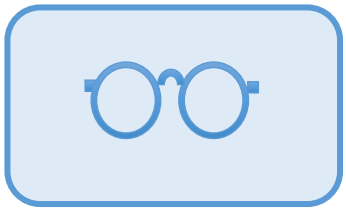
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  zu prüfendes Datenpaket
- Prozesselement:
  Prüf- und/oder Verschlüsselungssoftware
- Daten-Output:
  geprüftes und/oder verschlüsseltes Datenpaket
- Datenmodell:
  gemäss der Prüf- und Verschlüsselungsmethodik

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  Prüfung in der Regel in Echtzeit (Real-Time) mit gegebener System-Latenz
- Ex-post (Statistik):
  nicht die Regel, ev. möglich falls Prüfung bei Anforderung technisch nicht möglich

I.7 Leserecht



Beschreibung:

- Element, welches das rechtmässige Lesen von und somit das Zugreifen auf Daten ermöglicht

Elemente:

- entsprechender Konfigurations-, Prüf- und Zugangsprozess

Beispiele:

- Lese-/Schreibrechtverwaltung auf PC
- Zugänge mittels User-Profil

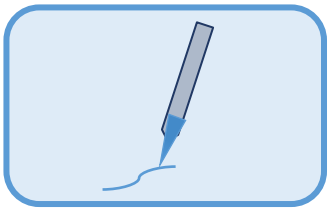
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  Identifikations-Datensatz
- Prozesselement:
  Konfigurations-, Prüf- und Zugangsprozesssoftware
- Daten-Output:
  kein eigentlicher Daten-Output, Ergebnis ist das erlaubte oder verweigerte Leserecht
- Datenmodell:
  gemäss der Konfigurations-, Prüf- und Zugangsprozesssoftware

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  grundsätzlich in Echtzeit (Real-Time)
- Ex-post (Statistik):
  nicht von Relevanz

I.8 Schreibrecht



Beschreibung:

- Element, welches das rechtmässige Schreiben und somit Erzeugen und Verändern von Daten ermöglicht

Elemente:

- entsprechender Konfigurations-, Prüf- und Zugangsprozess

Beispiele:

- Lese-/Schreibrechtverwaltung auf PC
- Zugänge mittels User-Profil

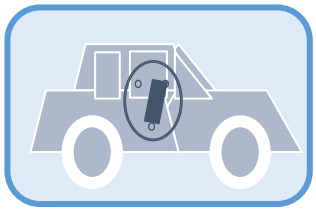
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  Identifikations-Datensatz
- Prozesselement:
  Konfigurations-, Prüf- und Zugangsprozesssoftware
- Daten-Output:
  kein eigentlicher Daten-Output, Ergebnis ist das erlaubte oder verweigerte Schreibrecht
- Datenmodell:
  gemäss der Konfigurations-, Prüf- und Zugangsprozesssoftware

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  grundsätzlich in Echtzeit (Real-Time)
- Ex-post (Statistik):
  nicht von Relevanz

I.9 Automatisiertes Fahrzeug



Beschreibung:

- Fahrzeug, das sämtliche für eine Fahrt von A nach B erforderlichen Vorgänge automatisiert erledigt

Elemente:

- Fahrzeug
- KI
- ML
- DL
- Quantencomputer
- Hochgenaue Karte

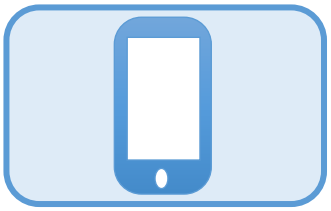
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  C-ITS-Datenstrom u. a.
- Prozesselement:
  Prozesse für Fahrfunktionalitäten etc.
- Daten-Output:
  C-ITS-Datenstrom u. a.
- Datenmodell:
  diverse

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  erforderlich in doppelter Hinsicht: Real-Time und aus Gründen der Verkehrssicherheit Prozessausführung innerhalb eines definierten Zeitrahmens
- Ex-post (Statistik):
  für automatisiertes Fahren unmittelbar nicht von Bedeutung, wohl aber in Bezug auf die Verwertung statistischer Daten und Datenquellen

I.10 Gadget



Beschreibung:

- Kleincomputer, der eine Vielzahl an Funktionalitäten in sich vereinigt

Elemente:

- Sensoren
- Tastatur
- Mikrophon
- GPS-Ortung
- Anzeige
- Lautsprecher
- Vibrator
- CPU mit diversen Regelungsprozessen, Systemsoftware und Applikation
- diverse APIs
- Mobilfunknetzanbindung
- WLAN, Bluetooth, etc.

Beispiele:

- Smartphone
- Tablet

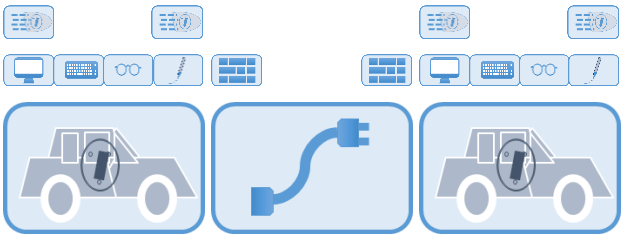
Datenaspekte:

- entsprechend der im Gadget vereinigten Elemente und Prozesse

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  ganz nach Bedarf, jedoch zumindest bei Smartphones etc., keine sicherheitsbedingten Echtzeitanforderungen
- Ex-post (Statistik):
  ganz nach Bedarf

I.11 Fahrzeug – Fahrzeug



Beschreibung:

- Fahrzeuge, die über eine Schnittstellen inklusive Trägermedium miteinander kommunizieren und verschiedene Daten austauschen

Elemente:

- (automatisierte) Fahrzeuge
- API
- Sensoren
- Anzeige
- Tastatur/GUI
- Lese- und Schreibrechte
- Firewall/Cybersecurity-Elemente

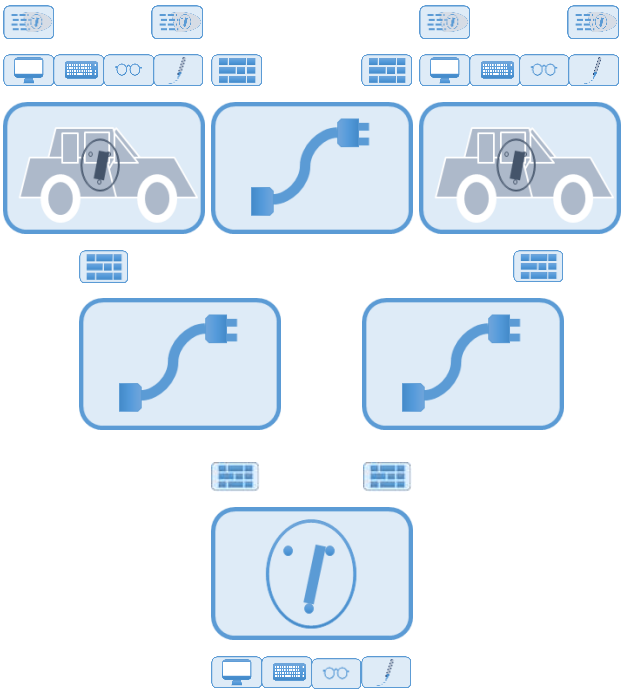
Datenaspekte:

- Daten-Input:
  in Ergänzung zu den durch das Fahrzeug und seine Sensorik etc. erfassten Daten zusätzlich Input von Daten eines anderen Fahrzeugs
- Prozesselement:
  sämtliche Prozesse des automatisierten Fahrens inklusive Vernetzung mit anderen Fahrzeugen
- Daten-Output:
  Daten-Output für Dritte (C2X)
- Datenmodell:
  gemäss der entsprechenden Fahrzeugtechnologien, Spezifikationen etc.

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  von hoher Relevanz, sowohl im Sinne von Real-Time wie auch aus Sicherheitsgründen bezüglich rechentechnischer Echtzeitfähigkeit
- Ex-post (Statistik):
  für unmittelbaren Fahrprozesse mit Ausnahmen verwerteter Ex-post-Datensätze nicht von unmittelbarer Relevanz

I.12 Fahrzeug – Fahrzeug – Regler



Beschreibung:

- Fahrzeuge, die über eine Schnittstellen inklusive Trägermedium miteinander kommunizieren und verschiedene Daten austauschen und mit einem externen Regler (z. B. LSA, Verkehrsrechner) kommunizieren

Elemente:

- (automatisierte) Fahrzeuge
- API
- Sensoren
- Anzeige
- Tastatur/GUI
- Lese- und Schreibrechte
- Firewall/Cybersecurity-Elemente
- Regler (z. B. LSA, Verkehrsrechner, Verkehrsleitzentrale, Verkehrsdatenplattform)

Datenaspekte:

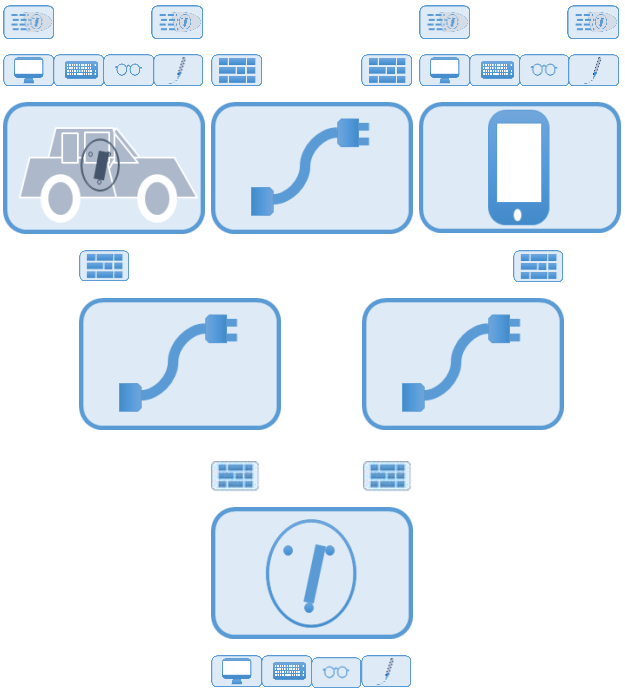
- Daten-Input:
  in Ergänzung zu den durch das Fahrzeug und seine Sensorik etc. erfassten Daten zusätzlich Input von Daten eines anderen Fahrzeugs
- Prozesselement:
  sämtliche Prozesse des automatisierten Fahrens inklusive Vernetzung mit anderen Fahrzeugen und externem Regler
- Daten-Output:
  Daten-Output für Dritte (C2X)

- Datenmodell:
  gemäss der entsprechenden Fahrzeugtechnologien, Spezifikationen etc.; Herausforderung der Abgrenzung der Systemelemente, -funktionalitäten und -zuständigkeiten

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  von hoher Relevanz, sowohl im Sinne von Real-Time wie auch aus Sicherheitsgründen bezüglich rechentechnischer Echtzeitfähigkeit
- Ex-post (Statistik):
  für unmittelbaren Fahrprozesse mit Ausnahmen verwerteter Ex-post-Datensätze nicht von unmittelbarer Relevanz

I.13 Fahrzeug – Gadget – Regler



Beschreibung:

- Fahrzeug, das über eine Schnittstellen inklusive Trägermedium mit einem Gadget (z. B. Smartphone) und einem externen Regler (z. B. LSA, Verkehrsrechner) kommuniziert

Elemente:

- (automatisierte) Fahrzeug(e)
- API
- Sensoren
- Anzeige
- Tastatur/GUI
- Lese- und Schreibrechte
- Firewall/Cybersecurity-Elemente
- Gadget (z. B. Smartphone inklusive darauf installierten Applikationen (z. B. Ampelassistent, Navigationsdienst)
- Regler (z. B. LSA, Verkehrsrechner, Verkehrsleitzentrale, Verkehrsdatenplattform)

Datenaspekte:

- Daten-Input:
  in Ergänzung zu den durch das Fahrzeug und seine Sensorik etc. erfassten Daten zusätzlich Input von Daten eines anderen Fahrzeugs
- Prozesselement:
  sämtliche Prozesse des automatisierten Fahrens inklusive Vernetzung mit anderen Fahrzeugen und externem Regler

- Daten-Output:
  Daten-Output für Dritte (C2X)
- Datenmodell:
  gemäss der entsprechenden Fahrzeugtechnologien, Spezifikationen etc.; Herausforderung der Abgrenzung der Systemelemente, -funktionalitäten und -zuständigkeiten

Zeitbezug:

- Echtzeit:
  von hoher Relevanz, sowohl im Sinne von Real-Time wie auch aus Sicherheitsgründen bezüglich rechentechnischer Echtzeitfähigkeit
- Ex-post (Statistik):
  für unmittelbaren Fahrprozesse mit Ausnahmen verwerteter Ex-post-Datensätze nicht von unmittelbarer Relevanz

Glossar

Begriff	Bedeutung
4G	Mobilfunknetz-Standard 4. Generation bzw. LTE (Long Term Evolution)
5G	Zellularer Mobilfunkstandard auf Basis von TDD (Time Division Duplex), mit Latenzzeiten hinunter bis 1ms (Vergleich 4G LTE: 10ms); bis zu 100 Mbps stabilem Datendurchsatz (4G: 10 Mbps), Positionsgenauigkeit von 1m (4G: 10m) und 100x grösserer Energieeffizienz im Netzwerk. 5G gilt als langfristige technische Grundlage für Automatisiertes Fahren nach SAE Level 4 und 5.
AF	Automatisiertes Fahren; Automatisiertes Fahrzeug
API	Application Programming Interface (Schnittstelle)
BGer	Bundesgericht
BV	Bundesverfassung
BSA	Betriebs- und Sicherheitsanlagen
CAV	Connected and Automated Vehicles (vernetzte, automatisierte Fahrzeuge)
C-ITS	Cooperative Intelligent Transportation Systems, zusammenarbeitende intelligente Transportsysteme, umfassen V2V, V2I und V2X. Gefördert und in Teilen definiert von der gleichnamigen Plattform der Europäischen Kommission (seit 2014)
ComCom	Eidgenössische Kommunikationskommission
CPU	Central Processing Unit (zentrale Prozessoreinheit)
DSG	Bundesgesetz über den Datenschutz
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung der EU
DSRC	Dedicated Short Range Communication, basierend auf dem WiFi-Standard IEEE 802.11p (ITS-G5)
E-DSG	Entwurf des Datenschutzgesetzes
EnSi	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
FCD	Floating Car Data
GAP-Analyse	Lückenanalyse, Instrument zur Identifikation strategischer und operativer Lücken
GNSS	Global Navigation Satellite System (globales Navigationssatellitensystem)
GPS	Global Positioning System
GUI	Grafisches User-Interface
HD-Karte	High Definition (hochauflösende) Karte
I2V	Infrastructure to Vehicle Communication, Datenaustausch zwischen Infrastruktur und Fahrzeug
I2X	Infrastructure to X Communication, Datenaustausch zwischen Infrastruktur und beliebigen Kategorien an definierten Sendern / Empfängern (symbolisiert durch Variable X)
ICT	Information and Communication Technology (Informations- und Kommunikationstechnologien)
IP-Adressen	Internet-Protokoll-Adresse
IoT	Internet of Thins (Internet der Dinge)
ITS	Intelligent Transportation Systems, intelligente Transportsysteme
ITS-G5	WiFi-basierter Datenaustausch im 5.9 GHz Band auf des Standards IEEE 802.11p. Als Vorteile gelten gute Performance in kurzreichweitigen Anwendungen, Robustheit, Kostenfreiheit des Datenaustausches und Unabhängigkeit von kommerziellen Entwicklungsentscheidungen des privaten Sektors
KI	Künstliche Intelligenz
KPI	Key Performance Indicator (Schlüsselkenngrösse)

LSA	Lichtsignalanlage
LSVA	Leistungs- und emissionsabhängige Schwerverkehrsabgabe
LWL	Lichtwellenleiter
MaaS	Mobilität-as-a-Service
ML	Maschinelles Lernen
OEMs	Original Equipment Manufacturer (Originalausrüstungshersteller)
PFI	Public Finance Initiatives; Übernahme der Vorabkosten durch private Unternehmen
PPP	Public Private Partnership (Zusammenarbeit der öffentlichen Hand mit Privaten zur Erfüllung einer öffentlichen Aufgabe)
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Channel (RDS-TMC)
SAE Level X (1 bis 5)	Klassifizierungsstufen von automatisierten Fahrsystemen von Strassen-Kraftfahrzeugen von SAE International (ehem. Society of Automotive Engineers). Level 0 entspricht keiner Automatisierung, Level 5 einer Vollautomatisierung ohne Notwendigkeit des Eingriffs eines menschlichen Fahrers in jedem beliebigen Betriebszustand
StGB	Schweizerisches Strafgesetz
SVG	Strassenverkehrsgesetz
STEP	Strategisches Entwicklungsprogramm des UVEK
Swiss-ID	standardisierter elektronischer Identitätsnachweis der Schweiz
SWOT	Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken)
TAI	Temps atomique international (internationale Atomuhrzeit)
TMaaS	Traffic-Management-as-a-Service
UITP	Union Internationale des Transports Publics (Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen)
V2B	Vehicle to Basic Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Basisdaten
V2C	Vehicle to Customer Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Kunde
V2E	Vehicle to Environment, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Umwfeld
V2I	Vehicle to Infrastructure Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und ortsfester Infrastruktur
V-intern	Fahrzeug-interner Datenaustausch
V2L	Vehicle to Logistics Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Logistik
V2M	Vehicle to Modi Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und anderen Verkehrsmitteln
V2S	Vehicle to Service Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Serviceanbieter
V2V	Vehicle to Vehicle Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeugen
V2X	Kurzreichweitiger Datenaustausch zwischen Fahrzeug und beliebigen Kategorien an definierten Sendern / Empfängern (symbolisiert durch Variable X). Gattungsbegriff, der u.a. V2V und V2I umfasst. Gehört in die Kategorie der DSRC.
V2Z	Vehicle to Tower Communication, Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Verkehrsmanagement-Zentrale
WeKo	Wettbewerbskommission
WiFi	Wireless Fidelity - Zertifizierung von WLAN-Applikationen durch die Wi-Fi Alliance anhand des IEEE-802.11-Standards
Z2X	Tower to X Communication, Datenaustausch zwischen Verkehrsmanagement-Zentrale und beliebigen Kategorien an definierten Sendern/Empfängern (symbolisiert durch Variable X)
DBFO	Design-Build-Finance-Operate

Literaturverzeichnis

[1] Alonso Raposo, M. et al (2017), T**he r-Evolution of Driving: from Connected Vehicles to Coordinated Automated Road Transport, Part I: Framework for a safe and efficient Coordinated Automated Road Transport (C-ART) System**, European Commission, Brussles.

[2] Becker, F., Axhausen, K.W. (2017), **Literature Review on Surveys Investigating the Acceptance of Automated Vehicles**, Transportation (2017) 44: 1293, https://doi.org/10.1007/s11116-017-9808-9.

[3] Bertoncello, M., Camplone, G., et al (2016), **Monetizing car data. New service business opportunities to create new customer benefits**, Mckinsey&Company, New York.

[4] BMW Group (2017), **Digital lifestyle at the BMW Group: Seamless in-car integration of Amazon Alexa in BMW and MINI**, https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0274792EN/digital-lifestyle-at-the-bmw-group:-seamless-in-car-integration-of-amazon-alexa-in-bmw-and-mini?language=en.

[5] Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2016), **Verkehrsperspektiven 2040: Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz**, Bern, https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/verkehrsperspektiven-2040.html.

[6] Bundesrat (2017), **Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft**, Bericht des Bundesrates vom 11. Januar 2017.

[7] Bundesrat (2018), **Auswirkungen der EU-Strategie für einen digitalen Binnenmarkt auf die Schweiz**, Bericht in Erfüllung des Postulates 16.0380 Vonlanthen vom 15. 03. 2016.

[8] Cervero, R. (2006) : **Office Development, Rail Transit, and Commuting Choices**. Journal of Public Transportation, 9 (5): 41-55, http://doi.org/10.5038/2375-0901.9.5.3.

[9] Cherpillod, I. (2012), in: Müller, B., Oertli, R. [Hg.] **Kommentar zum URG, 2. Auflage**, Bern.

[10] Daus (2019), **Mitteilung** an der Jahrestagung der International Association of Transport Regulators, (IATR Conference), Calgary AB, Kanada, Oktober 2019.

[11] Denkfabrik Mobilität (2017), **Manifest zur Mobilität der Zukunft**, Zürich, https://www.denkfabrikmobilitaet.org/manifest

[12] Dokic, J., Müller, B., Meyer, G. (2015), **European Roadmap Smart Systems for Automated Driving, V 1.2.,** EpoSS European Technology Platform on Smart Systems Integration, Berlin.

[13] Dungs, J., Herrmann, F. et al (2016), **The Value of Time, Potential for user-centered services offered by autonomous driving**, Fraunhofer IAO and Horváth & Partners, Stuttgart.

[14] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (2017), **Zukunft Mobilität Schweiz, UVEK-Orientierungsrahmen 2040**, Bundesamt für Raumentwicklung ARE,Bern, https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/zukunft-mobilitat-schweiz.html.

[15] Enwemeka, Z. (2017), **Five Key Issues Mass. Lawmakers are Considering on Self-Driving Cars**, WBUR, Boston.

[16] Europäische Komission (2017), **C-ITS Platform Phase II – Towards Cooperative, Connected and Automated Mobility**, Final Report, Brüssel.

[17] Europäische Kommission (2010), **Intelligent Transportation Systems Action Plan and Directive**, Brussels, https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan_en.

[18] Europäische Kommission (2016), **Study on the Deployment of C-ITS in Europe**: Final Report, Brüssel.

[19] European Commission (2016), **C-ITS Platform Final Report**, Brussels, https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf.

[20] Fairfield, N. (2016), **On the road with self-driving car user number one.** https://medium.com/waymo/scenes-from-the-street-5bb77046d7ce.

[21] Faisal, A., Yigitcanlar, T., Kamruzzman, M., Currie, G. (2019), Understanding Autonomous Vehicles: A systematic Literature Review on Capability, Impact, Planning and Policy, The Journal of Transport and Land Use (2019) Vol. 12 Nr. 1, 45-72, http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2019.1405.

[22] Fraedrich, E., Lenz, B. (2016), **Societal and Individual Acceptance of Autonomous Driving**, in: Autonomous Driving, Technical, Legal and Social Aspects, 621-640, Springer, Berlin, http://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_29.

[23] Frost & Sullivan (2017), **2017 Global Automotive Industry Outlook,** https://frost.com/2017-global-automotive-industry-outlook.html.

[24] Fumagalli, A. (2019), **Warum der 5G-Widerstand vor allem in der Romandie stark ist**, Neue Zürcher Zeitung, Ausgabe 22.06.2019, http://www.nzz.ch/wochenende/gesellschaft/warum-der-5g-widerstand-vor-allem-in-der-romandie-stark-ist-ld.1486888.

[25] Guiver, J.W. (2007), **Modal talk: Discourse analysis of how people talk about bus and car travel**, Transportation Research A (41): 233-248, http://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.004.

[26] Häfelin, U., Müller, G., Uhlmann, F. (2016), **Allgemeines Verwaltungsrecht, 7. Auflage**, Zürich.

[27] Hatab, L. (2018), **Zuhanden-Vorhanden Relation**, Gatherings: The Heidegger Circle Annual 8, Philosophy Documentation Center, Charlottesville VA.

[28] Heidegger, M. (2001), **Sein und Zeit**, Kapitel 3, Abschnitt 14-24, S. 71, Max Niemeyer Verlag, Tübingen.

[29] Hoadley, S. (2018), **Road Vehicle Automation and Cities and Regions**, Diskussionspapier, Polis, Brüssel.

[30] Hoadley, S. (2019), **Formulating ACT Policies**, WISE-ACT Training Session, Polis, Brüssel.

[31] Huynh, T. (2017), **Apple CarPlay: everything you need to know about iOS in the car,** http://www.techradar.com/news/car-tech/apple-carplay-everything-you-need-to-know-about-ios-in-the-car-1230381.

[32] Krompier, J (2017), **Safety First: The Case for Manadatory Data Sharing as a Federal Safety Standard for Self-Driving Cars**, UCLA School of Law, Los Angeles.

[33] Kühne, M., Froböse, F. (2013), **Mobilität 2025 - Unterwegs in der Zukunft**, Gottlieb-Duttweiler-Institut, Rüschlikon, https://www.gdi.ch/en/publications/studies-books/mobilitat-2025.

[34] Lämmer, S. (2007) **Reglerentwurf zur dezentralen Online-Steuerung von Lichtsignalanlagen in Straßennetzwerken**, Dissertation, TU Dresden, http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/736/1194272623825-4259.pdf.

[35] Lu, Meng et al. (2018), **Kooperative und vernetzte intelligente Verkehrssysteme für einen nachhaltigen europäischen Strassenverkehr**, Proceedings Verkehrsforschungsarena, Wien, https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/96727188.

[36] Macfarlane, J (2019) **Your Navigation App Is Making Traffic Unmanageable**, Post on IEEE Spectrum.

[37] Mathys, N. et al (2016), **Perspektiven Des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040**, Hauptbericht, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bern.

[38] MAVEN Consortium (2018), **Cooperative Adaptive Traffic Light with Automated Vehicles**, Final Version, Brüssel.

[39] McKerracher, C. et al (2016), **The Future of Mobility**, An Integrated Perspective on the Future of Mobility, McKinsey and Bloomberg New Energy Finance, London.

[40] Mückenberger, U., Timpf, S. (2008), **Zukünfte der Europäischen Stadt: Ergebnisse einer Enquête zur Entwicklung und Gestaltung urbaner Zeiten**, Springer, Berlin.

[41] NHTSA (2013), **Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles**, National Highway Traffic Safety Administration, Washington D.C.

[42] Öko-Institut (2018), Die Sharing-Angebotevon Airbnb und Uber – Systematisierung der Umweltwirkungen sowie rechtliche Rahmenbedingungen, Kurzpapier für die Stiftung Zukunftserbe, http://www.zukunftserbe.de/fileadmin/user_upload/Kurzstudie_NsB_Airbnb_und_Uber_20180504_fin.pdf.

[43] Overakker, B. (2017), **The Social Acceptance of Automated Driving Systems: Safety Aspects**, Master Thesis, Delft University of Technology, http://resolver.tudelft.nl/uuid:31159f82-e33d-4124-a5a2-2b605974870e.

[44] Polis Network (2018), **Road Vehicle Automation and Cities and Regions**, Brussels, polisnetwork.eu

[45] Rajamanickam, V. (2019), **Rethinking Urban Mobility Systems through Data Intelligence**, Freightwaves.com, abgerufen unter https://www.urbangateway.org/node/50791.

[46] Riederer, M. (2015), **Schwerpunktthema: Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potentiale für Synergien, Themenvertiefung: fahrerlose Fahrzeuge**, its-ch, Bern.

[47] Rithu, T. et al (2017), **Forces of Change: The Future of Mobility**, Deloitte Insights, Deloitte, London.

[48] Röth, T. (2018), **Urban Vehicle Concepts for the Shared Mobility**, Springer, Berlin.

[49] Rupprecht, S., Backhaus, W. et al (2019), **Automation-Ready Framework**, Preliminary Version 1B, Rupprecht Consult, Köln.

[50] Sampson, E., Signor, L. et al (2019), **The Role of Intelligent Transport Systems in SUMPs**, Ertico, Brussels.

[51] Sander, M. (2019), **Wem gehört die Smart City? Toronto ringt mit dem Google-Konzern**, Neue Zürcher Zeitung, Zürich.

[52] Schrage, M. (2016), **How the Big Data Explosion has changed Decision Making**. Harvard Business Review.

[53] Schrage, M. (2016), **The Best Platforms are More than Matchmakers**, Harvard Business Review, Boston.

[54] Seiberth, G. (2015), **Wie verändern digitale Plattformen die Automobilwirtschaft?** (A. Baums, Ed.) Retrieved from Plattform Märkte: http://plattform-maerkte.de/wp-content/uploads/2015/10/Gabriel-Seiberth-Accenture.pdf.

[55] Seiberth, G., Gründinger, W. (2018), **Data-Driven Business Models in Connected Cars, Mobility Services & Beyond**, BVDW Research No. 01/18, Berlin, https://www.bvdw.org/fileadmin/user_upload/20180509_bvdw_accenture_studie_datadrivenbusinessmodels.pdf.

[56] Signor, L., Karjalainen, P. (2019), **Mobility as a Service (MaaS) and Sustainable Urban Mobility Planning**, European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans, Ertico, Brüssel.

[57] TMaaS Consortium (2018), **The TMaas Project Journal No. 1**, Gent.

[58] Tribune de Genève (2019), **Le Grand Conseil Exige und Moratoire sur la 5G**, édition 10.04.2019, http:// https://www.tdg.ch/geneve/actu-genevoise/grand-conseil-exige-moratoire-5g/story/12176293.

[59] UITP (2017), **AVs: a Potential Game Changer for Urban Mobility**, Brüssel.

[60] Ullrich K. (2019) **New Mobility**. In: Proff H. (eds) Mobilität in Zeiten der Veränderung. Springer Gabler, Wiesbaden, https://doi.org/10.1007/978-3-658-26107-8_26.

[61] Van Audenhove, F-J et al (2018), **Future of Mobility 3.0**, Arthur D. Little and UITP, Brüssel.

[62] Weber, R., Thouvenin, F. (2018), **Dateneigentum und Datenzugangsrechte – Bausteine der Informationsgesellschaft?**, ZSR, Zürich.

[63] Weigend, A. (2017), **Data for the People - Wie wir die Macht über unsere Daten zurückerobern**, Murmann, Hamburg.

[64] Wired (2018), **Uber Makes Pace With Cities by Spilling its Secrets**, abrufbar unter https://www.wired.com/story/uber-nacto-data-sharing/.

Projektabschluss

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 03.09.2020

Grunddaten

Projekt-Nr.:	ASTRA 2018/003
Projekttitel:	Auswirkungen des automatisierten Fahrens Teilprojekt 3: Umgang mit Daten
Enddatum:	31.10.2020

Texte

Zusammenfassung der Projektresultate:

Das Resultat des Projekts bilden Handlungsempfehlungen in technischer, regulatorischer und finanzieller Hinsicht.

Zeitsynchronizität und Ortungsgenauigkeit sind zentral für die Funktionstüchtigkeit digitaler Systeme. Die Behörden sollen entsprechend für die Wahrung und den Ausbau der diesbezüglichen technischen Voraussetzungen sorgen, sei dies im Rahmen der öffentlichen Beschaffung, sei dies durch Beeinflussung von Marktumfeld und Marktmechanismen oder auch durch Forschung. Bezüglich eines uneingeschränkten Zugangs zur exakten Zeit und auch zur Ortungstechnologie bedarf es der Sicherstellung der hierzu erforderlichen staatsvertraglichen Grundlagen.

Zur Sicherstellung des Datenzugangs ist es unabdingbar, dass die Schweizer Behörden in europäischen und internationalen C-ITS-Gremien wie auch in entsprechenden europäischen und internationalen Forschungsprojekten mitwirken und die Interessen der Schweiz einbringen. Entsprechende Regulatorien insbesondere mit der Automobil- und Fahrzeugindustrie, aber auch mit den Transportunternehmungen sind hierfür zentral. Bei der Etablierung eines Datenzugangsrechts ist eine Berücksichtigung bestehender Geschäfts- und Preismodelle vorzusehen.

Im Bereich der Sensorik besteht Forschungsbedarf zur Thematik der Sicherstellung hoher Datenqualität, ist eine solche nicht zuletzt auch für Sicherheitsaspekte von Relevanz. Zudem erscheinen aus aktueller Sicht Aufsichtsgremien im Bereiche des Zugangs zu und des Umgangs mit Daten wie auch im Bereich von Künstlicher Intelligenz und Maschinellem Lernen und damit verbundener Fahrzeugzulassung aus Gründen der Qualitätssicherung als unerlässlich.

Klarheit zum Umgang mit grossen Datenmengen, Rechenleistung, Speicherkapazitäten und Cloud-Lösungen unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit und der Cybersecurity sind zentrale Faktoren der ICT-Systemanforderungen. Hierfür sollen die Behörden zusammen mit Wissenschaft und Industrie klare Anforderungen definieren.

Angesichts des Mischverkehrs ist nicht abschliessend klar, wie realistisch Verbesserungen zur Sicherstellung der Verkehrssicherheit sind. Diesbezügliche Analysen angesichts verschiedener Datenverfügbarkeiten erscheinen zielführend. Im Bereich der digitalen Verkehrsregeln besteht Forschungsbedarf. Dabei gilt es zu klären, ob etwa die Verkehrsregeln harte Rahmenbedingungen sind oder ob diese auch verletzt werden dürfen.

Im Kontext zum Datenschutz empfiehlt sich eine forschungsbasierte Auslotung der Potentiale dichotomer Datensystem-Architekturen, auf dass Behörden und Dritte unabhängig Zugang zu den beidseits Nutzen stiftenden Daten erhalten könnten. Grundsätzlich sind möglichst wenige Daten zu bearbeiten und Daten möglichst schnell zu aggregieren, damit kein Personenbezug mehr hergestellt werden kann.

Eine intermodale Anschlusssicherung stellt einen zentralen Aspekt einer effizienten Intermodalität dar und ist bezüglich deren Potentiale und Grenzen zu erforschen. Im Hinblick auf eine effiziente Nutzung der Infrastruktur kann eine Verzahnung der Logistik- und Passagiertransporte zur Senkung der Transportkosten durch iterative Effizienzsteigerung führen.

Die mit einem integralen Verkehrsmanagement einhergehende Vielzahl an Forschungsfragen wie etwa zu den zu erwartenden Systeminstabilitäten aufgrund konkurrierender Navigationssysteme und Flottenoptimierungsapplikationen sind auf Basis virtueller und zu späterem Zeitpunkt auch realer Tests zu beantworten. Durch Mitberücksichtigung der Aspekte des AF-Ökosystems in den Planungsinstrumenten lässt sich der Bedarf an dieser Infrastruktur und mithin der daraus hervorgehenden Daten auch mittel- bis langfristig sichern.

Im Bereich kooperativer Finanzierungsmodelle ist die situative Festlegung des Rahmens für ein Engagement des privaten Sektors mittels Zusammenarbeitsformen wie Public Private Partnerships bis hin zu Public Finance Initiatives, bei denen eine teilweise oder volle Auslagerung von Risiken öffentlicher Infrastrukturprojekte an den privaten Sektor erfolgt, auszuloten. Im Hinblick auf datenbasierte Geschäftsmodelle sind zur Sicherung und Steigerung der Güte und des Werts von Daten für nachhaltige Geschäftsmodelle technische und regulatorische (Massnahmen zu erarbeiten.

In Kontext des öffentlichen Beschaffungswesens erscheint es als zentral, dass der Innovation und damit verbundener Neuartigkeit der Ansätze wie auch der vernetzten Natur nachhaltiger Verkehrslösungen Rechnung getragen wird. Zudem sollen Konzepte zur Innovationsförderung durch den Bund in Interaktion mit Kantonen und Gemeinden erarbeitet werden, bei der eine Kultur des Austestens etabliert und auf eine Förderung der Zusammenarbeit zwischen Behörden, Wissenschaft und dem privaten Sektor gesetzt wird.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Den Projektzielen wurde mit einer breiten Auslegeordnung zu den Daten und Dateninfrastrukturen und damit einhergehenden Funktionalitäten, deren Beurteilung mittels SWOT- und GAP-Analyse und daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen Rechnung getragen. Angesichts der Vielschichtigkeit und der Ungewissheit über die technologische Weiterentwicklung in den nächsten Jahrzehnten sind abschliessende Antworten nicht bezüglicher aller Aspekte möglich und auch nicht zielführend. Nebst den verschiedenen konkreten Handlungsempfehlungen wurden daher auch zahlreiche konkretisierte Fragestellungen, die im Zuge weiterführender Forschungsarbeiten zu beantworten wären, formuliert.

Folgerungen und Empfehlungen:

Daten sind schon heute ein vertrauter Bestandteil des Lebens. Die tiefere Auseinandersetzung mit der Thematik zum Umgang mit Daten zeigt jedoch klar, dass die damit einhergehenden Aspekte viel vielfältiger, vielschichtiger und auch komplexer sind. Dem ist beim Umgang mit Daten, sei dies in deren Verwendung oder auch in weitergehender Forschung, entsprechend Rechnung zu tragen, auf dass für die Gesellschaft ein möglichst grosser und nachhaltiger Nutzen aus den Daten erwächst.

Publikationen:

Heimgartner, Ch. (2018) Von MaaS zum Verkehrsmodell 4.0 - Eine Vision, Referat am Vimos-Symposium, November 2018, Dresden.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Heimgartner Vorname: Christian

Amt, Firma, Institut: Roland Müller Küsnacht AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Ziel des Teilprojektes war es, im Sinne einer Auslegeordnung die mit dem hoch- und vollautomatisierten Fahren anfallenden Daten, ihren Umfang, ihre strategische Bedeutung und ihre Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen der zu betrachtenden Nutzungsszenarien einzuschätzen und damit Grundlagen für das Herleiten und Formulieren von Handlungsanweisungen zum Umgang mit diesen Daten zu schaffen. Dieses Ziel wurde erreicht.

Umsetzung:

Mit Übersichten zum Stand der Technik bzw. der Wissenschaft im Bereich der beim automatisierten Fahren entstehenden Daten, zu regulatorischen Aspekten (Organisation und Recht), zu Finanzfragen und zu den Akteurs-Bedürfnissen wurde eine Basis geschaffen, um Entwicklungspfade für das automatisierte Fahren und der damit entstehenden Daten abzuschätzen. Diese Entwicklungspfade und die entstehenden Daten wurden in der Folge mit den Nutzungsszenarios des Gesamtvorhabens gespiegelt und beurteilt (SWOT-/GAP-Analyse). Aufgrund der Beurteilungsergebnisse wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet.

weitergehender Forschungsbedarf:

Feldversuche mit der Generierung von Daten aus Strassenfahrzeugen und ihre Übertragung

Einfluss auf Normenwerk:

kein Einfluss

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Wieland Vorname: Erwin

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Arbeitshilfen, Formulare, Merkblätter --> Formulare*) heruntergeladen werden.