



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

Verkehr der Zukunft 2060: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem

**Transports du futur 2060: Risques et opportunités pour le
système réglementaire et financier**

**Transport of the future 2060: Risks and opportunities for
the regulation and financing system**

**Ecoplan AG
Stefan Suter
Marcel Buffat
Julian Frank
Grégoire Vionnet**

**Forschungsprojekt SVI 2017/005 auf Antrag der Schweizerischen Vereini-
gung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Oktober 2020

1689

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

Verkehr der Zukunft 2060: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem

**Transports du futur 2060: Risques et opportunités pour le
système réglementaire et financier**

**Transport of the future 2060: Risks and opportunities for
the regulation and financing system**

**Ecoplan AG
Stefan Suter
Marcel Buffat
Julian Frank
Grégoire Vionnet**

**Forschungsprojekt SVI 2017/005 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung
der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Oktober 2020

1689

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Stefan Suter

Mitglieder

Marcel Buffat

Julian Frank

Grégoire Vionnet

Begleitkommission

Präsident

Daniel Kilcher, Bundesamt für Strassen

Mitglieder

Kay Axhausen, ETH Zürich

Jürg Beckmann, Mobilitätsakademie

Marcel Buffat, GS-UVEK

Sabine Friedrich, Keeas

Klaus Kammer, Bundesamt für Umwelt

Simon Kettner, Bau- und Verkehrsdepartement Kanton Basel-Stadt

Marta Kwiatkowski, Gottlieb Duttweiler Institut

Markus Liechti, Bundesamt für Verkehr

Michael Löchl, Amt für Verkehr Kanton Zürich

Nicole Mathys, Bundesamt für Raumentwicklung

Martin Ruesch, Rapp Trans

Thomas Sauter-Servaes, ZHAW School of Engineering

Christoph Schreyer, Bundesamt für Energie

Markus Schwyn, Bundesamt für Statistik

Michel Simon, S-ce Consulting

Philipp Stoffel, Helbling Beratung und Bauplanung AG

Paketleitung

Markus Maibach, Infras

Antragsteller

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	9
	Résumé	17
	Summary	25
1	Einleitung	33
1.1	Das Forschungspaket im Überblick	33
1.2	Fragestellungen und Zielsetzungen des Forschungsprojekts	34
1.3	Berichtsaufbau	35
2	Zielsystem für den Verkehr der Zukunft	37
3	Verkehr und Mobilität der Zukunft: Ein Überblick	41
3.1	Entwicklungen auf der Nachfrage- und Angebotsseite	41
3.2	Alternative Antriebe und erneuerbare Energieträger	42
3.3	Automatisiertes Fahren	45
3.4	Neue Mobilitätsdienstleistungen	47
3.5	Neue Verkehrssysteme und -infrastrukturen	49
3.6	Automatisiertes Fliegen.....	50
3.7	Digitalisierung in der Logistik	51
3.8	Die drei Zukunftsszenarien der Paketleitung	53
4	Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft	55
4.1	Bedarf an Kapazitäten und Infrastruktur	56
4.2	Mobilitätskosten und -preise	57
4.3	Preissetzung und Marktordnung	60
4.4	Innovationsaktivitäten, innovative Produkte und Geschäftsmodelle	61
4.5	Unfallrisiko.....	62
4.6	Persönlichkeitsschutz i.w.S. und Rechtssicherheit	62
4.7	Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch	63
4.8	Zugang zu Mobilität und Transportdienstleistungen	64
4.9	Finanzierungssicherheit	65
4.10	Koordination der Entwicklung des Gesamtverkehrssystems, Abstimmung Verkehrs- und Raumplanung	66
4.11	Internationale Koordination und Interoperabilität im Verkehrsbereich	67
4.12	Gesellschaftsrelevante Auswirkungen und Akzeptanz	67
4.13	Fazit.....	68
5	Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft für die Verkehrsfinanzierung	71
5.1	Das Verkehrsfinanzierungssystem der Schweiz	71
5.1.1	Öffentliche Ausgaben für den Verkehrsbereich	71
5.1.2	Öffentliche Einnahmen aus dem Verkehrsbereich.....	73
5.1.3	Institutionelle Verankerung.....	74
5.2	Verkehr der Zukunft und Verkehrsfinanzierung: Wirkungszusammenhänge	75
5.2.1	Alternative und erneuerbare Energieträger.....	75
5.2.2	Automatisiertes Fahren	75
5.2.3	Neue Mobilitätsdienstleistungen	76
5.2.4	Neue Verkehrssysteme und Infrastrukturen	77
5.2.5	Automatisiertes Fliegen: Drohnen.....	77
5.2.6	Digitalisierung der Logistik	77
5.3	Verkehr der Zukunft und Verkehrsfinanzierung: Ergebnisse für die drei Szenarien der Programmleitung.....	78
5.3.1	Das Simulationsmodell VFM	78

5.3.2	Auswirkungen der drei Szenarien der Programmleitung auf die Verkehrsfinanzierung	81
5.3.3	Ersatz der Mineralölbesteuerung durch eine Km-Abgabe	83
6	Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft für das Regulativ	85
6.1	Einleitung	85
6.2	Regulierungsfeld Verkehrsteilnehmende	87
6.2.1	Zulassung private Fahrzeuglenker	87
6.2.2	Zulassung kommerzielle Fahrzeuglenker	88
6.2.3	Zugang zu Mobilität	89
6.3	Regulierungsfeld Transportunternehmen	90
6.4	Regulierungsfeld Verkehrsmittel	94
6.4.1	Alternative Antriebe	94
6.4.2	Automatisierte Verkehrsmittel	95
6.5	Regulierungsfeld Verkehrsinfrastruktur	99
6.5.1	Infrastrukturplanung	99
6.5.2	Bau, Ausrüstung und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur	101
6.6	Regulierungsfeld Mobilitätsangebote	102
6.7	Regulierungsfeld Verkehrsorganisation und -ablauf	104
6.8	Regulierungsfeld Pricing und Finanzierung	108
6.9	Regulierungsfeld Folgeeffekte, Auswirkungen	111
6.9.1	Konsumentenrechte	111
6.9.2	Ratings	112
6.9.3	Haftung und Strafbarkeit	112
6.10	Regulierungsfeld Daten	113
6.10.1	Daten als Ressourcen	114
6.10.2	Datensicherheit und Cybersecurity	115
6.10.3	Datenschutz	115
6.11	Regulierungsfelder ausserhalb des Verkehrsbereichs	116
6.11.1	Raumplanung und Baugesetzgebung	116
6.11.2	Kommunikationsinfrastruktur	117
6.11.3	Arbeitsmarkt	117
6.11.4	Energiemarkt	118
6.12	Fazit	119
7	Strategische Optionen für ausgewählte Regulierungen des Verkehrs der Zukunft	121
7.1	Einleitung	121
7.2	Strategische Handlungsoption Transportunternehmen bzw. Mobilitätsanbieter	124
7.2.1	Klassischer öffentlicher Verkehr	126
7.2.2	Öffentlicher Verkehr on demand	126
7.2.3	Gewerbsmässiger privater Verkehr on demand (Robo-Taxi-Angebote)	126
7.2.4	Nichtgewerbsmässiger privater Kollektivverkehr	129
7.2.5	Privater Individualverkehr	129
7.3	Strategische Handlungsoption Mobilitätsangebote	130
7.3.1	Regulierung des Wettbewerbs zwischen den verschiedenen Verkehrsformen	130
7.3.2	Wettbewerb zwischen Plattformen / Verkehrsvermittlern	135
7.4	Strategische Handlungsoptionen Verkehrsorganisation und -ablauf	136
7.4.1	Regulierungen zur Beeinflussung des Besetzungsgrads	136
7.4.2	Regulierung von Park- und Halteflächen	137
7.4.3	Regulierung von Mischverkehr	138
7.4.4	Regulierung über spezifische Verkehrsregeln	139
7.4.5	Verkehrsmanagement	141
7.5	Strategische Handlungsoptionen: Pricing und Verkehrsfinanzierung	141
8	Schlussfolgerungen	147
8.1	Synthese Handlungsbedarf nach Regulierungsfeld	147
8.2	Würdigung der strategischen Stossrichtungen für Regulierungen	149
8.3	Regulierungsthemen für die verkehrspolitische Agenda der Zukunft	151
8.4	Forschungs- und Vertiefungsbedarf	154

Anhänge	157
Glossar	197
Literaturverzeichnis	201
Projektabschluss	209
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	213
SVI Publikationsliste	215

Zusammenfassung

Technologische Entwicklungen und solche auf Seiten der Mobilitätsnachfrage werden im Verkehrsbereich in den nächsten Jahren und Jahrzehnten zu grundlegenden Umwälzungen führen. **Disruptive Entwicklungen** werden primär von der **Angebotsseite** ausgehen und sind v.a. auf drei Achsen zurückzuführen

- Bei der Antriebstechnologie ist von einer Abkehr vom Verbrennungsmotor hin zu fossil-freien Antrieben und hier v.a. zum Elektroantrieb auszugehen.
- Dank der fortschreitenden Digitalisierung wird die Automatisierung der Fahrzeuge weiter zunehmen. Selbstfahrende Fahrzeuge sind eine zentrale Konsequenz dieser Entwicklung.
- Es ist von einem Wandel vom Fahrzeugbesitz hin zu gemeinsamer Nutzung («Sharing» von Fahrzeugen und/oder Fahrten) auszugehen. Daraus ergeben sich Möglichkeiten für neue Mobilitätsdienstleistungen.

Der vorliegende Bericht gibt einen **Überblick** über diese Entwicklungen und geht – wenn auch weniger vertieft – auf drei weitere Ausprägungen des **Verkehrs der Zukunft** ein:

- Neue Verkehrssysteme und -infrastrukturen wie bspw. Hyperloop oder Cargo Sous Terrain
- Automatisierte Flugobjekte wie z.B. Drohnen oder Flugtaxis
- Auswirkungen der Digitalisierung auf die Logistik und auf den Güterverkehr

Aus diesen Entwicklungen resultieren **Chancen und Risiken** in zahlreichen Feldern inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs. Zu deren Identifikation und Beurteilung ist ein **Zielbild** für den Verkehr der Zukunft entwickelt worden.



Abb. Z-1 Zielbild für den Verkehr der Zukunft

Die Diskussion macht deutlich, dass der Verkehr der Zukunft bei allen *Abb. Z-1* ausgewiesenen Zieldimensionen zu neuen Chancen, aber auch zu neuen Risiken führt. *Tab. Z-1* fasst diese stichwortartig zusammen.

Die künftige Ausgestaltung des Regulativs wird massgeblich mitbestimmen, ob die Chancen genutzt und die Risiken vermieden oder zumindest vermindert werden können. Neben dem technologischen Fortschritt wird das Regulativ auch massgeblich darüber entscheiden, ab wann welcher Automatisierungsgrad bei den Fahrzeugen des Landverkehrs anzutreffen ist. Dazu herrscht heute noch grosse Unsicherheit.

Tab. Z-1 Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft im Überblick

Zieldimension	Chance	Risiko
verfügbar	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhung der Kapazitäten der bestehenden Infrastruktur, u.a. dank automatisiertem Fahren – Kapazitätsgewinne aus einer besseren Auslastung der Fahrzeuge – Kapazitäten durch neue Verkehrssysteme 	<ul style="list-style-type: none"> – höhere Mobilitätsnachfrage aufgrund tieferer Kosten, neuer Nutzergruppen, mehr Leerfahrten, etc.
kostengünstig / preiswert	<ul style="list-style-type: none"> – tiefere Infrastrukturkosten dank kleinteilerem und leichterem Verkehr – geringere Infrastrukturintensität neuer Transportsysteme – tiefere Betriebskosten von automatisierten Fahrzeugen (z.B. aus höherer Energieeffizienz, gezielterer bedarfsorientierter Wartung) – Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und deren Preisentwicklung – neue und günstige Mobilitätsdienstleistungsangebote aus neuen Geschäftsmodellen – Produktivitäts- und damit Kosteneffekte aus Automatisierung (Wegfall Fahrer) und aus vermehrtem Sharing – tiefere Zeitkosten dank kürzeren Reisezeiten, mehr nutzbarer Zeit und Komfortgewinnen 	<ul style="list-style-type: none"> – höhere und neue Anforderungen an die (digitale) Ausrüstung der Infrastruktur (inkl. Sicherheits- und Schutzanforderungen) und an die Fahrzeuge – teure Infrastrukturen neuer Transportsysteme – höhere Preise wegen neuen Monopolen auf dem Verkehrsmarkt (z.B. bei den Vermittlern von Mobilitätsdienstleistungen) – höhere Reisezeiten aufgrund tieferer Durchschnittsgeschwindigkeiten automatisierter Fahrzeuge und allenfalls stark steigender Verkehrsnachfrage
effizient	<ul style="list-style-type: none"> – verursachergerechtere Pricingsysteme – stärkere Nutzerfinanzierung – Intensivierung des Wettbewerbs durch neue Akteure – Abbau von Informationsasymmetrien – neue Optionen zur Steigerung der verkehrsplanerischen Effizienz 	<ul style="list-style-type: none"> – geringere staatliche Einflussmöglichkeiten auf Preissetzung, volkswirtschaftlich ineffiziente Preissetzung – neue Oligopol- und Monopolsituationen im Verkehrsmarkt
innovativ	<ul style="list-style-type: none"> – neue Geschäftsmodelle und innovative Angebote – Stärkung des Verkehrs als Investitionsbereich 	<ul style="list-style-type: none"> – Verdrängung einheimischer Akteure durch globale Player
sicher	<ul style="list-style-type: none"> – weniger Verkehrsunfälle dank Automatisierung 	<ul style="list-style-type: none"> – mehr Verkehrsunfälle wegen Mischverkehr und aus technischen Gründen
geschützt	<ul style="list-style-type: none"> – erhöhte Personensicherheit – sicherere Abrechnungssysteme 	<ul style="list-style-type: none"> – neue Gefahren für den Datenschutz – stärkere Manipulierbarkeit aus Bedeutungszuwachs von IT-Systemen – Erhöhung Rechtsunsicherheit
sauber und ressourcenschonend	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion schädlicher Verkehrsemissionen – geringerer Ressourcen- und Flächenverbrauch – Attraktivierung Langsamverkehr 	<ul style="list-style-type: none"> – Zunahme der indirekten Emissionen – erhöhter Ressourcen- und Flächenverbrauch – unattraktiverer Langsamverkehr
zugänglich	<ul style="list-style-type: none"> – Verbesserung individueller und räumlicher Zugang zu Mobilität 	<ul style="list-style-type: none"> – neue Einschränkungen beim individuellen Zugang – Anschlussverluste für gewisse Gebiete und Räume
langfristig finanziert	<ul style="list-style-type: none"> – geringerer öffentlicher Finanzierungsbedarf – Wegfall des Einnahmeausfallrisikos der Treibstoffbesteuerung 	<ul style="list-style-type: none"> – höherer öffentlicher Finanzierungsbedarf – Erosion des Einnahmepotenzials (v.a. aus mehr Sharing)
koordiniert und abgestimmt	<ul style="list-style-type: none"> – Beitrag zur Aufrechterhaltung der dezentralen Besiedelung 	<ul style="list-style-type: none"> – erschwerte Abstimmung von Verkehrs- und Siedlungsplanung u.a. aufgrund neuer privater Akteure – Förderung der Zersiedelung durch bessere Erreichbarkeit

Zieldimension	Chance	Risiko
international eingebunden	– neue Möglichkeiten im internationalen Verkehr	– uneinheitliche Lösungsansätze in den verschiedenen Ländern – schwierigere Koordination der nationalen Verkehrspolitiken – Verlust von nationaler Handlungsfähigkeit
gesellschafts-verträglich	– spürbare Produktivitätssteigerung im Verkehrsbereich – örtliche Flexibilisierung des Arbeitsmarktes – neue Berufsbilder	– grosse Umwälzungen in der Verkehrsbranche – fehlende Akzeptanz aus verschiedenen Gründen (z.B. Technologien, Datenschutz, Globalisierungseffekte) – Gefährdung arbeits- und sozialrechtlicher Normen

Stark ausgeprägt sind die Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft für die **Verkehrsfinanzierung** (Zieldimension «langfristig finanziert»), einem thematischen Schwerpunkt des vorliegenden Projekts. Mit einem im Projekt entwickelten Simulationsmodell¹ sind für die drei im Forschungspaket unterschiedenen Zukunftsbilder bzw. **Szenarien des Verkehrs der Zukunft** («Evolution ohne Disruption», «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» und «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices») die Auswirkungen auf die Landverkehrsfinanzierung in der Schweiz abgeschätzt worden.

Die wichtigsten Ergebnisse aus der Analyse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Wegfall der Mineralölsteuereinnahmen:** Dass alternative Antriebssysteme - und hier v.a. die E-Mobilität - zukünftig Verbrennungsmotoren ablösen werden, ist kaum mehr bestritten, sondern v.a. eine Frage der Zeit. Geht man von einer eher langsamen Verbreitung aus, so wird es auch längerfristig noch relevante Mineralölsteuereinnahmen geben, in disruptiveren Szenarien werden diese hingegen gänzlich wegfallen.
- **Starke Abhängigkeit der Einnahmen von der Fahrzeugflotte bei heutiger Steuer- und Abgabenstruktur:** Mit Ausnahme der LSVa und der Mineralölsteuern basieren alle Einnahmen aus dem Strassenverkehr auf der Anzahl immatrikulierter Fahrzeuge. Sollten sich neue Mobilitätsdienstleistungen wie Ride- und Carsharing durchsetzen, hat dies das Potenzial die Fahrzeugflotte stark zu verkleinern. Entsprechend rückläufig wären auch die Einnahmen aus der Fahrzeugbesteuerung.
- **Drohende Ausgabenüberschüsse im Strassenverkehr:** Durch die Vorteile, die das automatisierte Fahren bietet, findet eine Verlagerung des Verkehrs vom schienengebundenen ÖV hin zum Strassenverkehr statt. Dies kann zu höheren Strasseninfrastrukturkosten führen, wobei Abfederungen durch Effizienzsteigerungen möglich sind. Zusammen mit rückläufigen Einnahmen führt dies längerfristig im Strassenverkehr zu Ausgabenüberschüssen, die im Zeitverlauf zunehmen.
- **Langfristig sinkende ÖV Ausgaben:** In allen drei Szenarien sind die Ausgaben der öffentlichen Hand für den ÖV rückläufig, weil das Aufkommen von automatisierten Fahrzeugen und damit Robo-Taxi-Angeboten (mit unterschiedlichen Fahrzeuggrössen) neue Konkurrenz entsteht und der ÖV an Marktanteilen verliert. Das Aufkommen von kommerziellen Robo-Taxi-Angeboten reduziert den Abgeltungsbedarf, der ÖV ist aber weiterhin auf öffentliche Unterstützung angewiesen.

Die Analyse zeigt weiter, dass mit einem Wechsel von der Treibstoffbesteuerung auf eine fahrleistungsabhängige Abgabenerhebung im Strassenpersonenverkehr (also auf eine **Km-Abgabe**, wie sie in differenzierter Form auch bei Mobility Pricing vorgesehen ist) eine geeigneter Lösungsansatz zur Verfügung steht, um auf die Herausforderungen für die Verkehrsfinanzierung in der Schweiz reagieren zu können. Die absehbaren technologischen

¹ Es handelt sich um ein Simulationsmodell mit einem Zeithorizont bis 2060. Mit Blick auf diese Langfristperspektive ist es bei den getroffenen Annahmen (vgl. dazu Anhang III) naturgemäss mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet. Es ist kein Prognosemodell, sondern ein Simulationsmodell, in welchem wichtige Wirkungszusammenhänge annahmegestützt modelliert sind. Seine Ergebnisse sind ausdrücklich als Grössenordnungen zu verstehen.

Entwicklungen verbessern die Voraussetzungen für die Umsetzung einer Km-Abgabe für den Strassenpersonenverkehr.

Die **Regulierungen** inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs werden massgeblich mitentscheiden, ob die in *Tab. Z-1* überblicksartig ausgewiesenen Chancen des Verkehrs der Zukunft wahrgenommen werden können oder ob mit einem Eintreten seiner Risiken gerechnet werden muss. Der Haupttext enthält einen umfassenden Überblick über die **Herausforderungen für das Regulativ**, es wird im Detail auf die in *Abb. Z-2* ausgewiesenen Regulierungsfelder eingegangen. In allen Feldern wird ein mehr oder weniger ausgeprägter regulatorischer Handlungsbedarf identifiziert.

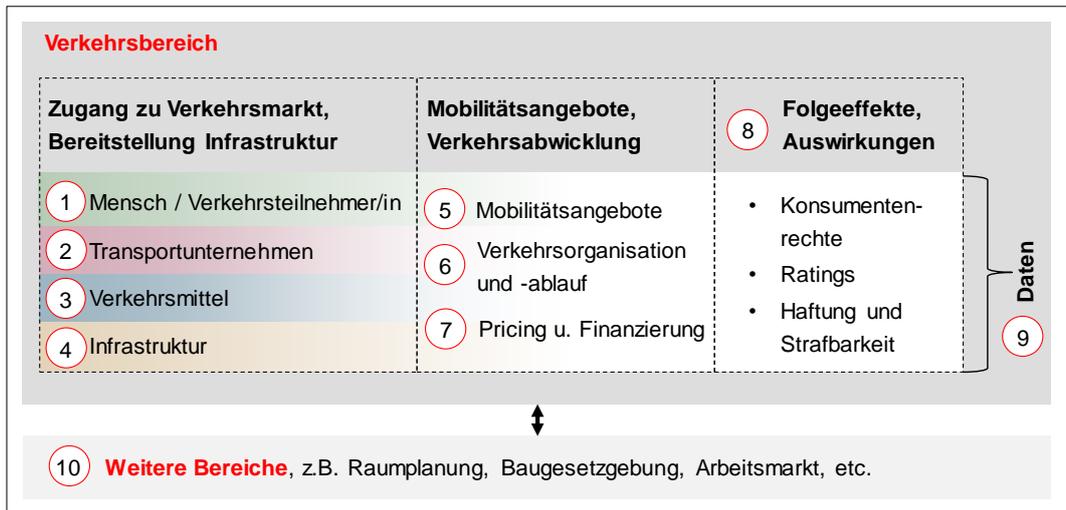


Abb. Z-2 Relevante Regulierungsfelder inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs

Die Wahrnehmung des identifizierten Handlungsbedarfs wird die zuständigen Regulatoren aus verschiedenen Gründen stark fordern:

- Wenn disruptive Entwicklungen im Kontext des Verkehrs der Zukunft ermöglicht werden sollen, braucht es teilweise sehr **grundsätzliche Anpassungen** im Regulativ.
- Die sich stellenden Fragestellungen sind inhaltlich **komplex** und «technisch» **anspruchsvoll**. Weil es um neue Entwicklungen geht, fehlen in vielen Bereichen Erfahrungen. Das gilt beispielsweise für die Zulassung (voll)automatisierter Fahrzeuge. Hier stehen grundsätzliche und für den Regulator anspruchsvolle Anpassungen an. Eine enge internationale Koordination ist unerlässlich.
- Weil auch Regulierungsfelder ausserhalb des Verkehrsbereichs betroffen sind, sind auch andere Sektoralpolitiken (z.B. die Energiepolitik) gefordert. Der **Bedarf nach sektorübergreifender Interaktion** wird bei der Weiterentwicklung von Regulierungen steigen.
- Verschiedene Fragestellungen müssen auf internationaler Ebene angegangen werden. Andere wiederum betreffen kantonale oder kommunale Akteure, weil diese im Verkehrsbereich auch als Regulatoren auftreten. In einem solchen Zusammenspiel von Akteuren **unterschiedlicher hoheitlicher Ebenen** eine effiziente Lösung zu finden, ist herausfordernd.
- Und schliesslich bestehen noch zahlreiche **Unsicherheiten** – auch unter Expertinnen und Experten – darüber, wann der Verkehr der Zukunft wie aussehen wird.
- Die Regulierungen werden Themen von **grosser gesellschaftspolitischer Relevanz** betreffen. Die **Akzeptanzfrage** wird sich ausgeprägt stellen.

Für ausgewählte Regulierungsfelder aus *Abb. Z-2* wird aufgezeigt, wie der **regulatorische Handlungsbedarf** angegangen werden könnte. Vertieft werden die folgenden **vier Regulierungsfelder**:

- Transportunternehmen (2)
- Mobilitätsangebote (5)
- Verkehrsorganisation und -ablauf (6)
- Pricing und Finanzierung (7)

Dort, wo starke Bezüge bestehen, wird auch auf die Infrastruktur (4) eingegangen.

Angesichts der noch sehr zahlreichen Unsicherheiten bezüglich der Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft ging es im vorliegenden Projekt nicht um die Entwicklung von Empfehlungen für die konkrete Ausgestaltung einzelner Regulierungen. Ziel war vielmehr, grundsätzliche Optionen aufzuzeigen, die dem Regulator offenstehen. Um die gesamte Bandbreite von Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen, sind zwei deutlich unterschiedliche **«strategische Stossrichtungen»** entwickelt worden, an denen sich künftige Regulierungen in den vier vertieften Feldern ausrichten könnten.

- Die **Stossrichtung «laissez-faire»** ist eine ausgeprägt liberale Stossrichtung. Sie setzt prioritär auf Marktkräfte und privatwirtschaftliche Lösungen und nimmt bezüglich Regulierung eine insgesamt zurückhaltende Haltung ein (Stichwort «regulation behind of the curve»).
- Die **Stossrichtung «proaktiv steuern»** ist ein gewisser Gegenpol zu «laissez-faire». Die öffentliche Hand wird nicht nur als Regulator, sondern stärker auch als «Steuermann» und eigenständig handelnder Akteur gesehen. «Regulation ahead of the curve» ist bedeutsamer.

Die Analyse zeigt, dass der Regulator in zahlreichen Regulierungsfeldern über strategische Optionen wird entscheiden können bzw. müssen:

- Mit dem Verkehr der Zukunft werden neue Verkehrsformen im Verkehrssystem und im Mobilitätsmarkt auftreten. Die bisher dominante Unterscheidung zwischen motorisiertem Individualverkehr und öffentlichem Verkehr verliert an Relevanz. Es muss eine Vorstellung entwickelt werden, wie mit dem **gewerbsmässigen privaten On-demand-Verkehr** umgegangen werden soll, der heute als Taxiverkehr noch von vergleichsweise geringer Bedeutung ist, im Verkehr der Zukunft als Betreiber von automatisierten Fahrzeugen (Robo-Taxis) aber ein wichtiger Player werden könnte. Die Frage stellt sich nicht nur von der Integration in das Verkehrssystem, sondern auch von den Zuständigkeiten her: Heute sind die Kantone für den Taxiverkehr zuständig, morgen wird es massgeblich auch der Bund sein, weil es eine schweizweit gleiche Regulierung brauchen wird und weil Robo-Taxi-Dienstleistungen – gemäss heutigem Verständnis – dem Personenbeförderungsregal des Bundes zu unterstellen sein werden, wenn diese Verkehrsform wie erwartet deutlich an Bedeutung gewinnen sollte.
- Mit dem Aufkommen des gewerbsmässigen privaten On-demand-Verkehrs wird verbunden sein, dass **neue Akteure mit neuen Geschäftsmodellen** in den Verkehrsmarkt drängen werden. Heute sind es in erster Linie Transportunternehmen im Besitz der öffentlichen Hand, die kollektive Transportdienstleistungen erbringen. Morgen könnten es insbesondere auch private Unternehmen teilweise von ausserhalb des Verkehrsbezugs sein, deren Geschäftsmodelle konsequent einer betriebswirtschaftlichen Logik folgen werden. Über eine mehr oder weniger restriktive Regulierung wird der Regulator darüber entscheiden, welche Rolle diese mitunter ausländischen Akteure im Verkehrsmarkt übernehmen können bzw. sollen.
- Die Frage **«privat» oder «öffentlich»** wird sich nicht nur für Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen stellen. Verschiedene Entwicklungen im Verkehr der Zukunft (z.B. die digitale Ausrüstung der Infrastruktur, die neuen Möglichkeiten für das Verkehrsmanagement, neue Betreibermodelle im Bereich Parkierung) werden bewirken, dass privatwirtschaftliche Lösungen **auch im Infrastrukturbereich** (inkl. Finanzierung) neu zu diskutieren sein werden. Insgesamt kann bei der Rollenverteilung zwischen öffentlichen und privaten Akteuren eine spürbare Verschiebung zu letzteren erfolgen, wenn der Regulator im Sinne der Stossrichtung «laissez-faire» stärker auf private Lösungsansätze setzen will. Interessierte private Akteure finden sich sowohl im Verkehrsbereich (z.B. Fahrzeughersteller, Mobilitätsdienstleister und/oder -vermittler) als auch ausserhalb (z.B.

Akteure aus dem Energie-, Telekom- und IT-Bereich). Generell wird die Regulierung verstärkt auf gewinnorientierte private Akteure ausgerichtet sein müssen.

- Wenn neue Angebots- und Verkehrsformen auftreten, verändern sich die **Wettbewerbsverhältnisse** im Verkehrsmarkt. Die zur Regelung dieses Wettbewerbs massgeblich eingesetzten Instrumente, Konzessionen und Bewilligungen, werden auf diese Veränderungen ausgerichtet werden müssen. Da sich die Wettbewerbsfrage räumlich sehr unterschiedlich stellen wird, wird im Konzessions- und Bewilligungswesen eine noch stärkere Differenzierung je nach Rahmenbedingungen notwendig werden. Über die Umsetzung wird der Regulator entscheiden, wo er wie viel Wettbewerb zulassen will. Im urbanen Raum und auf Hauptstrecken werden sich diesbezüglich ganz andere Möglichkeiten ergeben als im ländlichen Raum und auf Nebenstrecken. Mit Blick auf die Zuständigkeiten wird eine stärkere räumliche Differenzierung die Regulatoren auf unterschiedlichen hoheitlichen Ebenen (international, national, kantonale und kommunale) herausfordern.
- Wenn der **On-demand-Verkehr** mit automatisierten Fahrzeugen auch in der Grundversorgung, also im bestellten Verkehr, deutlich an Bedeutung gewinnt, wird sich das **Ausschreibungs- und Bestellwesen** auf diese Entwicklung einstellen müssen. Weil «On-demand», werden neue Wege für die Leistungsbeschreibung und neue Kriterien für den Angebotsvergleich gefunden werden müssen. Der Bestellvorgang wird sich stark verändern. Der Regulator wird auch entscheiden müssen, in welchen Fällen er auf nachfrageseitig ansetzenden Massnahmen zur Sicherung der Grundversorgung setzen will. Schliesslich wird sich auch in diesem Bereich die Zuständigkeitsfrage nach Staatsebene stellen.
- Die **Infrastrukturentwicklung** wird noch einige Zeit mit Unsicherheiten bezüglich der positiven Kapazitätseffekte des Verkehrs der Zukunft leben müssen. Immerhin zeichnet sich ab, dass spürbare positive Kapazitätseffekte wegen des noch längerfristig vorhandenen Mischverkehrs von Fahrzeugen mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad erst längerfristig wirksam werden. Infrastrukturausbauten im politisch aktuell diskutierten Zeithorizont (2030 - 2040) werden deshalb nicht bereits bei ihrer Eröffnung, sondern erst allenfalls im Zeitverlauf überflüssig und damit zu «sunk investments» werden. Dank der rollenden Planung beim Verkehrsinfrastrukturausbau besteht eine gewisse Möglichkeit, auf neue Erkenntnisse zu den Kapazitätseffekten des Verkehrs der Zukunft reagieren zu können. Und schliesslich wird bei gewissen Verkehrsinfrastrukturen auch in Zukunft die Möglichkeit bestehen, sie neuen Nutzungen zuzuführen, wenn sie nicht mehr oder für andere Verkehrszwecke benötigt werden. Nicht alle Verkehrsinfrastrukturen werden «für die Ewigkeit» gebaut.
- Der absehbare Wechsel bei den Antriebssystemen weg von nicht-erneuerbaren Energieträgern wird ein **neues Verkehrsfinanzierungssystem** notwendig machen. Statt der Energie- bzw. Treibstoffverbrauch wird die Fahrleistung als Bemessungsgrundlage für Abgaben und Steuern im Vordergrund stehen. Mit dieser Bemessungsgrundlage steht - anders als bei der Besteuerung fossiler Treibstoffe - eine auch langfristig vorhandene Basis für die Generierung von Mitteln zur Finanzierung der «Verkehrswende» zur Verfügung. Neue technische Möglichkeiten zur Abgaben- und Steuerdifferenzierung werden die Frage hervorrufen, welche Rollen die verschiedenen Infrastruktureigentümer (Bund, Kantone, Gemeinden) bei der Ausgestaltung und Umsetzung des neuen Systems spielen werden.
- Die Ausgangslage für **Mobility Pricing bzw. genereller für differenzierte fahrleistungsabhängige Verkehrsabgaben** wird sich verändern, wenn private Akteure sowohl im Verkehrs- als auch im Infrastrukturbereich neue Funktionen übernehmen. Der Regulator wird u.a. abwägen müssen zwischen der für die Umsetzung kommerzieller Geschäftsmodelle zentralen Preisgestaltungsfreiheit für private Akteure und Verkehrssteuerungswirkungen, die er über entsprechende, direkt bei den Verkehrsteilnehmenden ansetzende Preissignale erzielen möchte.
- Schliesslich ergeben sich ganz **neue Optionen** für die «operative» **Verkehrssteuerung**. Von diesen Optionen kann der Regulator mehr oder weniger restriktiv Gebrauch machen. Gleiches gilt für die **Differenzierung von Verkehrsabgaben**. Die viel zahlreicher werdenden grundsätzlichen Möglichkeiten sollten aber nicht dazu führen, dass das Pricing im Verkehrsbereich inkohärent wird, weil es zu viele unterschiedliche Ziele verfolgt.

- An verschiedener Stelle ist in obigen Punkten erwähnt worden, dass sich die **Frage der hoheitlichen Zuständigkeiten** im Verkehrsbereich neu stellen wird. Grund sind zunehmende Interdependenzen zwischen dem Verkehrsbereich und weiteren Sektoren (z.B. Verkehrs- und Energiebereich), aber auch innerhalb des Verkehrsbereichs. Insgesamt zeichnet sich ein Bedeutungszuwachs der internationalen und nationalen Ebene ab.

Der **Zeithorizont** des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft» ist mit dem Jahr 2060 ein sehr weiter. Für das vorliegende Forschungsprojekt kann nicht dieser Zeithorizont im Vordergrund stehen. Welches Verkehrssystem sich in der Schweiz im Zuge der weitergehenden Automatisierung im Verkehr entwickeln wird, hängt nicht in erster Linie von den Regulierungen im Jahr 2060 ab, sondern insbesondere von jenen im Zeitraum davor.

Mit Blick auf die vielen Unsicherheiten und Grenzen im Wissensstand wäre es vermessen, auf Basis der im vorliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse bereits eine «Regulierungsagenda für den Verkehr der Zukunft» auf die Zeitachse bis 2060 legen zu wollen. Es ist aber eine **Einschätzung der groben Fristigkeiten** vorgenommen worden, wann die in diesem Bericht diskutierten Regulierungsthemen angegangen werden müssten. *Abb. Z-3* zeigt diese Einschätzung im Überblick. «Langfristig» entspricht dabei dem Zeithorizont des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft», also 2060.



Abb. Z-3 Einschätzung der Fristigkeiten des identifizierten regulatorischen Handlungsbedarfs

Résumé

Dans les prochaines décennies, les progrès technologiques et les développements de la demande en matière de mobilité vont engendrer des bouleversements profonds dans le secteur des transports. Des **développements en rupture** vont principalement venir du **côté de l'offre**, en particulier sur les trois axes suivants.

- Concernant la technologie des moteurs, il faut présumer un renoncement aux moteurs à combustion en faveur de ceux alimentés sans énergie fossile, notamment les électromoteurs.
- En raison de la progression de la numérisation, l'automatisation des véhicules va se développer. Les véhicules autonomes en sont la conséquence directe.
- Il faut présumer qu'il y aura une évolution de la possession personnelle de véhicules à une utilisation partagée (« sharing » de véhicule ou/et de trajets).

Le rapport ci-dessous donne une **vue d'ensemble** de ces développements et se penche – un peu moins en détails cependant – sur trois autres caractéristiques des **transports du futur**.

- Nouveaux systèmes de transports, nouvelles infrastructures comme par exemple le Hyperloop ou le Cargo Sous Terrain
- Objets volants automatisés comme par exemple les drones ou les taxis aériens
- Effets de la numérisation sur la logistique et le transport de marchandises

De ces développements résultent **des opportunités et des risques** dans de nombreux domaines à l'intérieur et à l'extérieur du secteur des transports. Pour mieux les identifier et les évaluer, une **image cible** pour la mobilité du futur a été développée.

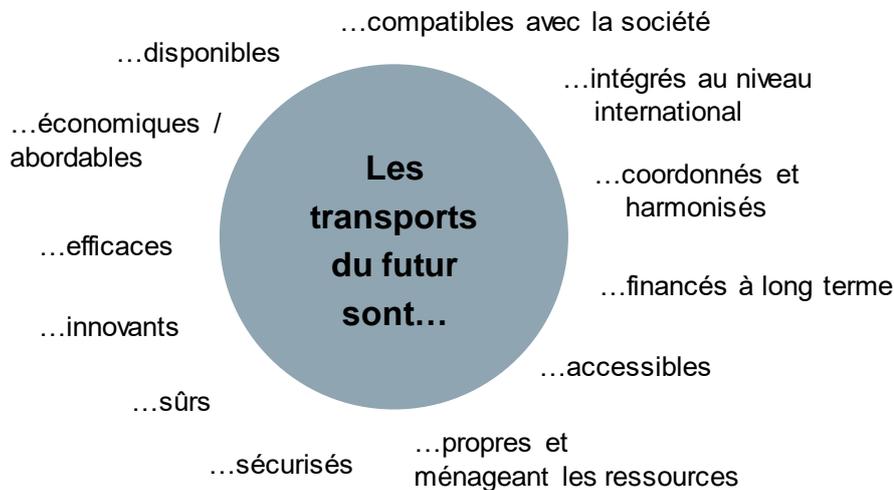


Fig. R-1 Image cible pour les transports du futur

Le débat met en évidence que la mobilité du futur va engendrer des opportunités mais aussi créer des risques dans toutes les dimensions citées dans la figure Fig. R-1. Le tableau Tab. R-1 résume ceux-ci sommairement. La conception des règlements futurs est un des facteurs clé qui déterminera si les opportunités pourront être saisies et les risques minimisés. Outre les progrès technologiques, la réglementation jouera également un rôle décisif dans la détermination du niveau d'automatisation des futurs véhicules de transport terrestre. Il y a encore aujourd'hui une grande incertitude à ce sujet.

Tab. R-1 Tableau synoptique des opportunités et des risques des transports du futur

Dimension	Opportunités	Risques
Disponibles	<ul style="list-style-type: none"> – Augmentation de la capacité de l'infrastructure en place, entre autres grâce à la conduite autonome. – Gains de capacité consécutifs à l'amélioration du taux de remplissage des véhicules – Nouvelles capacités par de nouveaux systèmes de transports 	<ul style="list-style-type: none"> – Une demande de mobilité plus forte à cause de la baisse des coûts, de davantage de groupe d'utilisateurs, de plus de voyages à vide etc.
Economiques / abordables	<ul style="list-style-type: none"> – Coûts d'infrastructure réduits par des transports plus fragmentés, plus légers – Infrastructure des nouveaux systèmes de transports plus légère – Frais d'exploitations des véhicules autonomes (par exemple en raison d'une plus grande efficacité énergétique, d'un entretien plus ciblé) réduits – Indépendance des énergies fossiles et donc de leur prix sur le marché. – Nouvelles offres de services de mobilité bon marché suite à de nouveaux modèles d'entreprise – Effet sur la productivité et sur les coûts résultant de l'automatisation (plus de conducteur) et du partage – Coûts horaires diminués grâce à des durées de trajets réduites, gain de temps d'exploitation, davantage de confort 	<ul style="list-style-type: none"> – Plus grandes et nouvelles exigences quant à l'équipement (numérique) de l'infrastructure (y compris exigences en matière de sécurité et de protection) et des véhicules – Infrastructure des nouveaux systèmes de transport chère – Prix plus élevés à cause de nouveaux monopoles sur le marché des transports (par exemple chez les agents de services de mobilité) – Durée de trajet plus élevée à cause de la vitesse moyenne plus petite des véhicules autonomes et d'une plus grande demande en matière de mobilité
Efficaces	<ul style="list-style-type: none"> – Système de tarification dans le domaine des transports plus proche du principe pollueur-payeur – Renforcement du financement par les usagers – Renforcement de la concurrence par de nouveaux acteurs – Réduction de l'asymétrie d'information – Nouvelles options pour plus d'efficacité dans la planification du trafic 	<ul style="list-style-type: none"> – Moindre influence de l'Etat sur les prix, politique de prix économiques peu efficace – Nouvelles situations de mono- ou oligopoles.
Innovants	<ul style="list-style-type: none"> – Nouveaux modèles d'entreprise et offres innovantes – Renforcement du secteur des transports comme secteur d'investissements 	<ul style="list-style-type: none"> – Écartement des acteurs locaux par des acteurs internationaux
Sûrs	<ul style="list-style-type: none"> – Moins d'accident de la circulation grâce à l'automatisation 	<ul style="list-style-type: none"> – Plus d'accident de la circulation à cause du trafic mixte et pour des raisons techniques
Sécurisés	<ul style="list-style-type: none"> – Sécurité des personnes plus élevée – Système de facturation plus sûrs 	<ul style="list-style-type: none"> – Nouveaux dangers concernant la protection des données – Caractère plus manipulable à cause de l'importance croissante des systèmes informatiques – Accroissement du flou juridique
Propres, ménageant les ressources	<ul style="list-style-type: none"> – Réduction des émissions nuisibles dues aux transports – Réduction de la consommation de ressources et de surfaces – Mobilité douce plus attractive 	<ul style="list-style-type: none"> – Augmentation des émissions indirectes – Augmentation de la consommation de ressources et de surfaces – Mobilité douce moins attractive
Accessibles	<ul style="list-style-type: none"> – Amélioration de l'accès individuel et de l'accès spatial 	<ul style="list-style-type: none"> – Nouvelles restrictions à l'accès individuel – Perte de connexions pour certaines régions et lieux

Dimension	Opportunités	Risques
Financés à long terme	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de financement public réduit – Disparition du risque de perte de recettes de l'impôt sur les carburants 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de financement public plus élevé – Érosion du potentiel de maximisation des recettes
Coordonnés et harmonisés	<ul style="list-style-type: none"> – Contribution au maintien d'une occupation décentralisée du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> – Coordination difficile de la planification future de la circulation et de l'urbanisation à cause de nouveaux acteurs privés – Stimulation du mitage du territoire par une plus grande facilité d'accès
Intégrés au niveau international	<ul style="list-style-type: none"> – Nouvelles possibilités dans le transport international 	<ul style="list-style-type: none"> – Approches hétérogènes dans les différents pays – Coordination difficile des différentes politiques de transport nationales – Perte de la capacité d'action nationale
Compatibles avec la société	<ul style="list-style-type: none"> – Augmentation sensible de la productivité dans le domaine des transports – Flexibilisation du marché du travail au niveau local – Nouveaux profils professionnels 	<ul style="list-style-type: none"> – Grands bouleversements dans le secteur des transports – Pauvre acceptation générale pour différentes raisons (par ex. technologies, protection des données, effets de la mondialisation) – Mise en danger des normes du droit du travail et du droit social

Les opportunités et les risques sont particulièrement marqués dans le secteur du **financement des transports** (dimension « financé à long terme »), une priorité thématique de ce projet. Un modèle de simulation² développé dans le cadre de ce projet a permis d'évaluer les impacts sur le financement des transports en Suisse en considérant trois **visions d'avenir pour les transports du futur**, respectivement trois scénarios différents possibles (« évolution sans perturbation », « révolution des offres de mobilité individuelle », « révolution des offres de mobilité collective »). Les résultats essentiels de l'analyse peuvent être résumés comme suit :

- **Disparition des recettes dues aux impôts sur les huiles minérales** : Il est incontestable que le remplacement des moteurs à combustion par des systèmes alternatifs – notamment l'électromobilité – n'est plus une question de fonds mais de temps. Si on présume une propagation lente, il y aura encore des recettes dues aux impôts sur les huiles minérales significatives un certain temps. Au contraire, dans les scénarios disruptifs celles-ci disparaissent complètement.
- **Forte dépendance des recettes de la dimension de la flotte de véhicules à cause des systèmes fiscaux et de redevances en place actuellement** : Sauf exception de la RPLP et des impôts sur les huiles minérales, toutes les recettes du trafic routier sont basées sur le nombre de véhicules immatriculés. Si les nouvelles offres de mobilité comme le covoiturage devaient s'imposer, la flotte de véhicule diminuerait potentiellement de beaucoup. En correspondance, cela engendrerait aussi une diminution des recettes relatives à la taxation des véhicules.
- **Excédents de dépenses imminent dans le trafic routier** : Les avantages offerts par la conduite automatisée entraîneront un transfert des transports publics sur rails au trafic routier. Ceci peut engendrer une majoration des coûts pour les infrastructures routières, en notant qu'une atténuation par une augmentation d'efficacité est possible. Conjugée à la diminution des recettes, cette situation entraîne à long terme des excédents de dépenses dans le secteur des transports routiers, qui augmentent avec le temps
- **Réduction à long terme des dépenses liées aux transports publics** : dans les trois scénarios, les dépenses du secteur public pour les transports collectifs sont à la baisse,

² Il s'agit d'un modèle de simulation avec un horizon temporel limité à 2060. En raison de cette perspective à long terme, il est dans la nature des choses que les hypothèses formulées (voir appendice C) soient sujettes à de nombreuses incertitudes. Ce n'est pas un modèle de prévision mais un modèle de simulation, qui modélise des interactions importantes basées sur des hypothèses. Les résultats doivent explicitement être considérés comme des ordres de grandeur.

à cause d'une perte de parts de marché de ce secteur en raison de la nouvelle concurrence liée à l'avènement des véhicules automatisés et de l'offre de robots taxis (avec des véhicules de différente grandeur). L'offre émergente des robots taxis réduit les besoins en redevances mais les transports publics continueront à dépendre des subventions publiques.

L'analyse montre également qu'un passage de l'imposition sur les carburants à une perception de redevances en fonction de la distance parcourue (**redevance kilométrique**, comme prévue sous une forme différenciée dans Mobility Pricing) est une approche adéquate disponible pour affronter les défis relatifs au financement des transports en Suisse. Les conditions préalables à la mise en œuvre d'une redevance kilométrique pour le trafic routier individuel sont améliorées par les développements technologiques prévisibles.

Les **règlements** à l'intérieur du secteur des transports et à l'extérieur de celui-ci vont jouer un rôle décisif quant à la capacité du système à saisir les opportunités des transports du futur mentionnées dans le tableau *Tab. R-1*. Ou alors, s'il faut plutôt envisager que les risques surviennent. Le texte principal contient une vue d'ensemble exhaustive **des défis à considérer dans l'élaboration des règlements**. Les différents champs de réglementation de la figure *Fig. R-2* sont traités en détails. Les besoins d'interventions, plus ou moins grands, sont identifiés pour chaque champ.

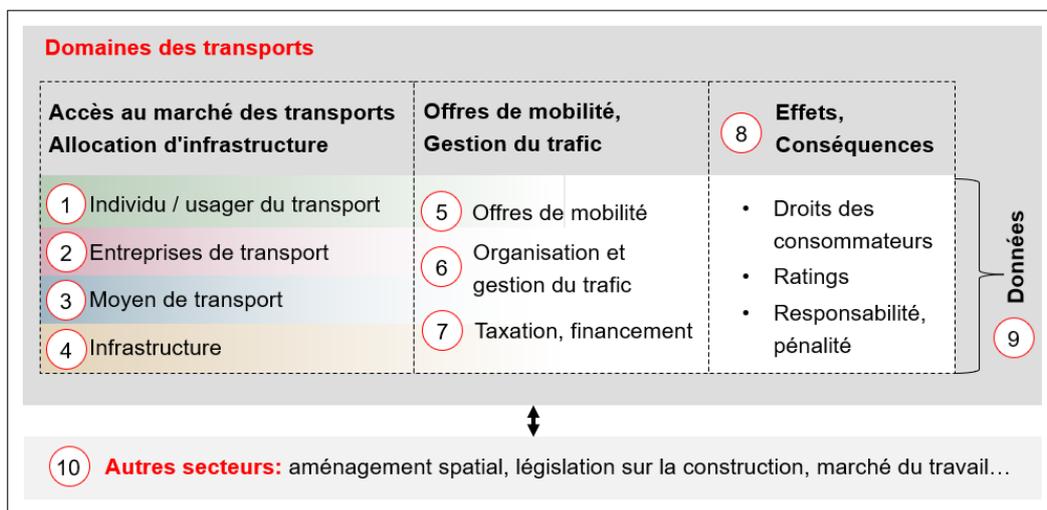


Fig. R-2 Champs de réglementation pertinents à l'intérieur et à l'extérieur du secteur des transports

Pour différentes raisons, la prise en compte de ces besoins va être un grand défi pour les régulateurs concernés :

- Il faudra des **ajustements profonds** si des évolutions disruptives dans le contexte de la mobilité du futur sont permises
- Les questions qui se posent sont **complexes** dans leur contenu et exigeantes au niveau **technologique**. Comme il s'agit de développements récents, il y a un manque d'expérience dans beaucoup de domaines. Cela s'applique, par exemple, à l'immatriculation des véhicules (entièrement) automatisés. Ici, des ajustements fondamentaux et, pour le régulateur, exigeants, sont en attente. Une coordination internationale étroite est essentielle.
- Comme cela concerne aussi des champs de réglementation hors du domaine des transports d'autres secteurs politiques (par ex. la politique énergétique) sont touchés. Le besoin **d'interactions intersectorielles** dans le développement des règlements futurs augmentera.
- Différentes problématiques devront être traitées au niveau international. D'autres au contraire, concerneront les acteurs cantonaux ou communaux parce que ceux-ci sont aussi impliqués dans la réglementation de certains aspects du secteur des transports.

Trouver une solution efficace dans ce jeu d'interactions complexes entre des **acteurs de différente souveraineté** est ardu.

- Pour terminer, il y a encore de nombreuses **incertitudes** – même chez les experts - quant à savoir à quoi ressembleront à quel moment les transports du futur.
- Les réglementations vont toucher à des thèmes de **grande importance en matière de politique sociale**. La question de **l'acceptation** sera prononcée.

Pour certains champs de réglementation choisis, la figure *Fig. R-2* montre des façons possibles de traiter **le besoin d'intervention nécessaire** au niveau réglementaire. Les quatre champs de réglementation suivant sont traités en profondeur :

- Entreprises de transports (2)
- Offres en matière de mobilité (5)
- Organisation et flux du trafic (6)
- Tarification et financement (7)

L'infrastructure (4) est aussi étudiée dans les cas où il y a des relations importantes.

Au vu des nombreuses incertitudes concernant la configuration des transports à l'avenir, il ne s'agissait pas de développer des recommandations pour l'élaboration concrète de règlements particuliers dans le présent projet. Le but était plutôt de montrer des options essentielles que les partis régulateurs ont à leur disposition. Deux **axes stratégiques** auxquels peuvent s'orienter les champs de réglementation relatifs aux quatre domaines approfondis ont été développés pour montrer toute la largeur de la marge de manœuvre possible.

- L'axe « **laisser-faire** » est un axe particulièrement libéral. Il mise en priorité sur les forces du marché et sur les solutions des milieux économiques privés et prône une position de retenue en matière de réglementation (mot clé « regulation behind the curve »).
- L'axe « **approche proactive** » est en quelque sorte le contre-pôle de l'axe « laissez-faire ». Les pouvoirs publics ne sont pas seulement des administrateurs mais aussi des « timoniers » forts et des acteurs significatifs. « Regulation ahead of the curve » est plus important.

L'analyse montre que le régulateur pourra et/ou devra décider des options stratégiques à suivre dans de nombreux champs de réglementation :

- Dans le cadre des transports du futur, de nouvelles formes de transports vont apparaître dans le système des transports et sur le marché de la mobilité. La grosse différence entre le transport motorisé individuel et les transports publics va perdre en importance. Il faut essayer de se faire une idée de comment on pourra gérer les **transports individuels à la demande professionnels**, qui ont certes encore peu de portée aujourd'hui (services de taxis), mais qui à l'avenir seront des acteurs bien plus importants par l'exploitation de véhicules automatisés (taxis robots). Ce n'est pas juste une problématique d'intégration dans la circulation mais aussi de compétences : aujourd'hui ce sont les cantons qui sont compétents en matière de circulation des taxis, demain ce sera aussi la confédération d'une manière décisive. Une réglementation nationale pour toute la Suisse sera nécessaire et les services de taxis robots – selon l'état actuel – devront être soumis à la régle du transport de personnes de la confédération, si cette forme de transport joue, comme prévu, un rôle plus important.
- Avec l'avènement des transports individuels à la demande professionnels, de **nouveaux acteurs avec de nouveaux modèles commerciaux** vont se bousculer sur le marché des transports. Aujourd'hui ce sont en premier lieu des entreprises de transports aux mains du secteur public qui offrent les prestations de transport collectif. Demain, il se pourrait que cela soit des entreprises privées en partie extérieures au secteur des transports et dont les modèles de gestion suivent un logique économique rigou-

reuse qui offrent ces prestations. Le régulateur décidera au travers d'une réglementation plus ou moins restrictive du rôle que pourront/devront prendre ces acteurs parfois étrangers sur le marché des transports.

- La question de « **privé** » ou « **public** » ne va pas seulement se poser pour les prestataires de services de transports. Différents développements dans le domaine de la mobilité de demain (équipement numérique de l'infrastructure, nouvelles possibilités de gestion du trafic, nouveaux modèles d'exploitation dans le secteur du stationnement) vont avoir pour effet de relancer le débat sur la place des approches du secteur privé dans le domaine **de l'infrastructure** (y compris de son financement). En somme, si le régulateur décide de mettre l'emphase sur les approches privées en choisissant un axe stratégique « laissez-faire », un glissement sensible des rôles des acteurs publics vers les acteurs privés en faveur de ces derniers pourrait se faire sentir. Il y a des acteurs privés intéressés tout autant dans le domaine des transports (producteurs de véhicules, prestataires de services de transport et/ou intermédiaires) que dans des domaines à l'extérieur de celui-ci (secteur de l'énergie, de l'informatique ou des télécommunications). En général, la réglementation devra se concentrer davantage sur les acteurs privés à but lucratif.
- Les **rapports de concurrence** sur le marché du transport vont changer avec l'avènement de nouvelles offres et formes de mobilité. Les moyens, concessions et autorisations utilisés pour réglementer cette concurrence devront s'adapter à ces changements. Sur le plan spatial, la question de la concurrence va se poser de façon très diversifiée. En conséquence, une différenciation prenant en compte le cadre spatial sera nécessaire pour les régimes des concessions et des autorisations. Par la mise en œuvre de ces régimes, le régulateur décidera de combien de concurrence il y aura dans quel domaine. Ainsi, les possibilités seront bien différentes s'il s'agit d'un espace urbain ou d'une ligne principale que s'il s'agit d'un espace rural ou d'une ligne secondaire. Sur le plan des compétences, une différenciation plus poussée liée au cadre spatial constituera un défi majeur pour les régulateurs, à cause des différents niveaux de souveraineté (international, national, cantonal, communal) concernés.
- Si la **mobilité « on demand »** avec les véhicules autonomes gagne également en terrain dans le domaine des prestations de bases, le transport sur commande, le **régime des appels d'offre et de la gestion des commandes** devront s'adapter à ce développement. Comme l'offre est « on demand », il faudra trouver de nouvelles façons de décrire les prestations et des nouveaux critères pour comparer les offres. La façon de faire les commandes va changer énormément. Le régulateur devra aussi définir quelles mesures il entend privilégier pour assurer les prestations de bases en matière de demande. Enfin, la question de la compétence au niveau étatique va aussi se poser dans ce domaine.
- Le **développement des infrastructures** devra composer encore un bon moment avec des incertitudes concernant l'effet positif sur la capacité de transport des transports du futur. Au moins, il semble que les effets tangibles favorables sur la capacité de transport ne se feront sentir que sur le long terme à cause d'un trafic mixte persistant de véhicules à différents niveaux d'automatisation, de sorte que les infrastructures discutées dans le cadre de l'horizon temporel politique actuel (2030-2040) ne deviendront pas superflues (et donc des « sunk investments ») dès leur ouverture mais seulement, le cas échéant, par la suite. En raison de la planification continue de la construction des infrastructures pour les transports du futur, la possibilité de réagir aux nouvelles connaissances acquises sur les effets sur la capacité de transport subsiste. Finalement, on pourra aussi trouver à l'avenir des nouvelles affectations pour certaines infrastructures de transport qui ne sont plus du tout utilisées ou qui sont requises pour un autre usage. Toutes les infrastructures de transport ne sont pas construites pour l'éternité.
- À cause du glissement prévisible vers des moteurs aux sources d'énergie renouvelable **un nouveau système de financement des transports** sera nécessaire. Au lieu de la consommation d'énergie ou de carburant, ce sont les kilomètres parcourus qui seront à la base des calculs pour les redevances et les impôts. Avec cette assiette fiscale – contrairement à la taxation sur les carburants fossiles – on dispose d'une base pour la génération de fonds sur le long terme en vue du financement de ce changement de cap dans le domaine des transports. Des nouvelles possibilités technologiques pour une

- différentiation plus poussée des redevances et des impôts remettra sur le tapis la question du rôle des différents propriétaires d'infrastructures (Confédération, cantons, communes) dans la conception et la mise en œuvre du nouveau système.
- Si des acteurs privés prennent de nouvelles fonctions dans le secteur des transports comme dans celui de l'infrastructure, la base de départ pour **la tarification différenciées de la mobilité respectivement plus généralement pour les redevances en fonction de la performance kilométrique** va changer. Le régulateur devra entre autres arbitrer entre la liberté tarifaire décisive pour la mise en œuvre de modèles commerciaux pour les acteurs privés et les effets sur la gestion des transports qu'il voudra engendrer par une politique de prix correspondante imposée directement aux usagers de la route.
 - Finalement, des **options complètement nouvelles pour le trafic management « opérationnel »** se dégageront. Le régulateur pourra utiliser ces options d'une manière plus ou moins restrictive. Il en est de même pour **la différenciation des redevances routières**. Mais les nombreuses alternatives fondamentalement possibles ne devront pas mener à une taxation incohérente parce que celle-ci suit trop d'objectifs différents.
 - Le fait que des nouvelles questions relatives à **la compétence en matière de souveraineté** vont se poser dans le domaine des transports a déjà été mentionné à divers endroits ci-dessus. Ceci en raison des interdépendances progressives entre le secteur des transports et d'autres secteurs (par exemple le secteur des transports avec le secteur de l'énergie) mais aussi à l'intérieur même du secteur des transports. Dans l'ensemble, le niveau international et national va gagner en signification.

L'horizon temporel (2060) du programme de recherche « Transports du futur » est très large. Cet horizon temporel ne peut être primordial pour le présent projet de recherche. La sorte de système de transport qui va se développer en Suisse à la suite de la continuation de l'automatisation ne dépend pas en première ligne de la réglementation qui sera en place en 2060, mais de celle mise en œuvre auparavant.

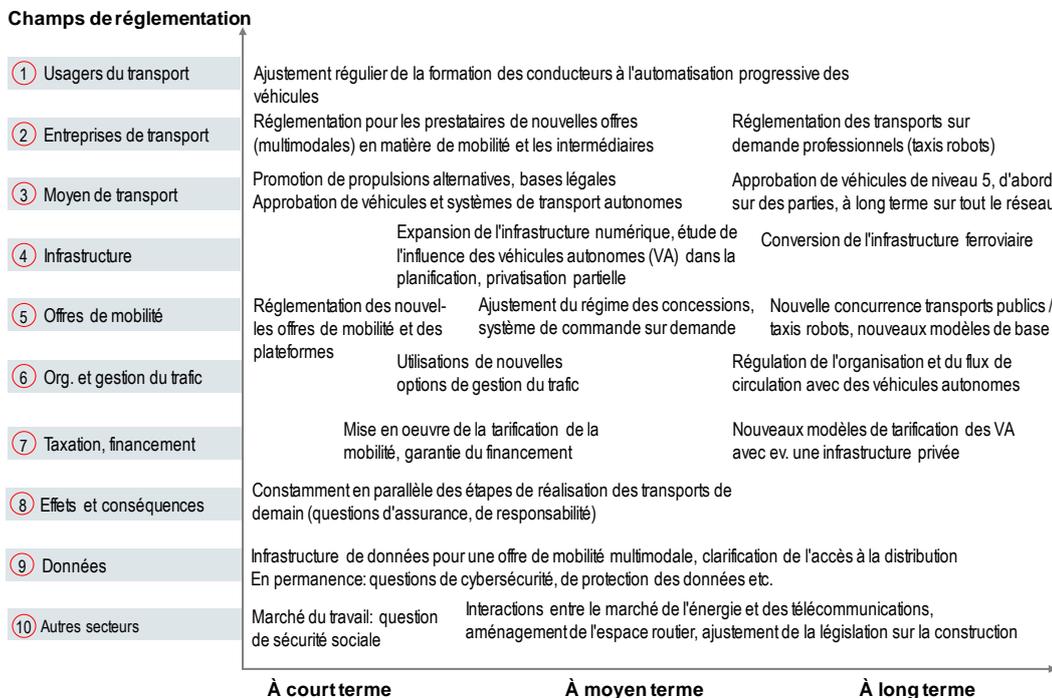


Fig. R-3 Évaluation des échéances des interventions de réglementations requises identifiées

En regard des nombreuses incertitudes et limitations du savoir, il serait présomptueux d'établir sur la base des constatations tirées de ce projet un « agenda de réglementation pour les transports du futur » sur un axe temporel allant jusqu'en 2060. Mais une **évaluation grossière des échéances** quant au moment d'aborder les thèmes de réglementation discutés dans ce projet est faisable. La figure *Fig. R-3* montre une vue d'ensemble de ces échéances. Le terme « à long terme » correspond à l'horizon temporel du programme de recherche « Transport du futur », 2060.

Summary

In the coming decades, technological progress and developments in demand for mobility will bring about profound changes in the transport sector. Disruptive developments will mainly come from the supply side, in particular in the following three areas.

- As far as engine technology is concerned, it is to be assumed that combustion engines will be abandoned in favour of those powered without fossil fuels, particularly electric motors.
- Due to the increase in digitalisation, vehicle automation will develop. Autonomous vehicles are a direct consequence of this.
- It is to be assumed that there will be a shift from personal vehicle ownership to shared use ("sharing" of vehicles and/or journeys).

The report below provides an overview of these developments and looks - albeit in somewhat less detail - at three other characteristics of the transport of the future, i.e. « tomorrow's transport ».

- New transport systems, new infrastructures such as the Hyperloop or Underground Cargo Systems
- Automated flying objects such as drones or air taxis
- Effects of digitisation on logistics and freight transport

These developments result in opportunities and risks in many areas within and outside the transport sector. To better identify and assess them, a target picture for future mobility has been developed.

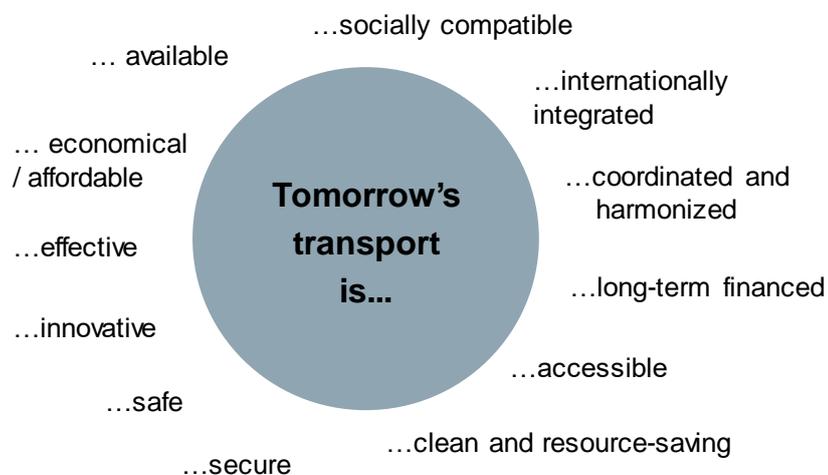


Fig. S-1 Target picture for the transport of the future

The debate highlights that future mobility will generate opportunities but also create risks in all the dimensions mentioned in *Fig. S-1*.

Tab. S-1 summarises these briefly. The design of future regulations is one of the key factors that will determine whether opportunities can be seized and risks minimized. In addition to technological advances, regulations will also play a key role in determining the level of automation of future land transportation vehicles. There is still a great deal of uncertainty about this.

Tab. S-1 Synoptic table of opportunities and risks of the transport of the future

Dimension	Opportunities	Risks
Available	<ul style="list-style-type: none"> – Increasing the capacity of the existing infrastructure, among other things through autonomous driving. – Capacity gains from improved vehicle occupancy rates – New capacities through new transport systems 	<ul style="list-style-type: none"> – higher demand for mobility due to lower costs, new user groups, more empty trips, etc.
Economic / affordable	<ul style="list-style-type: none"> – Reduced infrastructure costs through more fragmented, lighter transport – Lower infrastructure intensity for new transport systems – Reduced operating costs of autonomous vehicles (e.g., due to greater fuel efficiency, more targeted maintenance) – Independence of fossil fuels and therefore their market price. – New offers of cheap mobility services as a result of new business models – Effect on productivity and costs resulting from automation (omission of drivers) and sharing – Reduced hourly costs due to shorter journey times, reduced operating time, more comfort 	<ul style="list-style-type: none"> – Increased and new (digital) equipment requirements for infrastructure (including security and protection requirements) and vehicles – Infrastructure for new expensive transport systems – Higher prices due to new monopolies in the transport market (e.g. mobility service agents) – Higher travel time due to the lower average speed of autonomous vehicles and greater demand for mobility
Effective	<ul style="list-style-type: none"> – Transport pricing system closer to the polluter-pays principle – Strengthening of user funding – Increased competition from new players – Reduction of information asymmetry – New options for more efficiency in traffic planning 	<ul style="list-style-type: none"> – Less state influence on prices, ineffective economic pricing policy – New situations of mono- or oligopolies.
Innovative	<ul style="list-style-type: none"> – New business models and innovative offers – Strengthening the transport sector as an investment sector 	<ul style="list-style-type: none"> – Displacement of local actors by global players
Safe	<ul style="list-style-type: none"> – Fewer traffic accidents thanks to automation 	<ul style="list-style-type: none"> – More traffic accidents due to mixed traffic and for technical reasons
Secure	<ul style="list-style-type: none"> – Higher personal safety – More secure billing system 	<ul style="list-style-type: none"> – New dangers for data protection – More manipulable because of the growing importance of computer systems – Increased legal uncertainty
Clean, resource-saving	<ul style="list-style-type: none"> – Reduction of harmful emissions from transport – Reduced consumption of resources and land – Higher attractiveness for slow traffic 	<ul style="list-style-type: none"> – Increase in indirect emissions – Increased consumption of resources and land – Lower attractiveness for slow traffic
Accessible	<ul style="list-style-type: none"> – Improving individual and spatial access to mobility 	<ul style="list-style-type: none"> – New restrictions on individual access – Loss of accessibility for certain regions and places
Long-term financed	<ul style="list-style-type: none"> – Reduced need for public funding – Disappearance of the risk of loss of fuel tax revenue 	<ul style="list-style-type: none"> – Higher need for public funding – Erosion of the revenue potential
Coordinated and harmonized	<ul style="list-style-type: none"> – Contribution to the maintenance of a decentralized settlement of the territory 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficult coordination of future traffic and urban planning due to new private actors – Stimulation of urban sprawl through easier access to the territory
Internationally integrated	<ul style="list-style-type: none"> – New opportunities in international transport 	<ul style="list-style-type: none"> – Heterogeneous approaches in different countries

Dimension	Opportunities	Risks
		<ul style="list-style-type: none"> – Difficult coordination of different national transport policies – Loss of national capacity to act
Socially compatible	<ul style="list-style-type: none"> – Substantial increase in transport productivity – Flexibility of the labour market at local level – New job profiles 	<ul style="list-style-type: none"> – Major upheavals in the transport sector – Poor general acceptance for various reasons (e.g. technology, data protection, effects of globalization) – Endangering labour and social law standards

The opportunities and risks are particularly marked in the area of **transport financing** (dimension "long term financing"), a thematic priority of this project. A simulation model³ developed within the framework of this project has made it possible to assess the impacts on transport financing in Switzerland by considering three visions for the transport of the future, respectively three different possible scenarios ("Evolution without disruption", "Revolution of individual mobility services", "Revolution of collective mobility services").

The main results of the analysis can be summarised as follows:

- **Erosion of revenues from mineral oil taxes:** It is more or less indisputable that the replacement of combustion engines by alternative systems - notably electromobility - is no longer a question of "if", but rather a question of time. Assuming a slow spread of electromobility, there will still be significant revenues from mineral oil taxes for some time to come. On the contrary, in a more disruptive scenario these will disappear completely.
- **High dependence of revenues on the size of the vehicle fleet due to the tax and fee systems currently in place:** With the exception of the HVF and mineral oil taxes, all road traffic revenues are based on the number of vehicles registered. If new forms of mobility such as car sharing were to become established, the vehicle fleet would potentially decrease by a great deal. This would also lead to a corresponding reduction in revenues from vehicle taxation.
- **Imminent excess spending in road traffic:** The advantages offered by automated driving will lead to a shift from rail-based public transport to road traffic. This may lead to increased costs for road infrastructure, noting that mitigation through increased efficiency is possible. Together with declining revenues, this leads in the longer term to expenditure surpluses in road transport, which increase over time.
- **Long-term reduction in public transport expenditure:** In all three scenarios, public sector expenditure on public transport is falling, due to a loss of market share in this sector as a result of new competition from the advent of automated vehicles and the supply of Robo-Taxis (with vehicles of different sizes). The emerging supply of Robo-Taxis reduces the need for compensation but public transport will continue to depend on public subsidies.

The analysis also shows that with a shift from fuel taxation to distance-related charges (kilometre charge, as foreseen in a differentiated form in mobility pricing) an adequate approach is available to address the challenges of financing land transport in Switzerland. The preconditions for the implementation of a kilometre-related charge for individual road traffic are improved by foreseeable technological developments in the transport sector.

Regulations inside and outside the transport sector will play a decisive role in the system's ability to seize the opportunities of tomorrow's transport mentioned in *Tab. S-1* or whether its risks can be expected to materialise. The main text provides a comprehensive overview

³ It is a simulation model with a time horizon limited to 2060. Because of this long-term perspective, it is in the nature of things that the assumptions made (see Appendix C) are subject to many uncertainties. It is not a forecast model but a simulation model, which models important interactions based on assumptions. The results should explicitly be considered as orders of magnitude.

of the challenges to be considered in the development of regulations. The various regulatory fields in *Fig. S-2* are discussed in detail. A more or less pronounced need for regulatory action is identified in all fields.

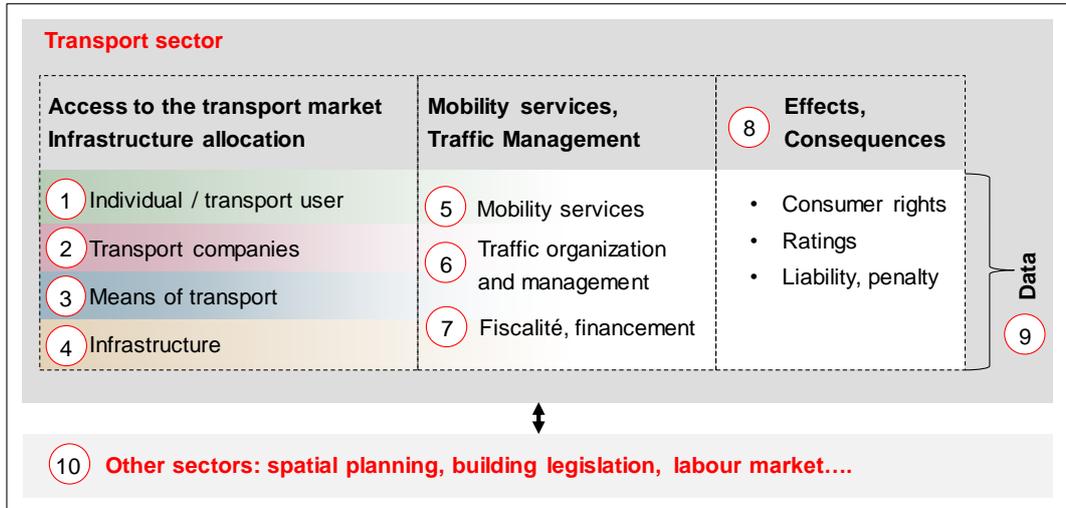


Fig. S-2 Relevant regulatory fields inside and outside the transport sector

For various reasons, taking these needs for action into account will be a great challenge for the regulators concerned:

- If disruptive developments in the context of the transport of the future are to be made possible, some very **fundamental adjustments** to the regulatory framework will be necessary.
- The issues involved are **complex** in content and « technologically » **demanding**. As these are recent developments, there is a lack of experience in many areas. This applies, for example, to the registration of (fully) automated vehicles. Here, fundamental and, for the regulator, demanding adjustments are pending. Close international coordination is essential.
- As this also concerns fields of regulation outside the transport sector, other policy sectors (e.g. energy policy) are affected. The **need for cross-sectoral interaction** and coordination in the development of future regulations will increase.
- Different issues will have to be addressed at the international level. Others, on the other hand, will concern cantonal or municipal actors because they are also involved in the regulation of certain aspects of the transport sector. Finding an effective solution in this complex **interplay of actors at different levels of government** is difficult.
- Finally, there are still many **uncertainties** - even among experts - as to what tomorrow's transport will look like.
- Regulations will touch on issues of **great socio-political relevance**. The question of **acceptance** will be pronounced.

For selected regulatory areas of *Fig. S-2*, possible ways to address the need for regulatory action are pointed out. The following four regulatory areas are discussed in more detail in this report:

- Transportation companies (2)
- Mobility services (5)
- Organization and traffic flows (6)
- Pricing and financing (7)

Infrastructure (4) is also considered in cases where there are significant relationships.

In view of the still very numerous uncertainties regarding the design of the transport of the future, it was not the intention to develop recommendations for the concrete elaboration of individual regulations in the present project. Rather, the aim was to show essential options that the regulatory bodies have at their disposal. In order to show the entire range of possible courses of action, two clearly different "strategic thrusts" have been developed, which could serve as a basis for the future regulations in the four in-depth fields.

- The "**laissez-faire**" axis is a particularly liberal axis. It gives priority to market forces and private business solutions and advocates a restrained stance on regulation (keyword "regulation behind the curve").
- The "**proactive approach**" is in a way the counterpart of the "laissez-faire" approach. Public authorities are not only regulators but also strong "helmsmen" and significant players. "Regulation ahead of the curve" is more important.

The analysis shows that the regulator will be able and/or will have to decide on the policy options to be followed in many areas of regulation:

- In the context of tomorrow's transport, new forms of transport will appear in the transport system and on the mobility market. The basic distinction between individual motorised transport and public transport will become less and less important. An idea must be developed of how to deal with **commercial private on-demand traffic**, which today still has little reach (taxi services), but which in the future will probably be a much more important player through the operation of automated vehicles (Robo-Taxis). It is not just a question of integration in traffic, but also of competence: today the cantons are responsible for taxi traffic, and in the future the confederation will also be decisively responsible. A national regulation for the whole of Switzerland will be necessary and the Robo-Taxi services - as things stand at present - will have to be subject to the Confederation's passenger transport regulations if this form of transport plays a more important role, as expected.
- With the advent of commercial private on-demand traffic, **new players with new business models** will enter the transport market. Today it is primarily publicly owned transport companies that provide public or collective transport services. Tomorrow, it may be private companies, some of them from outside the transport sector, whose business models will consistently follow an economic logic, that offer these services. By means of more or less restrictive regulation, the regulator will decide what role these sometimes foreign players can or should play in the transport market.
- The question of "**private**" or "**public**" will not only arise for transport service providers. Various developments in the field of tomorrow's transport (digital infrastructure equipment, new traffic management possibilities, new operating models in the stationing/parking sector) will have the effect of reopening the debate on the place of private-sector solutions **in the field of infrastructure** (including its financing). Overall, if the regulator decides to put the emphasis on private approaches by choosing a "laissez-faire" strategic axis, a significant shift in the roles of public actors towards private actors in favour of the latter could make itself felt. Interested private actors can be found both in the transport sector (e.g. vehicle manufacturers, mobility service providers and/or intermediaries) and outside it (e.g. actors from the energy, telecommunications and IT sectors). In general, regulation will have to focus more on profit-oriented private actors.
- The **competitive relationship** on the transport market will change with the advent of new services and forms of mobility. The means, concessions and authorisations used to regulate this competition will have to adapt to these changes. In spatial terms, the question of competition will arise in a very diverse way. Consequently, a differentiation taking into account the spatial framework will be necessary for the concession and authorisation regimes. In implementing these regimes, the regulator will decide how much competition there will be in which area. For example, the possibilities will be quite different if it is an urban area or a main line than if it is a rural area or a branch line. In terms of competences, a further differentiation linked to the spatial framework will be a major challenge for regulators, because of the different levels of sovereignty (international, national, cantonal, communal) involved.
- If **on-demand transport services** with autonomous vehicles is also gaining ground in the area of basic services, i.e. transport services ordered by the public, the **regime of**

calls for tender and order management will have to adapt to this development. As supply is "on demand", new ways of describing services and new criteria for comparing offers will have to be found. The process of the ordering system will change substantially. The regulator will also have to decide in which cases he wishes to rely on demand-side measures to safeguard the basic services. Finally, the question of state level responsibility will also arise in this area.

- The **development of transport infrastructure** will have to deal for a while yet with uncertainties concerning the positive effect on the transport capacity of tomorrow's transport. At the very least, it seems that the positive tangible effects on transport capacity will only be felt in the long term due to persistent mixed traffic of vehicles with different levels of automation, so that the infrastructures discussed in the framework of the current political time horizon (2030-2040) will not become superfluous (and therefore "sunk investments") as soon as they are opened, but only - if at all - afterwards. Due to the rolling planning of infrastructure extension in Switzerland, it will partly be possible to react to new knowledge on the effects of tomorrow's transport on transport capacity. Finally, it will also be possible in the future to find new utilisations for certain transport infrastructure that is no longer used at all or that is required for another usage. Not all transport infrastructure is built for eternity.
- Because of the foreseeable shift towards engines with renewable energy sources, a **new system of financing transport** will be necessary. Instead of energy or fuel consumption, the kilometres travelled will be the basis for calculating charges and taxes. This tax base - in contrast to the taxation of fossil fuels - provides a basis for the long-term generation of funds to finance this change of direction in the transport sector. New technological possibilities for a further differentiation of charges and taxes will bring up again the question of the role of the different infrastructure owners (Confederation, cantons, municipalities) in the design and implementation of the new system.
- If private players take on new functions in both the transport services and the infrastructure, the starting point for **differentiated mobility charges** or, more generally, **mileage-based charges** will change. Among other things, the regulator will have to arbitrate between the decisive tariff freedom for the implementation of business models for private actors and the effects on transport management that he will want to generate by a corresponding pricing policy imposed directly on road users.
- Finally, completely **new options** for the "operational" **traffic management** will emerge. The regulator will be able to use these options in a more or less restrictive way. The same applies to **the differentiation of transport charges and taxes**. But the many fundamentally possible alternatives should not lead to inconsistent taxation because it follows too many different objectives.
- It has been mentioned at various points above that the **question of sovereign powers** in the transport sector will arise anew. This is due to the progressive interdependencies between the transport sector and other sectors (e.g. the transport sector with the energy sector) but also within the transport sector itself. Overall, the international and national level will become more significant.

The **time horizon** (2060) of the "Transport of the future" research programme is very broad. The present research project cannot focus on this time horizon. Which transport system will develop in Switzerland in the course of the further automation of traffic does not primarily depend on the regulations in 2060, but especially on those in the period before that.

In view of the many uncertainties and limitations of knowledge, it would be presumptuous to establish a "regulatory agenda for the transport of the future" on the basis of the findings of this project on a time axis up to 2060. However, a **rough assessment of the timeframes** for addressing the regulatory issues discussed in this project is feasible. *Fig. S-3* shows an overview of these timeframes. The term "long term" corresponds to the time horizon of the "Transport of the future" research program, 2060.

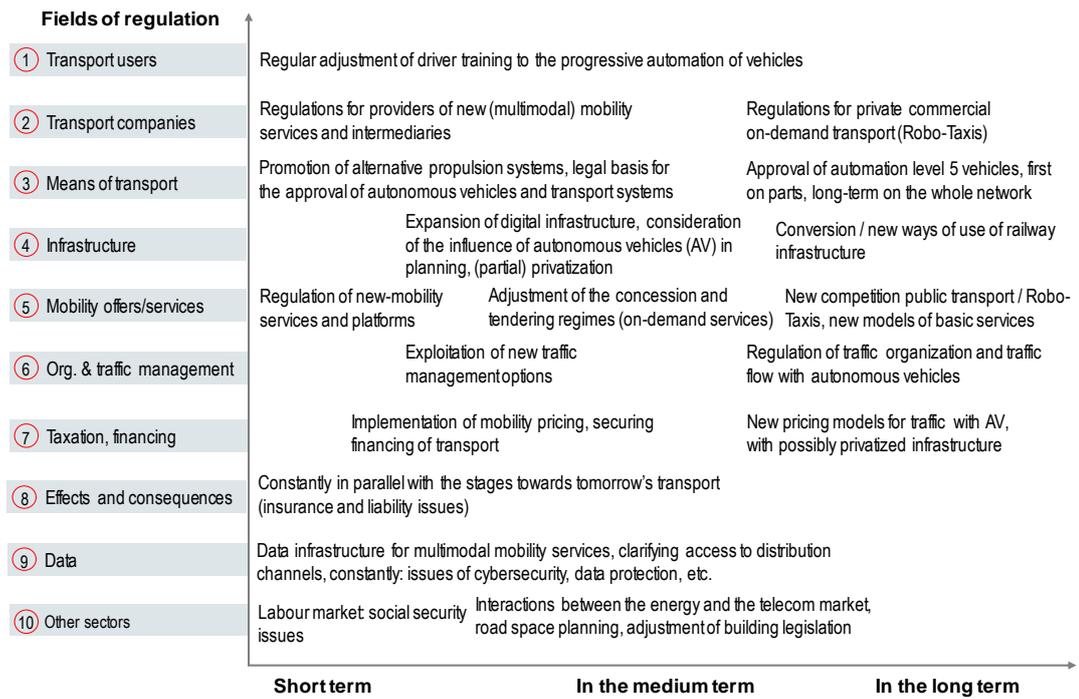


Fig. S-3 Assessment of timelines for identified required regulatory tasks

1 Einleitung

1.1 Das Forschungspaket im Überblick

Technologische Entwicklungen wie bspw. die Digitalisierung, aber auch Entwicklungen auf Seiten der Mobilitätsnachfrage werden im Verkehrsbereich in den nächsten Jahren und Jahrzehnten zu grundlegenden Umwälzungen führen. Vor diesem Hintergrund ist das Forschungspaket Verkehr der Zukunft 2060 lanciert worden. In sieben Teilprojekten (vgl. Abb. 1) werden

- die **Umfeldfaktoren** (demografische Alterung, Auswirkungen des Klimawandels, mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft, Wechselwirkungen Verkehr-Raum), welche die Mobilitätsnachfrage und
- die **technologischen Entwicklungen** sowie die Entwicklung von neuen **Angebotsformen** und damit **Geschäftsmodellen**, welche das Mobilitätsangebot verändern, analysiert.

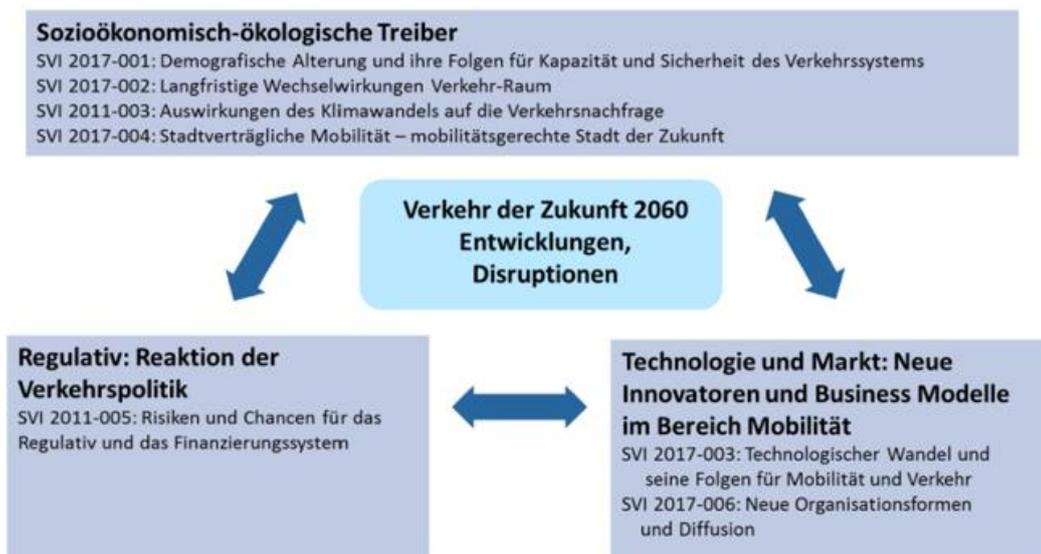


Abb. 1 Zusammenhang der Teilprojekte im Forschungspaket Verkehr der Zukunft

Der Verkehrsbereich ist aus verschiedenen Gründen ein traditionell stark regulierter Bereich:

- Er weist Merkmale auf, aufgrund derer bei einer reinen Marktlösung keine effiziente Lösung resultiert. Hohe Fixkosten, wie sie klassischerweise bei Verkehrsinfrastrukturen zu finden sind, und Netzwerkeffekte führen ohne Regulierung zu **ineffizienten Monopollösungen**. Weiter begründen aus ökonomischer Sicht **Externalitäten**, im Verkehrsbereich bspw. ungedeckte Kosten für durch Verkehrsemissionen verursachte Gesundheitsschäden, eine Regulierung durch den Staat.
- Der Staat verfolgt im Verkehrsbereich Zielsetzungen, die über eine möglichst effiziente durch den Markt erbrachte Lösung hinausgehen. Im Sinne des **Service public** sollen Mobilitätsangebote bereitgestellt werden, die – weil kommerziell nicht rentabel – bei einer Marktlösung nicht erbracht würden.

Vor diesem Hintergrund fungiert der Staat nicht nur als Regulator, er wirkt teilweise auch als Leistungserbringer mit, insbesondere bei der Bereitstellung und Finanzierung der Infrastruktur, aber auch bei der Bestellung von Verkehrsangeboten durch den öffentlichen Verkehr und hier in den meisten Fällen durch Unternehmen im Eigentum der öffentlichen

Hand. Wenn sich in einem stark regulierten Bereich grundlegende Umwälzungen abzeichnen, ist der Regulator herausgefordert: Über das Regulativ bestimmt er mit, ob und in welchem Umfang aus den Umwälzungen neue Chancen und Möglichkeiten oder aber neue Risiken resultieren. Im vorliegenden Forschungsprojekt geht es um diese Herausforderungen für den Regulator und um strategische Optionen, wie ihnen begegnet werden kann.

1.2 Fragestellungen und Zielsetzungen des Forschungsprojekts

Die Analysen in den anderen Projekten des Forschungspakets (vgl. *Abb. 1*) sowie die weiteren wissenschaftlichen Erkenntnisse zeigen, dass die disruptiven Entwicklungen im Verkehr der Zukunft primär von der Angebotsseite ausgehen und auf drei Achsen zurückzuführen sind:

- Bei der **Antriebstechnologie** ist von einer Abkehr vom Verbrennungsmotor hin zum Elektroantrieb auszugehen. Dieser Trend lässt sich bspw. daran ablesen, dass der Börsenwert des Elektroautobauers Tesla trotz deutlich kleinerem Umsatz und Verzögerungen in der Produktion grösser ist als jener von General Motors (Stand Anfang August 2018).⁴ Massive staatliche Förderprogramme wie bspw. jenes in China (ab 2019 müssen bei grösseren Autohersteller 10% aller verkauften Fahrzeuge über einen Elektroantrieb verfügen⁵) tragen zu dieser Entwicklung bei.
- Dank der fortschreitenden Digitalisierung wird die **Automatisierung der Fahrzeuge** weiter zunehmen, selbstfahrende Fahrzeuge sind eine zentrale Konsequenz dieser Entwicklung. Die weltweit erste Zulassung eines selbstfahrenden Lastwagens für den Betrieb auf dem übergeordneten Strassennetz erfolgte bereits 2015 im US-Bundesstaat Nevada. Entsprechende Entwicklung sind auch im öffentlichen Verkehr ein Gang, wie bspw. verschiedene Testbetriebe in der Schweiz auf der Strasse (z.B. Testbetrieb «Smart Shuttle» in Sion von PostAuto, in Zug von SBB und Mobility sowie in Schaffhausen und Bern von den lokalen Verkehrsbetrieben), aber auch auf der Schiene (Metro M2 Lausanne oder z.B. Pilotbetrieb der SOB auf der Strecke Mogelsberg – Wattwil) illustrieren.
- Schliesslich ist von einem Wandel vom Fahrzeugbesitz hin zu gemeinsamer Nutzung (Stichwort «Sharing» von Fahrzeugen und/oder Fahrten) auszugehen. Auch hier ist die Digitalisierung der zentrale Treiber, schafft sie doch ganz neue Möglichkeiten für Vermittler von **Mobilitätsdienstleistungen** wie bspw. Uber, «Mobility as a Service» (MaaS) ist das Schlagwort der Stunde.

Es sind diese drei Achsen, die im vorliegenden Forschungsprojekt den Kern des Verständnisses von Verkehr- bzw. Mobilität der Zukunft ausmachen. Der **Fokus des Projekts** liegt entsprechend auf dem **Personenverkehr**. Auf drei weitere Ausprägungen des Verkehrs der Zukunft geht das Projekt nur beschränkt ein:

- **Neue Verkehrssysteme und -infrastrukturen** wie bspw. Hyperloop oder Cargo Sous Terrain
- **Automatisierte Flugobjekte** wie z.B. Drohnen oder Flugtaxis
- Auswirkungen der **Digitalisierung auf die Logistik** und auf den **Güterverkehr**

Die skizzierten absehbaren Entwicklungen stellen den Staat als Regulator und Verkehrsfinanzierer vor grosse Herausforderungen:

- Da es sich um disruptive Entwicklungen handelt und diese auch die bestehenden Grenzen zwischen Individualverkehr und öffentlichem Verkehr verschieben werden, wird eine blosser Justierung des aktuellen Regulativs im Verkehrsbereich nicht ausreichen, teilweise wird es grundlegende Anpassungen brauchen. Zudem zeigt bspw. die sozialversicherungsrechtliche Diskussion in Zusammenhang mit dem Fahrdienst Uber, dass

⁴ <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/finanzmarkt/tesla-ist-mehr-wert-als-general-motors-15720052.html>, besucht am 13.03.18

⁵ Für einen Überblick über das chinesische Förderprogramm vgl. bspw. Gather et al. (2018)

nicht nur das **Regulativ im Verkehrsbereich**, sondern auch jenes **in weiteren Bereichen** betroffen sein wird. Weiter ist zu beachten, dass sich die Herausforderungen für das Regulativ nicht einfach «nachgelagert» zu den Entwicklungen im Verkehrsbereich ergeben. Vielmehr wirkt das Regulativ selber auf diese Entwicklungen ein und beeinflusst damit die Chancen und Risiken, die mit ihnen verbunden sind.

- Grosse Herausforderungen stellen sich auch bei der **Infrastrukturentwicklung**. Braucht es bspw. weniger Infrastruktur, weil der Verkehr dank Sharing und Automatisierung effizienter abgewickelt werden kann, oder wird dieser Effekt durch mehr Mobilität dank neuen Angeboten kompensiert? Und inwiefern ändern sich die Anforderungen an die Infrastruktur? Alles Fragen, auf die derzeit noch keine abschliessenden Antworten gegeben werden können, aber angesichts der Langfristigkeit von Planung und Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen werden müssten.
- Auch in der **Verkehrsfinanzierung** ergeben sich neue Ausgangslagen, wenn bspw. die Grenzen zwischen privatem und öffentlichem Verkehr teilweise verschmelzen und die Frage des Service public neu beantwortet werden muss, oder wenn mit dem Wechsel bei der Antriebstechnologie die einfache und effiziente Besteuerung des Treibstoffes als zentrale Finanzierungsquelle im Zeitverlauf entfällt und eine verkehrsspezifische Besteuerung der Elektrizität keine Alternative zur Treibstoffbesteuerung darstellt.

Das vorliegende Projekt soll *erste* Antworten auf diese sich abzeichnenden Fragestellungen geben:

- Dafür werden die **wichtigsten Trends** sowohl in der Verkehrsnachfrage als auch im Verkehrsangebot in aller Kürze aufgearbeitet werden. Detaillierte Ausführungen dazu finden sich in den anderen Projekten des Forschungspakets Verkehr der Zukunft 2060 gemäss *Abb. 1*.
- Zweitens braucht es eine Übersicht über die verschiedenen **Felder**, in denen die heute absehbaren Entwicklungen im Verkehrsbereich zu neuen **Chancen und Risiken** führen, mit entsprechenden Herausforderungen für das Regulativ. Der Fokus liegt zwar auf dem Verkehrsbereich, nachgelagert sollen aber Volkswirtschaft, Gesellschaft und Umwelt ebenso betrachtet werden. Für die Wirtschaft sind bspw. Produktivitätseffekte von Bedeutung, oder neue Opportunitäten für wirtschaftliche Aktivitäten. Für die Gesellschaft stellen sich neue Fragen in Bereichen wie Sicherheit und – wegen der zunehmenden Nutzung von Big Data – Datenschutz.
- Sind die Chancen- und Risiko-Felder identifiziert, kann auf das betroffene Regulativ und die in den einzelnen **Regulierungsfeldern** anfallenden **Herausforderungen** geschlossen werden. Und es können ausgehend von Konzepten aus der Regulierungstheorie strategische Ansätze entwickelt werden, wie sich ergebende Chancen besser genutzt und Risiken gemindert werden können.

Es ist nicht der Anspruch des Projekts, pfannenfertige Rezepte zur Anpassung des Regulativs im Verkehrsbereich zu entwickeln oder gar eine Road Map für die Umsetzung von Anpassungen aufzustellen. Dafür bestehen bezüglich künftiger Verkehrsentwicklung noch zu viele Unsicherheiten. Ziel ist eine Übersicht über die vielen Chancen-/Risiko-Felder und basierend auf theoretisch-konzeptionellen Grundlagen **strategische Stossrichtungen für Anpassungen des Regulativs**, um die Chancen zu verstärken und die Risiken zu minimieren.

1.3 Berichtsaufbau

- Ob die Auswirkungen von neuen Entwicklungen im Verkehrsbereich positiv (Chancen) oder negativ (Risiken) beurteilt werden, ist nicht zuletzt abhängig von den **Zielsetzungen**, die verfolgt werden. **Kapitel 2** enthält daher eine Zusammenstellung der wesentlichen Zielsetzungen der Schweizer Verkehrspolitik. Die Übersicht dient als Grundlage für die Identifizierung der Chancen- und Risiko-Felder in Kapitel 4.
- In **Kapitel 3** wird der **Verkehr der Zukunft** skizziert. Dabei wird auch kurz auf die drei von der Leitung des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060» definierten Szenarien möglicher Entwicklungen eingegangen.

- Aus den beschriebenen Entwicklungen werden in **Kapitel 4 Chancen und Risiken** des Verkehrs der Zukunft abgeleitet.
- **Kapitel 5** vertieft die **Chancen und Risiken** des Verkehrs der Zukunft spezifisch für das **Verkehrsfinanzierungssystem** der Schweiz. Das Kapitel gibt einen Überblick über die heute im Verkehrssystem anfallenden Kosten und deren Finanzierung. In einer qualitativen Analyse wird diskutiert, über welche Wirkungszusammenhänge der Verkehr der Zukunft auf dieses System einwirken wird. Für die drei unterschiedenen Szenarien des Verkehrs der Zukunft werden diese Auswirkungen anschliessend quantifiziert. Für die Quantifizierung ist im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekt ein **Simulationsmodell** (Verkehrsfinanzierungsmodell VFM) entwickelt worden.
- **Kapitel 6** enthält eine umfassende Auslegeordnung über die **Herausforderungen für das Regulativ**, wie sie aus den heute absehbaren Merkmalen des Verkehrs der Zukunft resultieren werden. Entlang definierter Regulierungsfelder inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs wird aufgezeigt, wo welcher Handlungsbedarf in Bezug auf das Regulativ entstehen wird.
- **Kapitel 7** geht auf die Frage der **strategischen Handlungsoptionen** ein, die dem Regulator offenstehen, um auf die identifizierten Herausforderungen zu reagieren.
- Im abschliessenden **Kapitel 8** werden die **Handlungsoptionen** mit Blick auf die in Kapitel 4 identifizierten Chancen und Risiken **gewürdigt**. Basierend darauf ziehen wir unsere Schlussfolgerungen.

2 Zielsystem für den Verkehr der Zukunft

Ob die potenziellen Auswirkungen von neuen Entwicklungen im Verkehrsbereich positiv oder negativ zu beurteilen sind, also Chancen oder Risiken darstellen, hängt davon ab, ob sie einen Beitrag zur Erreichung konkreter Ziele leisten oder ob sie diesen zuwiderlaufen. Für die Identifikation und Einschätzung der Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft sind die Zielsetzungen der Schweizer Verkehrspolitik massgebend. Solche Zielsetzungen finden sich in verschiedenen Strategiepapieren des UVEK und seiner Ämter. Die folgende Abbildung zeigt die im Rahmen des vorliegenden Projekts ausgewerteten Strategiepapiere und enthält eine Kurzbeschreibung der darin enthaltenen Zielsetzungen.

Tab. 1 Grundlagen zu Zielsetzungen der Schweizer Verkehrspolitik

Strategiepapiere / politische Vorstösse	Beschreibung
UVEK-Orientierungsrahmen 2040	Der UVEK-Orientierungsrahmen 2040 ist ein Strategiepapier des UVEK und baut auf den existierenden Strategien auf Bundes-, Departements- und Amtsebene auf. Gleichzeitig stellt der UVEK-Orientierungsrahmen 2040 eine Grundlage für die Weiterentwicklung dieser Strategien dar. Der UVEK-Orientierungsrahmen 2040 fokussiert auf das Thema Mobilität. Er spezifiziert das Regulierungsverständnis des UVEK und enthält die Zielsetzungen, die im Rahmen der Entwicklung der Mobilität und des Verkehrs in der Schweiz bis 2040 erreicht werden sollen.
Departementsstrategie des UVEK 2016	Der Fokus der Departementsstrategie des UVEK liegt auf den Aufgaben, der zum UVEK gehörenden Ämter. Den Rahmen für die Strategie setzten die Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung, die in der «Agenda 2030» am UNO-Sondergipfel 2015 verabschiedet wurden. In der Strategie werden drei Herausforderungen (Verminderung des Energie- und Ressourcenverbrauchs, Abstimmung von Verkehrs- und Raumentwicklung, digitale Entfaltung der Schweiz) identifiziert und mit entsprechenden Zielen und Massnahmen versehen.
Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014	Die Strategie des BAV für den öffentlichen Verkehr nennt Vision, Aufgabe, Leitsätze und Aufgabenschwerpunkte des Bundesamtes für Verkehrs in Bezug auf den ÖV. Ziel ist es die Entwicklung des ÖV zu fördern und negative Auswirkungen der zukünftigen Entwicklungen zu verhindern.
Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA	Die Strategie des ASTRA hält Vision, Mission und Leitsätze des Amtes fest. Dabei werden auch konkrete Ziele für verschiedene Themenbereiche (z.B. Fahrzeuge, Finanzierung, Infrastruktur usw.) genannt. Zudem wird das Vorgehen zur Umsetzung der Strategie skizziert.
Strategie nachhaltige Entwicklung 2016-2019 des ARE	In seiner Strategie für eine nachhaltige Entwicklung berücksichtigt das ARE verschiedenste Handlungsfelder. Im Handlungsfeld «Siedlungsentwicklung, Mobilität und Infrastruktur» wird entsprechend auch eine langfristige Vision des Verkehrssystems festgehalten. Dazu sind entsprechende Ziele formuliert.
Ziel und Indikatoren system nachhaltiger Verkehr UVEK (ZINV UVEK)	Das ZINV UVEK stellt eine verbindliche Grundlage auf Ebene UVEK dar und wird für die Beurteilung von Verkehrsvorhaben aus Sicht der Nachhaltigkeit verwendet. Das ZINV UVEK wird verwendet, wenn konkrete – auch nicht infrastrukturelle – verkehrspolitische Vorhaben und Massnahmen zur Beurteilung anstehen. Das ZINV UVEK enthält unter anderem einen Zielsystemkatalog für die Bereiche Ökologie, Wirtschaft und Gesellschaft.

Aus der Analyse dieser Grundlagen zu den Zielen der Schweizer Verkehrspolitik (vgl. **Anhang I**) lassen sich die 11 in **Abb. 2** wiedergegebenen Zieldimensionen ableiten.



Abb. 2 Zielbild für den Verkehr der Zukunft

Die einzelnen Zieldimensionen werden für die Identifikation und Beurteilung der Chancen und Risiken der Mobilität der Zukunft verwendet. *Tab. 2* enthält eine kurze Beschreibung der einzelnen Zieldimensionen.

Tab. 2 Definition der Zieldimensionen

Zieldimensionen	Beschreibung
...verfügbar (Bedarf an Kapazitäten und Infrastruktur)	Die zentrale Fragestellung in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur und das Verkehrsangebot ist jene nach der Dimensionierung. Welche Kapazitäten und Redundanzen müssen auf den verschiedenen Verkehrsträgern bereitgestellt werden, um die Mobilitäts- und Transportbedürfnisse der Bevölkerung befriedigen zu können?
...kostengünstig / preiswert (Mobilitätskosten- und Preise)	Kostengünstiger Transport fördert die Mobilität von Personen und den Austausch von Gütern und ist daher wichtig für die wirtschaftliche Entwicklung. Die Transportkosten umfassen dabei sämtliche mit dem Transport von Personen und Gütern verbundenen Kosten inkl. der Zeitkosten. Im Güterverkehr sind es die von den Verladern bezahlten Transportpreise sowie die Kosten für eine allfällige «Nichtverfügbarkeit» von transportierten Gütern, im öffentlichen Verkehr die Ticketpreise, die von der öffentlichen Hand zu leistenden Subventionen sowie die Zeitkosten für die nicht nutzbare Reisezeit, im motorisierten Individualverkehr und im Langsamverkehr sämtliche mit dem Fahrzeugbesitz und der Nutzung verbundenen Kosten sowie die Kosten für die nicht nutzbare Reisezeit. Die Zieldimension «kostengünstig / preiswert» muss in Kombination mit der Zieldimension «effizient» gesehen werden: Es geht um tiefe Transportkosten unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten, die der Verkehr verursacht.
...effizient (Preissetzung und Marktordnung, Verkehrsplanung)	Effizienz ist die Leistungswirksamkeit einer Lösung. Sie wird gemessen als Verhältnis von Input zum erzielten Output im Hinblick auf ein angestrebtes Ziel. Effizienz wird erreicht, wenn: – ein Output mit minimalem Input erreicht wird – mit einem gegebenen Input ein maximaler Output erreicht wird Im konkreten Fall steht die Effizienz des Verkehrssystems im Vordergrund, also die bestmögliche Nutzung bzw. Auslastung der zur Verfügung stehenden Verkehrsinfrastrukturen. Aus ökonomischer Sicht sind ein funktionierender Wettbewerb und richtig gesetzte Anreize insbesondere über die Preissetzung entscheidende Voraussetzungen für effiziente Lösungen in einem regulierten Markt wie dem Verkehrsmarkt. Kein funktionierender Wettbewerb besteht zum Beispiel beim Vorhandensein eines Monopols und marktverzerrenden staatlichen Eingriffen (z.B. Subventionen, Marktzutrittsbeschränkungen etc.). Falsche Anreize liegen vor, wenn sich in den Verkehrspreisen relevante Kosten nicht widerspiegeln (Stichwort «externe Kosten») Ebenfalls zur Marktordnung i.w.S. gehört die Regelung des Datenaustauschs zwischen Fahrzeugen (C2C) und zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur (C2I). Dieser Datenaustausch ist für

Zieldimensionen	Beschreibung
	<p>den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen von zentraler Bedeutung. Nur mit einer umfassenden Vernetzung lassen sich die von der Automatisierung erhofften verkehrliche Effizienzgewinne erzielen.</p> <p>Schliesslich spielen für die effiziente Nutzung der Verkehrsinfrastruktur verkehrsplanerische Massnahmen eine Rolle, die die Fahrzeugauslastung, das Verkehrsverhalten der Verkehrsteilnehmenden sowie die zeitliche und räumliche Verteilung des Verkehrsaufkommens beeinflussen.</p>
<p>...innovativ (Innovationsaktivitäten, innovative Produkte und Geschäftsmodelle)</p>	<p>Der Verkehr bzw. die Mobilität in der Schweiz sind innovativ, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Innovationsaktivitäten der Unternehmen der Mobilitätsbranche hoch sind (z.B. Unternehmensklima, das von Aufbruchsstimmung und Leidenschaft geprägt ist, intelligente Risikokultur und Fehlertoleranz, Anreizsysteme zur Förderung von operativer und innovativer Exzellenz, gute Durchmischung von unternehmensinternen Teams, gemeinsames und abgestimmtes Verständnis der Herausforderungen), – Ausgaben für Forschung und Entwicklung getätigt sowie Kooperationen im Bereich Forschung- und Entwicklung mit zwischen Wissenschaft und Praxis eingegangen werden, – neue innovative Geschäftsmodelle und Produkte entstehen, auch ausserhalb des unmittelbaren Verkehrsbereichs (z.B. in der IT-Branche), u.a. auch durch entsprechende Beschaffungen durch die öffentliche Hand.
<p>...sicher («safety») (Unfallrisiko)</p>	<p>Die Sicherheit der Mobilität manifestiert sich in der Anzahl Unfälle und den damit verbunden Personen- und Sachschäden. Zur Sicherheit gehört aber auch die im Verkehr wahrgenommene Sicherheit, also das Sicherheitsgefühl der Mobilitätsteilnehmenden.</p>
<p>...geschützt («security») (Persönlichkeitsschutz i.w.S., Rechtssicherheit)</p>	<p>Die Verkehrsteilnehmenden müssen nicht nur vor Verletzungsgefahren aus Unfällen, sondern generell vor Fremdeinflüssen geschützt werden, die ihre Persönlichkeit verletzen können.</p> <p>Dazu gehören die Rechtssicherheit bezüglich Zulassungs-, Haftungs-, Versicherungsfragen und weiterer rechtlich relevanter Aspekte sowie die (IT-)Sicherheit von Personendaten, die im Zusammenhang mit Mobilität gesammelt, aufbereitet und von den verschiedenen Akteuren genutzt und u.a. zur Verkehrssteuerung eingesetzt werden (Daten- bzw. Cybersicherheit).</p>
<p>...sauber und ressourcenschonend (Umweltbelastung sowie Ressourcen- und Flächenverbrauch)</p>	<p>Die Umweltfreundlichkeit umfasst mehrere Dimensionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verursachung von lokalen Emissionen in Form von Luftverschmutzung und Lärm, welche die Umwelt und die Gesundheit der Menschen schädigen. – Verursachung von Klimaschäden durch einen Anstieg des Temperaturenniveaus als Folge der Treibhausgase, die von Verbrennungsmotoren und bei der Stromproduktion auftreten. – Ressourcen- und Flächenverbrauch durch den Bau von Verkehrsinfrastruktur, die Produktion von Fahrzeugen und deren Betrieb (Verbrennung von fossilen Energieträgern, versiegelte Flächen) – Auftreten von Störfällen, die negative Auswirkungen auf die Umwelt haben können. – Nichtionisierende Strahlungen von Mobilfunkantennen (im Zuge der Digitalisierung des Verkehrs ein an Bedeutung gewinnendes Thema), die Gesundheitsauswirkungen haben können.⁶
<p>... zugänglich (Zugang zu Mobilität und Grundversorgung)</p>	<p>Bei der Grundversorgung und dem Zugang für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen geht es um das Ziel, dass alle Regionen der Schweiz, alle Unternehmen und alle Menschen unabhängig von ihren Mobilitätseinschränkungen angemessenen physischen Zugang zu Mobilität und zu Güterverkehrsdienstleistungen haben.</p> <p>Auch Komfortaspekte fallen unter diese Zieldimension.</p>

⁶ Wobei hier aus der Forschung noch unterschiedlich gut abgestützte Beobachtungen vorliegen, vgl. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektromog/dossiers/5g-netze.html#-109335539>, besucht am 24. Oktober 2019.

Zieldimensionen	Beschreibung
...langfristig finanziert (Finanzierungssicherheit)	Die finanziellen Mittel müssen ausreichen, um das gewünschte Infrastrukturniveau und die angestrebte Mobilitätsversorgung zu finanzieren.
...koordiniert und abgestimmt (Koordinierte Entwicklung des Gesamtverkehrssystems und Abstimmung von Verkehrs- und Raumplanung)	Die Mobilität von Personen und Gütern ist in der Schweiz auf unterschiedlichen Staatsebenen geregelt. Koordiniert und abgestimmt ist die Mobilität der Zukunft, wenn die Zusammenarbeit der verschiedenen Staatsebenen im Verkehrsbereich funktioniert und eine koordinierte Entwicklung des Gesamtverkehrssystems möglich ist. Mobilität ist immer die Überwindung von Raum. Die Verkehrsplanung hat daher viele gegenseitige Wechselwirkungen mit der Raumentwicklung und der Raumplanung. Koordiniert und abgestimmt ist die Mobilität der Zukunft, wenn die Wechselwirkungen zwischen Verkehrs- und Raumplanung koordiniert und abgestimmt werden.
...international eingebunden (Internationale Koordination und Interoperabilität im Verkehrsbereich)	Internationale Einbindung ist sichergestellt, wenn Planung, Bau und Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen abgestimmt sind. Die Abstimmung von regulatorischen Normen sichert Interoperabilität.
...gesellschaftsverträglich (Gesellschaftsrelevante Auswirkungen und Akzeptanz)	Der Kundensicht (Effizienz aus seiner Sicht) und Emotionalität von Verkehr sowie kulturellen Aspekten in Zusammenhang mit Mobilität werden Rechnung getragen, Geltende sozialversicherungsrechtliche Bestimmungen werden nicht unterlaufen, sozialpartnerschaftlich vereinbarte Regelungen eingehalten.

3 Verkehr und Mobilität der Zukunft: Ein Überblick

3.1 Entwicklungen auf der Nachfrage- und Angebotsseite

Auf der **Nachfrageseite** wird die zunehmende Individualisierung der Lebensentwürfe – Stichworte: räumliche Ausdehnung der sozialen Netzwerke, unterschiedliche Tagesabläufe, mehr frei verfügbare Lebenszeit, kollaboratives Konsumverhalten – das Verkehrsverhalten nachhaltig beeinflussen.⁷

- Die **Lebenserwartung** steigt dank des medizinischen Fortschritts. Die Gruppe der Rentnerinnen und Rentner wird in Zukunft entsprechend absolut wie auch anteilmässig grösser sein als je zuvor. Gleichzeitig wird die ältere Generation der Zukunft – im Vergleich zur heutigen älteren Generation – über eine bessere Bildung, bessere finanzielle Verhältnisse und eine bessere Gesundheit verfügen, was sich auf die Mobilitätsmuster auswirken wird.⁸
- Der traditionelle Besitzerwerb, der lange die individuelle Autonomie gewährleistet und damit ein Gefühl der Freiheit ausgelöst hat, verliert an Bedeutung. Zukünftig stehen nicht mehr der Besitz, sondern die **Zugangsoptimierung** im Vordergrund. Immer mehr Menschen entscheiden sich gegen den Kauf eines Fahrzeuges, um sich bei Bedarf einen Wagen zu leihen. Die individuelle Freiheit kann damit gewährleistet werden, ohne den finanziellen Ballast, die der Besitz eines eigenen Fahrzeugs mit sich bringt. Diese Entwicklung zeigt sich bereits in den grossen Städten, wo der Motorisierungsgrad rückläufig ist. In den Agglomerationen und den übrigen Regionen der Schweiz ist diese Entwicklung noch nicht erkennbar.
- Das Bewusstsein der Bevölkerung für **endliche Ressourcen und Umweltverträglichkeit** wächst. Dadurch gewinnt der nachhaltige Konsum immer mehr an Einfluss. Ethik und Verantwortung werden zu einem wichtigen Argument beim Kaufentscheid. Dies gilt auch bei der Wahl des Verkehrsmittels.

Wie zuvor bereits erwähnt zeichnen sich aber vor allem auf der **Angebotsseite** stark disruptive Trends ab. Es sind insbesondere neue Technologien und die daraus resultierenden Folgen, wie z.B. die Automatisierung oder die Elektromobilität, die grossen Einfluss auf das Verkehrssystem haben. Die in der öffentlichen Diskussion als wichtigsten erachteten Trends sind die folgenden:⁹

- Die «Energiewende» forciert die Entwicklung von **Elektromobilität**. Elektromobilität ist – unter der Voraussetzung der Nutzung erneuerbarer Energien – eine Schlüsseltechnologie, um ambitionierte energie- und klimapolitischen Zielsetzungen zu erreichen.
- Das Aufkommen **vollautomatisierter Fahrzeuge** eröffnet neue Möglichkeiten für unterschiedlichste Nutzergruppen und erlaubt neue Geschäftsmodelle im Mobilitätsmarkt. Zudem hat es auch einen starken Einfluss auf die Kostenstruktur des Verkehrs.
- Dem verstärkten Wunsch nach individuellen Mobilitätslösungen und einer Vereinfachung der Dienstleistungen wird auf der Angebotsseite mit dem Trend «Integrierte Mobilität» und «**Mobilität als Service**» (**MaaS**)» entsprochen. Von integrierter Mobilität spricht man, wenn mehr als ein Verkehrsmittel gemeinsam vermarktet wird und dadurch eine Kooperation von verschiedenen Dienstleistern entsteht oder ein Dienstleister mehrere Verkehrsmittel betreibt. Diese Kooperationen ermöglichen es, dass multimodale Tür-zu-Tür-Lösungen aus einer Hand angeboten werden können.

⁷ Vgl. Linden und Wittmer (2018)

⁸ Für eine umfassende Darstellung der Auswirkungen der demografischen Entwicklung auf den Verkehr vgl. das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Demografische Alterung und Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems» (Interface et al., 2019)

⁹ Für eine ausführliche Diskussion der Diffusion von Schlüsseltechnologien des Verkehrs der Zukunft vgl. EBP und Rapp Trans (2018), Kapitel 5 sowie ARE (2017), S. 8 und Linden und Wittmer (2018)

- Mit dem Aufkommen neuer Mobilitätsdienstleistungen verbunden ist die Möglichkeit zur effizienteren Nutzung von Verkehrsmitteln durch kollaborative Mobilitätsangebote. An der Schnittstelle zwischen privater und öffentlicher Mobilität erwächst mit dem Car-, Bike- und Parkplatz-Sharing eine neue kollaborative Mobilität, welche die Angebotsstrukturen und Nachfragemuster im Verkehrssektor rundum erneuert, neue Akteure mit innovativen Diensten am Markt platziert und etablierte Verkehrsanbieter zwingt, ihre Geschäftsmodelle und Wertversprechen neu zu formulieren.
- Beschränkte **oberirdische Platzverhältnisse** und mangelnde Akzeptanz von immer umfassenderen Verkehrsinfrastrukturen können bewirken, dass sich neue Verkehrs- und Transportsysteme wie bspw. Hyperloop oder Cargo Sous Terrain (CST) am Markt durchsetzen.
- **Automatisierte Flugobjekte** bzw. Drohnen bieten ebenfalls das Potenzial den Mobilitätsmarkt zu verändern. Drohnen bieten viel mehr Flexibilität in der Routenwahl als strassen- oder schienengebundene Verkehrsmittel da sie nicht an eine Infrastrukturgebunden sind. Denkbar ist ein Einsatz von Drohnen sowohl im Güter- wie auch im Personenverkehr.
- Letztlich bietet die **Digitalisierung** insbesondere auch in der **Logistik** neue Potenziale. Vernetzte und modulare Logistiksysteme können in diesem Bereich zu erheblichen Effizienzsteigerungen führen.¹⁰

Um in einem späteren Schritt Chancen- und Risiken sowie den Handlungsbedarf für das Regulativ abzuleiten, müssen insbesondere die disruptiven angebotsseitigen Entwicklungen etwas detaillierter betrachtet werden. In den folgenden Abschnitten werden deshalb die sechs oben genannten angebotsseitigen Trends, deren Entwicklungsstufen sowie Treiber und Entwicklungshürden beschrieben.¹¹ Die Ausführungen bauen auf dem Bericht «Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr» des Forschungspakets auf.¹²

Die nachfrageseitigen Trends werden in der Chancen-/Risiko-Analyse ebenfalls berücksichtigt, bedürfen aber an dieser Stelle keiner detaillierten Beschreibung. Sie sind in zwei spezifischen Forschungsprojekten des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft» aufgearbeitet worden.¹³

3.2 Alternative Antriebe und erneuerbare Energieträger

Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die Menschheit aus Umweltschutz-, Preis- oder Knappheitsgründen weg von Antriebssystemen kommen muss, die auf nicht-erneuerbaren Rohstoffen basieren. Aktuell existieren drei verschiedene Typen alternativer, auf erneuerbaren Energien basierende Antriebssysteme.

- **Hybridantriebe:** In Hybridfahrzeugen wird typischerweise ein Verbrennungsmotor mit einem Elektromotor kombiniert. Der Effizienzgewinn wird dadurch erzielt, dass die Elektromotoren in gewissen Situationen weniger Energie verbrauchen als Verbrennungsmotoren. Plug-in Hybride können im Gegensatz zu anderen Hybridtypen auch am Stromnetz aufgeladen werden.¹⁴ Auch im Schienenverkehr sind Hybridisierungskonzepte anzutreffen: Sie spielen insbesondere bei so genannten «Inselektifizierungen»

¹⁰ Für einen umfassenden Überblick über die Auswirkungen der Digitalisierung im Verkehr vgl. Rees (2018)

¹¹ Dabei wird generell davon ausgegangen, dass das Regulativ keine Hürde darstellt. Alle Aspekte des Regulativs werden in den folgenden Kapiteln diskutiert und in diesem Kapitel ausgeklammert.

¹² EBP und Rapp Trans (2018)

¹³ Interface et al. (2019) und Infras (2018)

¹⁴ Vgl. AGVS (ohne Datum)

eine Rolle, wo aus Wirtschaftlichkeitsgründen nur Teile einer bisher ausschliesslich dieselbetriebenen Strecke elektrifiziert werden.¹⁵ Im Luftverkehr spielen hybride elektrische Lösungen nur für grössere Flugzeuge eine Rolle.¹⁶

- **Wasserstoffantriebe:** Wasserstoffantriebe sind im Grunde genommen ebenfalls Elektroantriebe. In Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen wird Wasserstoff mit Sauerstoff zusammengeführt. Dabei entsteht elektrischer Strom. Als Abfallprodukt entsteht lediglich Wasser. Wasserstoff ist allerdings keine Energiequelle, sondern ein Energiespeicher. Stammt die verwendete Energie also nicht aus umweltfreundlichen Ressourcen, hat man das Emissionsproblem nicht gelöst.¹⁷
- **Klassische Elektroantriebe:** Elektrofahrzeuge werden von Elektromotoren angetrieben. Damit diese mit Strom versorgt werden können, werden i.d.R. Batterien (z.B. Lithium-Ionen-Akkus) eingesetzt. Teilweise gibt es Konzepte, bei denen z.B. Oberleitungen für LKW zum Einsatz kommen.

Welche Antriebstechnologien sich in Zukunft durchsetzt ist noch offen. Experten gehen aber davon aus, dass vor allem die Elektromobilität eine grosse Zukunft haben wird. Entsprechend fokussieren die folgenden Ausführungen darauf.¹⁸

Der seit etwa 2010 anhaltende Einzug des elektrischen Antriebsstrangs verändert den Strassenverkehr und die Tagesmobilität grundlegend. Nahezu sämtliche Automobilhersteller haben sich von ihrer Pfadabhängigkeit gegenüber dem verbrennungsmotorischen Automobil gelöst und bieten nun eine rapide wachsende Zahl von voll- und teilelektrischen Modellen an. Anbieter im öffentlichen Verkehr testen neue elektrische Antriebssysteme oder setzen diese bereits im Alltag ein.¹⁹

E-Mobilität ist aber auch im Güterverkehr ein aktuelles Thema, obwohl E-LKW für den Langstreckenverkehr wegen der benötigten verlässlichen und konstant weiten Reichweiten noch nicht im Vordergrund stehen.²⁰ Neue Konzepte wie bspw. modulare Baukastensysteme für Transporter²¹ fokussieren v.a. auf leichte elektrische Nutzfahrzeuge. Auf den langen Distanzen dürfte der Dieselmotor noch längere Zeit Wettbewerbsvorteile aufweisen.

Betrachtet man die aktuelle Literatur zum Thema sowie die Meinung von Experten, zeigt sich, dass sich diese erneuerbaren Antriebssysteme gemäss den drei Stufen entwickeln dürften (vgl. Tab. 3).²²

¹⁵ Vgl. Vuitton und Hecht (2019)

¹⁶ Gemäss Wehle (2019) kommen für grössere Flugzeuge – anders als für kleinere – auf absehbare Zeit nur hybride elektrische, nicht reine elektrische Lösungen in Frage. Dies ist mit ein Grund dafür, warum im Flugverkehr der Einsatz von alternativen synthetischen Treibstoffen die zentrale Stossrichtung für die Dekarbonisierung ist (vgl. dazu. Bspw. Kalis und Wilms, 2019).

¹⁷ Vgl. https://www.energie-lexikon.info/wasserstoffantrieb_als_loesung.html, besucht am 6. Juni 2018.

¹⁸ Eine ausführliche Diskussion der Elektrifizierungstrends nach Verkehrsträger enthält Kapitel 3 des Forschungsprojekts «Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr» (EBP und Rapp Trans, 2018).

¹⁹ Ein Beispiel dafür ist der Feldversuch mit selbstfahrenden Postautos in Sion (Projekt «SmartShuttle»)

²⁰ Vgl. z.B. Heine (2019)

²¹ Vgl. z.B. das Projekt «Baukasten für Ladewagensysteme» des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT, präsentiert in: Internationales Verkehrswesen (71) 3 | 2019, S. 9

²² Vgl. Verband der Automobilindustrie (2009)

Tab. 3 Entwicklungsstufen alternativer Antriebe und erneuerbaren Energieträgern

Stufe 1 Effizientere Nutzung fossiler Brennstoffe	Stufe 2 Erhöhung des Anteils von umweltfreundlicheren Antriebssystemen	Stufe 3 Flächendeckender Einsatz alternativer Antriebssysteme
Kurzfristig werden auf fossilen Brennstoffen basierende Antriebssysteme am wichtigsten bleiben. Dank Otto-, Gas und Dieselmotoren können natürliche Ressourcen aber effizienter und umweltschonender eingesetzt werden.	Mittelfristig werden alternative Antriebssysteme stärker verbreitet sein, die die Umwelt schonen. Beispiele für solche Antriebssysteme sind z.B. Biokraftstoffe, Erdgas oder Elektroantriebe (z.B. Plug-in Hybride oder Vollhybride). Um Autos zu nutzen, die von einer dieser Energieressource betrieben werden, müssen entsprechende Infrastrukturen aufgebaut werden.	Es wird davon ausgegangen, dass die Kosten der Elektromobilität weiter sinken werden und damit deren Verbreitung zunehmen wird. Langfristig dürften Elektroautos flächendeckend eingesetzt werden. Es wird daher ein engmaschiges Netz an Ladestationen errichtet. Grundsätzlich können Elektroautos aber auch zu Hause geladen werden.

Aktuell befinden wir uns am Anfang von Stufe 2. Hybridfahrzeuge und teilweise auch schon vollständig elektrisch betriebene Fahrzeuge werden zwar schon in Serie produziert, sind gemessen an ihrem Anteil an der gesamten Fahrzeugflotte aber noch eine Randerscheinung. Der Grund dafür sind neben Kosten auch die noch nicht ausreichende Effizienz dieser Antriebe. Auch die Infrastruktur, die für das Betanken bzw. Beladen dieser Technologien von Nöten ist, ist noch lange nicht ausreichend ausgebaut. Experten sind aber der Meinung, dass sich die Elektromobilität langfristig durchsetzen wird.²³ Hybridfahrzeuge oder Plugin Hybridfahrzeuge dienen als «Zwischenlösung», bevor die Elektromobilität sich langfristig durchsetzen wird. Im ersten Halbjahr 2019 erreichten Elektrofahrzeuge einen Anteil von 3.8% am Neuwagenmarkt. Studien gehen davon aus, dass bis 2035 bis zu ca. 35% der Fahrzeugflotte Elektrofahrzeuge (inkl. Plug-in Hybride) sein könnten. Der Anteil Elektrofahrzeugen am Neuwagenmarkt beträgt bis zu diesem Zeitraum – je nach Szenario – zwischen 25% und 60%.²⁴

Der Einsatz neuer Antriebssysteme wird zwar am häufigsten im Kontext des Strassenverkehrs diskutiert, beschränkt sich aber keineswegs auf diesen. Beispielsweise planen Airbus, RollsRoyce und Siemens ein grösseres hybrid-elektrisches Flugzeug.²⁵ Auch elektrisch betriebene Schiffe existieren bereits.

Als **zentrale Treiber** dieser Entwicklungen gelten folgende Faktoren:²⁶

- **Umwelt-, klima-, energie- und verkehrspolitische Zielsetzungen:** In den Energieperspektiven 2050 hat der Bundesrat aufgezeigt, dass die Elektromobilität – unter der Voraussetzung der Nutzung erneuerbaren Energien – zentral ist, um die ambitionierten energie- und klimapolitischen Zielsetzungen zu erreichen. Verschiedene Massnahmen zur Förderung der Elektromobilität sind daher bereits geplant und sollen umgesetzt werden.
- **Geo- und wirtschaftspolitische Überlegungen:** Durch die Elektromobilität nimmt die Abhängigkeit von den ölproduzierenden Staaten ab.²⁷
- **Verknappung der natürlichen Ressourcen:** Die damit verbundenen Preisanstiege machen alternative Antriebssysteme attraktiver.

²³ Vgl. dazu das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr» und dort insbesondere Anhang I (EBP und Rapp Trans, 2018)

²⁴ EBP (2018), S. 16

²⁵ Vgl. z.B. <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/mobilitaet-uns-antriebe/die-zukunft-der-mobilitaet-e-fan-x.html>, besucht am 8. Juni 2018.

²⁶ Vgl. EBP und Rapp Trans (2018), S. 44 und ASTRA, ARE, BAFU, BFE (2015)

²⁷ TA Swiss (2013), S. 187

Wie schnell die Diffusion alternativer Antriebe voran kommt, hängt aber auch von **potenziellen Hürden** ab. Diese sind unter anderem:²⁸

- **Verfügbarkeit von Ökostrom:** Stammt ein Grossteil des Stroms aus nicht erneuerbaren Quellen, verschlechtert dies die Ökobilanz der Elektroautos, was einen wichtigen Anreiz zu deren Förderung entfallen lässt.
- **Verfügbarkeit der erforderlichen Infrastruktur:** Für die Elektromobilität werden ein umfassendes Netz an Ladestationen, aber auch Massnahmen in der Energieerzeugung und der Stromverteilung benötigt. Für eine Trendwende im Verkehrssektor in Richtung E-Mobilität ist weit mehr notwendig als das Entwickeln von Elektroautos. Es wird auch einen umfassenden Umbau der Stromindustrie brauchen.
- **Weiterentwicklung der Batterietechnologie:** Damit sich die Elektromobilität vollständig durchsetzt bedarf es noch einer Weiterentwicklung der Batterietechnologie (Speicherkapazität, Energie-Dichte, Effizienz etc.)

3.3 Automatisiertes Fahren

Unter automatisiertem Fahren wird das selbständige, zielgerichtete Fahren eines Fahrzeuges im realen Verkehr ohne Eingriff des Fahrers verstanden. In diesem Bereich sind aktuell grosse technologische Fortschritte zu beobachten. Dies betrifft sowohl den privaten und öffentlichen Personenverkehr als auch den Güterverkehr.

Automatisierte Fahrzeuge werden heute primär in geschlossenen Systemen eingesetzt, in welchen sich die Fahrzeuge auf vorgegebenen Routen bewegen.²⁹ Verwendet werden solche Systeme im öffentlichen Personenverkehr und im Güterverkehr. Konkrete Beispiele sind unter anderen die Metro Lausanne oder das ECT Delta Terminal in Rotterdam, wo unbemannte und automatisiert gesteuerte Fahrzeuge Schiffscontainer innerhalb des Terminals transportieren.³⁰

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich automatisiertes Fahren sind aktuell sehr intensiv. Diverse Autohersteller und Technologie Unternehmen forschen am automatisierten Fahrzeug. Im Bahnbereich treiben die Bahnunternehmen zusammen mit Stadler Rail die Automatisierung des Zugsbetriebs im Projekt Smart Rail 4.0 voran.

Der Entwicklungspfad vom heutigen Zustand bis zum vollständigen automatisierten Fahren ist in der Literatur breit diskutiert und unbestritten. Es werden fünf Entwicklungsstufen bzw. Phasen des automatisierten Fahrens unterschieden (vgl. *Tab. 4*). Momentan befinden sich handelsübliche Fahrzeuge auf den Stufen 1 und 2 oder am Übergang zu Stufe 3. Wie schnell die Entwicklung bis hin zu Phase 5 erfolgen wird, hängt massgeblich von den Fortschritten bei den dem automatisierten Fahren zugrunde liegenden Technologien – den sogenannten «Enabling-Technologies» – ab.³¹ Zudem spielt auch die Entwicklungsgeschwindigkeit der Infrastruktur und des Regulativs eine Rolle.

Zur Geschwindigkeit und zum Zeitpunkt der Marktreife automatisierter Fahrzeuge gibt es Vorhersagen. So geht eine Studie der Beratungsfirma McKinsey³² davon aus, dass voll automatisierte Fahrzeuge ab 2020 kommerziell vertrieben werden. Für die weitere Entwicklung nach 2020 hat McKinsey verschiedene Szenarien entworfen.

²⁸ EBP und Rapp Trans (2018), S. 44 ff.

²⁹ ACS (ohne Datum)

³⁰ Vgl. VDL Containersystemen (ohne Datum)

³¹ Vgl. EBP und Rapp Trans (2018), S. 26 ff.

³² McKinsey (2016), S. 11

Tab. 4 Entwicklungsstufen des automatisierten Fahrens auf der Strasse³³

Stufe 1 Assistenzsysteme, assistent	Stufe 2 Teilautomatisiert	Stufe 3 Bedingt automatisiert	Stufe 4 Hochautomatisiert	Stufe 5 Vollautomatisiert (oder «autonome Fahrzeuge»)
Klar definierte Aufgaben können vom System übernommen werden. Dazu zählt Abstandsregeltempomat (ACC), Einparkhilfe mit automatisierter Steuerung, Spurhaltesystem (LKA) und Kombinationen davon.	Das automatisierte System übernimmt Beschleunigung, Bremsen und Steuerung. Der Fahrer ist für die Überwachung der Verkehrssituation und des Systems verantwortlich. Das System deaktiviert sich, sobald der Fahrer eingreift. Ab dieser Stufe das mit dem Platooning begonnen werden.	In bekannten, limitierten Umgebungen (z.B. Autobahn) kann der Fahrer seine Aufmerksamkeit von seiner Fahreraufgabe entfernen. Der Fahrer ist aber jederzeit in der Lage zu übernehmen, wenn das System ausfällt.	In fast allen Umgebungen ist das System im Stande sicher zu fahren. Wenn das System eingeschaltet ist, braucht der Fahrer keine Aufmerksamkeit für das Fahren aufzuwenden. Es gibt aber Auflagen (räumlich, zeitlich), wann das System verwendet werden kann.	Kein Fahrer wird benötigt. Ausser der Einstellung eines Zielortes, ist keine menschliche Interaktion mehr notwendig.

Ähnlich wie McKinsey gehen die meisten anderen Studien ebenfalls davon aus, dass mittel- bis langfristig der Anteil automatisierter Fahrzeuge stark ansteigen wird. So liegt eine Schätzung für den Bestand an hoch- und vollautomatisierten Autos für das Jahr 2035 beispielsweise bei 25%.³⁴ Dabei wird allerdings von einem disruptiven Szenario ausgegangen.

Auch im Schienenverkehr können unterschiedliche Automatisierungsstufen unterschieden werden:³⁵

0. Sichtfahrbetrieb (z.B. Strassenbahn)
 1. Nichtautomatischer Fahrbetrieb, manuell mit Zugbeeinflussung, mit Fahrer
 2. Halbautomatischer Fahrbetrieb, mit Fahrer (Geschwindigkeitsüberwachung durch das System, Beschleunigung und Bremsen automatisch, Fahrer überwacht und kann eingreifen)
 3. Fahrerloser Zugbetrieb (Zugbegleiter an Bord für die Überwachung des Fahrgastwechsels und für Notsituationen)
 4. Vollautomatischer Fahrbetrieb, ohne Fahrer (fahrerlos und unbegleitet, bei Notsituationen sind Personen in der Leitzentrale zuständig)
 5. Autonome Fahrbetrieb, selbstfahrend

Die Stufe «autonom» wäre dann erreicht, wenn sich mit künstlicher Intelligenz ausgestattete Fahrzeuge ihren Weg durch das Schienennetz selber suchen.

Hinter der Entwicklung des automatisierten Fahrens stehen verschiedene Treiber:

- **Neue Geschäftsmodelle:** Das automatisierte Fahren erlaubt neue Geschäftsmodelle, die auf Sharing oder Mobility as a Service beruhen.³⁶
- **Effizienzgewinne:** Das automatisierte Fahren erlaubt eine effizientere Nutzung der Infrastruktur und der Fahrzeuge z.B. durch Platooning³⁷ oder fahrerlose Sammeltaxis.

³³ EBP und Rapp Trans (2018), S. 25 und Rees (2018), S. 173

³⁴ Dungs et al. (2016), S. 37

³⁵ EBP und Rapp Trans (2018), S. 28 (Stufen 2 und 3 als gemeinsame Stufe 2) und Rees (2018), S. 173, zu den Vorteilen von Automatisierungsschritten bei der Schiene vgl. Stark (2019)

³⁶ Ausführlich dazu das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion» (Rapp Trans, 2020)

³⁷ Beim Platooning fahren miteinander vernetzte Fahrzeuge in dichtem Abstand hintereinander. Dadurch kann Treibstoff gespart und die Infrastruktur effizienter genutzt werden.

- **Hoher erwarteter volkswirtschaftlichen Nutzen:** Schätzungen zum Nutzen des automatisierten Fahrens gehen von bis zu bis zu 53 Mrd. CHF / Jahr im Jahr 2080 aus.³⁸

Es gibt aber auch **potenzielle Hürden** in der Entwicklung des automatisierten Fahrens:³⁹

- **Übergangsphase:** In der Übergangsphase vom manuellen zum vollautomatisierten Fahren können Probleme entstehen. Es ist bspw. möglich, dass die Anzahl Unfälle im Mischverkehr steigt.
- **Infrastruktur:** Je nach Entwicklung des automatisierten Fahrens ist denkbar, dass solche Fahrzeuge eine spezielle und intelligente Infrastruktur benötigen, die sehr kostenintensiv ist und nur längerfristig aufgebaut werden kann.
- **Sicherheitsbedenken:** Das Vertrauen in automatisierte und ganz besonders vollautomatisierte, autonome Fahrzeuge muss bestehen. Die Tatsache, dass solche Autos grundsätzlich «hackbar» sind, stellt eine Herausforderung dar.
- **Akzeptanz:** Es gilt Erwartungen der Bevölkerung zu erfüllen, ansonsten könnte es an der Akzeptanz fehlen.
- **Preis:** Zumindest am Anfang dürften automatisierte Fahrzeuge relativ teuer sein, was deren Verbreitung hemmt.

3.4 Neue Mobilitätsdienstleistungen

Die Digitalisierung eröffnet neue Möglichkeiten für Geschäftsmodelle in der Mobilität. Verschiedenste neue Anbieter sind neu auf dem Mobilitätsmarkt präsent. Dazu gehören unter anderem Anbieter von Car, Scooter und Bike-Sharing, welche immer beliebter werden. Um dem verstärkten Wunsch nach einfacher und individueller Mobilität gerecht zu werden, werden integrierte Mobilitätsangebote entwickelt, die insbesondere auch Teilstrecken mit (E-)Kleinstfahrzeugen enthalten.⁴⁰ Diese Entwicklungen stehen erst am Anfang.

Die untenstehende Tabelle 5 zeigt, in welche Richtung sich die neuen Mobilitätsdienste entwickeln könnten. Ein zentrales Element in allen vier Stufen ist dabei die immer stärkere Verknüpfung der Mobilitätsangebote.

Auf Stufe 2 besteht heute aktuell noch ein grosses Ausbaupotenzial. Trotzdem befinden wir uns heute bereits am Übergang zwischen Stufe 2 und 3. Ab Stufe 3 spricht man in der Regel von Mobility as a Service (MaaS). Unter diesem Begriff versteht man ganzheitliche Mobilitätslösungen, in denen physische Verkehrsangebote in Verbindung mit digitalen Angeboten ein hochwertiges, nahtloses und über eine einheitliche Kundenschnittstelle zugängliches Mobilitätsangebot schaffen. Diese Angebote sind oft Anbieter und Verkehrsmittel übergreifend. Durch die Einbindung vollautomatisierter Fahrzeuge auf Stufe 4 («Seamless Mobility») werden diese Angebote noch einfacher und komfortabler. Dies gilt insbesondere für die Feinverteilung. Bei stark ausgeprägtem Car- und Ridesharing könnte dies auch zu Verschmelzung von ÖV und MIV führen, was die Auflösung des Modal Splits zur Folge hätte.

Technologisch gesehen bestehen bereits alle nötigen Voraussetzungen für Stufe 3.⁴¹ Digitale Buchungsplattformen, verkehrsmittelübergreifende Authentifizierungssysteme sowie die benötigten Datendrehscheiben wären vorhanden. Häufig bestehen diese Angebote aber noch nicht, weil die Zusammenarbeit zwischen den Mobilitätsanbietern nicht geregelt ist und entsprechend der Zugang zu den notwendigen Daten nicht klar geregelt ist.

³⁸ Vgl. Ecoplan (2018), S. 57

³⁹ Für eine Diskussion der Treiber und Hindernisse vgl. EBP und Rapp Trans (2018), S. 44 ff.

⁴⁰ Für die Potentiale solcher Angebote vgl. bspw. Hamann et al. (2019)

⁴¹ Finger et al. (2015), S. 8

Tab. 5 Entwicklungsstufen neuer Mobilitätsdienstleistungen⁴²

Stufe 1 Carsharing und ähnliches	Stufe 2 Vernetzung von Mobilitätsanbietern	Stufe 3 Multimodale Apps und Plattformen	Stufe 4 Seamless Mobility
Autos und andere Fahrzeuge wie z.B. Fahrräder werden gemeinschaftlich genutzt. Sie können bei Bedarf reserviert und benützt werden.	Durch Kooperationen von herkömmlichen Transportunternehmen und Anbietern von neuen Dienstleistungen werden Sharingangebote mit bestehenden Mobilitätsdienstleistungen verknüpft. Dadurch entstehen erste multimodale Angebote.	Auf Apps oder Onlineplattformen können Reisen direkt, multimodal und anbieterübergreifend gebucht werden («integrierte Mobilität»). Über solche Plattformen kann die gesamte Reise geplant und bezahlt werden. Diese Plattformen sind primär Vermittler und müssen nicht mehr zwingend von den Leistungserbringern selber betrieben werden. Dabei können auch Sharingangebote besser eingebunden werden. Erste Tür-zu-Tür Lösungen werden realisiert, sind aber noch wenig verbreitet und teuer.	Dank vollautomatisierten Fahrzeugen kann man nahtlos vom Start- zum Zielpunkt gelangen. Der öffentliche Verkehr entwickelt sich in Richtung individuelle Massenmobilität. Das ÖV Angebot wird durch auf Abruf bereitstehende selbstfahrende Autos ergänzt. Dies ermöglicht ein nahtloses Tür-zu-Tür Mobilitätsangebot. Werden die automatisierten Fahrzeuge stark gemeinschaftlich genutzt, verschmelzen ÖV und MIV, was zur Auflösung des Modal Split führt.

Bis zur Erreichung von Stufe 3 dürfte es also nicht mehr sehr lange dauern. In verschiedenen Städten (z.B. Hannover, Stockholm und Amsterdam) laufen bereits entsprechende Pilotversuche oder es sind solche geplant. Bis Stufe 4 erreicht werden wird, könnte es noch länger dauern, da dafür vollautomatisierte Fahrzeuge notwendig sind. Die Fahrzeuge können je nach Präferenzen in allen Stufen individuell oder auch kollektiv (Ridesharing) genutzt werden.

Hinter der Entwicklung dieser immer stärker integrierten Mobilitätsdienste stehen verschiedene **Treiber**. Zu nennen sind unter anderem:

- **Zeitersparnisse:** Durch die effizientere Abwicklung des Verkehrs entstehen Zeitersparnisse.
- **Steigendes Umweltbewusstsein:** Das steigende Bewusstsein der Gesellschaft für Umwelthanliegen dürfte ressourcenschonende Lösungen fördern. Neue Mobilitätsangebote können z.B. durch Ridesharing erheblich effizienter sein.
- **Bequemlichkeit:** Neue Mobilitätsangebote sind örtlich und zeitlich flexibler als beispielsweise nach Fahrplan fahrende Züge oder Busse. In Kombination mit automatisierten Fahrzeugen ist z.B. auch ein Nachtbetrieb denkbar.
- **Weniger private Fahrzeuge:** Wie in der Beschreibung der nachfrageseitigen Mobilitätstrends erwähnt, der traditionelle Besitz eines Fahrzeugs tendenziell an Relevanz verliert, was die Verbreitung von Mobilitätsdienstleistungen begünstigt.

Aufgrund des grossen Marktpotenzial – insbesondere in Verbindung mit automatisiertem Fahren – ist davon auszugehen, dass die Entwicklungen rasch weitergehen. Die **potenziellen Hürden**, die dabei noch überwunden werden müssen, sind die folgenden:

- **Starke Abhängigkeit der technologischen Entwicklung:** Viele Vorteile der neuen Mobilitätsangebote sind erst in Kombination mit bestimmten Technologien wie dem Elektroantrieb oder dem automatisierten Fahren. Je weiter fortgeschritten diese Technologien, desto höher der Nutzen der neuen Angebote.

⁴² Vgl. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2016) und EBP und Rapp Trans (2018), S. 28 ff.

- **Sicherheitsbedenken:** Der Schutz der IT-Systeme sowie der Daten muss gewährleistet sein.

3.5 Neue Verkehrssysteme und -infrastrukturen

Aktuell werden eine Vielzahl an komplett neuen Verkehrssystemen entwickelt. Diese werden teilweise auf traditioneller, teilweise aber auch auf eigens dafür entwickelter Infrastruktur betrieben. Diese Systeme haben das Potenzial, das Verkehrssystem grundlegend zu verändern.

Zwei bekannte Beispiele sind sehr schnell fahrende Bahnsysteme wie der Hyperloop oder unterirdische Röhrensysteme wie Cargo Sous Terrain. Im Sinne einer Auswahl werden diese beiden Systeme kurz präsentiert:

- **Hyperloop:** Der Hyperloop ist eine Magnetschwebbahn, die in einem Vakuumtunnel fährt. Die Transportkapseln sollen eine Geschwindigkeit von bis zu 1'120 km/h erreichen können. Die benötigten Vakuumtunnel können sowohl über, auf sowie auch unter der Erde verlaufen. Die benötigte Energie soll aus Sonnenkraft gewonnen werden. Zu diesem Zweck werden z.B. Photovoltaikanlagen auf die Vakuumröhren gebaut.⁴³
- **Cargo Sous Terrain:** Das Projekt Cargo Sous Terrain sieht vor, ein automatisiertes Logistiksystem in unterirdischen Tunnels zu betreiben. Diese Tunnel, welche von unbemannten, elektrisch angetriebenen Fahrzeugen befahren werden, verbinden Produktions- und Verteilstandorte mit Ballungsräumen. In einem ersten Schritt soll bis 2030 eine Verbindung zwischen dem Logistik-Cluster bei Härkingen in der Region Zürich hergestellt werden. Dieses System würde einen Teil des Güterverkehrs unter die Erde verlagern, und somit Kapazitäten auf Strasse und Schiene freierwerden lassen.⁴⁴

Da jedes dieser neuen Systeme sich von den anderen unterscheidet und aktuell völlig unklar ist ob, und wenn ja welches sich durchsetzen wird, macht das Aufzeigen eines Entwicklungspfades wie dies bei den anderen Trends getan wird an dieser Stelle keinen Sinn.

Die **Treiber** die hinter der Entwicklung solcher Verkehrssysteme stehen sind:⁴⁵

- **Notwendigkeit für nachhaltigere Lösungen:** Um die Umweltbelastung durch den Verkehr zu reduzieren müssen neue Lösungen gesucht werden. Dies kann an Anreiz dafür sein, neue, umweltfreundlichere Verkehrssysteme zu entwickeln.
- **Effizienz:** Neue Verkehrssysteme können enorme Kapazitäts- und Effizienzsteigerungen mit sich bringen. Gleichzeitig würden herkömmliche Verkehrssysteme dadurch entlastet.

Allerdings gibt es auch hier **Hürden**.⁴⁶

- **Vernetzung mit bestehenden Verkehrsmitteln:** Der Übergang und das Zusammenspiel mit den bestehenden Verkehrssystemen können zu Problemen führen.
- **Hohe Investitionskosten:** Neue Verkehrssysteme können insbesondere in der Anfangsphase sehr teuer sein, wenn sie eine eigene, neue Infrastruktur benötigen.

⁴³ <https://www.golem.de/news/hyperloop-menschliche-rohrpost-mit-1-220-km-h-1308-100937.html>, besucht am 12. Juni 2018.

⁴⁴ <https://www.nzz.ch/schweiz/cargo-sous-terrain-erreicht-etappenziel-ld.1349380>, besucht am 13. Juni 2018

⁴⁵ EBP und Rapp Trans (2018), S. 49

⁴⁶ EBP und Rapp Trans (2018), S. 49

3.6 Automatisiertes Fliegen

Drohnen existieren bereits seit einigen Jahren. Bis anhin spielen sie als automatisierte Fluggeräte für den Verkehr noch kaum eine Rolle. Sie werden hauptsächlich für Überwachungs- und Messzwecke eingesetzt.⁴⁷ In der Zukunft könnte sich dies aber ändern. Zukünftig sind auch Einsätze im Güter- oder Personenverkehr denkbar. Heute besteht bereits ein Grossteil der technologischen Voraussetzungen, um Drohnen im Verkehrssystem einzusetzen. Noch ist aber das vollautomatisierte Fliegen ohne Aufsicht des Menschen nicht zugelassen.

Tab. 6 Entwicklungsstufen von Drohnen⁴⁸

Stufe 1 Drohnen als Werkzeuge	Stufe 2 Drohnen im Güterverkehr	Stufe 3 Drohnen im Güter- und Personenverkehr
Verbreitete Anwendung als Überwachungs- und Messinstrumente	Einsatz von Drohnen im Güterverkehr, wenn Transport über etablierte Infrastrukturen nicht möglich ist oder viel mehr Zeit in Anspruch nehmen würde (z.B. schwer erreichbare Gebiete in den Bergen)	Einsatz von Drohnen im Personen- und Güterverkehr, wenn Transport über etablierte Infrastrukturen nicht möglich ist oder viel mehr Zeit in Anspruch nehmen würde (z.B. schwer erreichbare Gebiete in den Bergen)

Aktuell befinden wir uns noch in der ersten Entwicklungsstufe. Es gibt aber viele Pilotprojekte, die versuchen Drohnen und automatisierte Fluggeräte im Güter- und im Personenverkehr einzusetzen.

- Zu nennen ist beispielsweise das Pilotprojekt von Amazon, welches versucht mit Mini-Drohnen für die Paketzustellung zu entwickeln. Google, UPS und Fedex planen ähnliche Vorhaben.⁴⁹ Auch die Schweizer Post plant, Drohnen für den Versand von Spezialsendungen einzusetzen.
- Auch für den auf der dritten Stufe erwähnten Einsatz von Drohnen im Personenverkehr gibt es bereits Testversuche. Beispielsweise wird in Dubai eine Taxidrohne getestet,⁵⁰ und in Singapur soll noch 2019 ein erster «Volo-Port» für Flugtaxis, also eine physische Landeplattform für eVTOLS (= Electric vertical take-off and landing aircraft) eingerichtet werden, die einen pilotierten, ferngesteuerten oder voll-autonomen Flugbetrieb zulässt.⁵¹

Insgesamt wird Drohnen bzw. automatisierten Fluggeräten ein enormes Innovationspotenzial für den Transport-, Logistik- und Freizeitbereich zugeschrieben.⁵² Nach Angaben der EU-Kommission wird die Drohnenbranche in den nächsten 10 Jahren einen Marktanteil von bis zu 10 Prozent des Luftverkehrsmarkts erreichen.⁵³

Hinter der Entwicklung stehen folgende **Treiber**:⁵⁴

- **Neue Anwendungen:** Durch die neuen Fluggeräte sind neue Geschäftsmodelle sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr denkbar.

⁴⁷ BAZL (2016), S. 10

⁴⁸ Für eine ausführliche Diskussion der Einsatzmöglichkeiten vgl. das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr» (EBP und Rapp Trans, 2018)

⁴⁹ Vgl. manager magazin (2014)

⁵⁰ Vgl. FAZ (2017), Mit der Drohne zum Hotel fliegen.

⁵¹ Quelle: <https://press.volocopter.com/index.php/erster-flugtaxi-volo-port-vor-ende-2019-realitaet>, besucht am 23. Oktober 2019, auch in: Internationales Verkehrswesen (71) 3 | 2019, S. 8

⁵² Vgl. dazu auch BMVI (2019)

⁵³ Quelle: BAZL, <https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/gutzuwissen/drohnen-und-flugmodelle/u-space.html>, besucht am 20. Mai 2019.

⁵⁴ EBP und Rapp Trans (2018), S. 47

- **Zeitgewinne:** Weil automatisierte Fluggeräte im Betrieb infrastrukturunabhängig sind, können sie die schnellstmögliche Route wählen, was Zeitersparnisse generiert. Die für die Starts und Landungen benötigte Bodeninfrastruktur kann mobil und flexibel ausgestaltet sein, wie das oben erwähnte Beispiel Volo-Port zeigt.
- **Erreichbarkeit:** Die Erreichbarkeit abgelegener Regionen kann durch Drohnen deutlich verbessert werden.

Auch bei dieser Technologie existieren aber gewisse **Einflussfaktoren und Hürden**, die deren Entwicklung verlangsamen oder verhindern könnten:⁵⁵

- **Sicherheit:** Es muss gewährleistet sein, dass Drohnen anderen Flugobjekten nicht in die Quere kommen und keine Unfälle verursachen. Auch die Cybersecurity muss gewährleistet sein.
- **Datenschutz:** Da Drohnen theoretisch über jedes Gebiet fliegen können, muss die Privatsphäre und der Datenschutz gewährleistet sein.
- **Akzeptanz:** Insbesondere der Personenverkehr mit Drohnen könnte auf fehlende Akzeptanz stossen, da dies z.B. als elitär wirken könnte.

Bei automatisierten Fliegen geht es aber nicht nur um Drohnen, sondern generell um unbemannte Flugzeuge z.B. im Frachtverkehr.⁵⁶

3.7 Digitalisierung in der Logistik

Der Begriff Logistikdienstleistungen 4.0 steht als Synonym für die Digitalisierung in der Logistik.

Tab. 7 Entwicklungsstufen der Digitalisierung in der Logistik⁵⁷

Stufe 1 Unternehmensinterne Verknüpfung	Stufe 2 Logistik-Plattformen	Stufe 3 Vollständige Vernetzung
Digitalisierung und Automatisierung von einzelnen Prozessen innerhalb des Unternehmens. Noch kaum Vernetzung mit anderen Unternehmen.	Vernetzung von Verladern, Logistikdienstleistern und Empfänger über multimodale Plattformen. Neue Anbieter, welche Transportkapazitäten vermitteln treten auf den Markt. Dies schliesst auch Privatpersonen mit ein, welche auf ihren Fahrten Güter mitnehmen. Dadurch entstehen weniger Fahrten.	Physical Internet, in dem alle Logistikressourcen in einem System physisch und digital vernetzt werden und von allen Partnern bzw. Konkurrenten gemeinsam genutzt werden. Es handelt sich also um ein global vernetztes Logistiksystem, welches durch vereinheitlichte Schnittstellen an Effizienz gewinnt. Dies erlaubt eine effizientere Nutzung der Ressourcen und reduziert die Anzahl Leerfahrten.

Die Digitalisierung in der Logistik ist eng verknüpft mit der Digitalisierung der Industrie. Die Digitalisierung der Industrie führt zu einer Vernetzung von Maschinen und Werkstücken. Diese ermöglicht eine Koordination der Planungs-, Entscheidungs- und Ablaufprozesse in der Industrie in Echtzeit und auch die Möglichkeit zu einer Selbststeuerung dieser Prozesse.

Die Logistikdienstleistungen der Zukunft müssen sich in diesen Prozess nahtlos integrieren. Voraussetzung dafür ist, dass die Prozesse des Logistikdienstleisters sowohl in die Systeme der Verloader als auch in die Systeme der Empfänger eingebunden sind. Als Zielbild wird ein sogenanntes «physical Internet» beschrieben, das ein globales und offenes

⁵⁵ EBP und Rapp Trans (2018), S. 47

⁵⁶ Vgl. Meincke P.A. (2019), S. 42

⁵⁷ Kaup und Demircioglu (2017)

Logistiksystem darstellt.⁵⁸ Alle Module des Systems sind sowohl physisch als auch digital vernetzt und werden von allen Partnern gemeinsam genutzt.⁵⁹

In der ersten Stufe erfolgt die Vernetzung primär innerhalb des Unternehmens, indem einzelne Aktivitäten digitalisiert und automatisiert werden. Dazu einige Beispiele:

- Optimierung der Transportprozesse und Entwicklung neuer Liefer- und Zustellkonzepte durch den Einsatz von Tourenplanungs- und Dispositionssoftware⁶⁰ sowie digitale Lieferketten dank elektronischem Frachtbrief und dem Einsatz von IoT-Trackern (z.B. eingebaut in Paletten)⁶¹
- Einsatz von Warehouse Management Systemen und Blockchain-Anwendungen⁶² für die Steuerung der Logistikprozesse von Wareneingang, Lagerung, Kommissionierung, Verlad/Transport sowie Verarbeitung der Retouren⁶³
- (Teil-)Automatisierung des Lagers und der Kommissionierung⁶⁴
- Einrichtung von digitalen Buchungsplattformen für die Buchung von Zeitfenstern für den Warenumsatz

Im Gegensatz zur zweiten Stufe, sind diese Aktivitäten aber noch kaum vernetzt mit anderen Unternehmen. Die Vernetzung von Verladern und Logistikplattformen erfolgt in der zweiten Stufe. Für die Vernetzung sorgen Plattformanbieter wie zum Beispiel Transporeon. Die Plattformen automatisieren und digitalisieren die Prozesse zwischen Verladern, Logistikdienstleistern und Empfängern, indem sie zum Beispiel die Ausschreibung von Transportaufträgen digitalisieren, die Zuteilung von Frachten auf bestimmte Spediteure oder Fahrzeuge vornehmen und abhängig von der Routenplanung des LKW-Anlieferzeitfenster buchen.

Neben den Plattformen zur Vernetzung der bestehenden Anbieter, kommen auch neue Anbieter mit neuen Geschäftsmodellen auf den Markt, welche freie Kapazitäten vermitteln u.a. auch von Privatpersonen. Dazu zählen zum Beispiel Plattformen wie bringbee, Ubercargo etc. Diese Einbindung der Privatpersonen in die Logistik führt zu einer gewissen Verschmelzung von MIV und Güterverkehr. Dies führt möglicherweise zu einem kleinteiligeren Güterverkehr.

In der dritten Phase wird das «Physical Internet» Realität und die verschiedenen Logistikressourcen, wie Lagerhäuser, Kommissionierung, Transport etc. werden miteinander vernetzt. Dazu sind einerseits möglichst effiziente Betreiber der einzelnen Logistikressourcen erforderlich, aber auch die Integrationsplattformen, die die verschiedenen Ressourcen verknüpfen und die bestmöglichen Angebote zusammenstellen. Die dadurch entstehende Kooperation zwischen Konkurrenten erlaubt es, die Anzahl Leerfahrten und damit die Gesamtanzahl Fahrten zu reduzieren. Damit werden sich die Geschäftsmodelle in der Logistikdienstleistungsbranche substantiell verändern.⁶⁵

⁵⁸ Vgl. z.B. Beispiel Schauer (2017), S. 18 ff.

⁵⁹ Im Rahmen einer Simulation wird ein solches System im Moment in Voralberg getestet. Die beteiligten Unternehmenspartner stellen sämtliche Daten zu den Transportaufträgen zur Verfügung. Der «Demonstrator» berechnet anschließend optimierte Transportvorschläge für das gemeinsam genutzte, offene Transportnetzwerk innerhalb der Partner. In weiteren Schritten soll eine geeignete Benutzeroberfläche und eine technische Plattform entwickelt werden, mit der Auftraggeber, Transporteure und Verladern das «physical Internet» effizient nutzen können.

⁶⁰ Vgl. z.B. Migros (2012), Migros gewinnt Swiss Logistics Award 2012.

⁶¹ Vgl. Temerowski und Weismann (2019)

⁶² Vgl. z.B. Jockel und Stommel (2018)

⁶³ Vgl. z.B. Migros Verteilbetrieb Neuendorf AG (ohne Datum). Logistik

⁶⁴ Vgl. z.B. Brack.ch (2016)

⁶⁵ Vgl. z.B. Hofmann und Mathauer (2018)

Derzeit befinden wir uns am Übergang zwischen Stufe 1 und Stufe 2. Innerhalb von Unternehmen sind Logistikprozesse häufig schon relativ weit digitalisiert bzw. automatisiert. Unternehmensübergreifend gibt es aber häufig noch keine vollständige Digitalisierung der Logistikprozesse.

Die Digitalisierung der Logistik ist auch eng mit anderen Trends bzw. Technologien verknüpft. Beispielsweise könnte der Güterverkehr mit Drohnen zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Auch der 3D-Druck könnte einen Einfluss haben, da er es erlaubt, Verkaufsgüter direkt am Zielort zu produzieren. Das automatisierte Fahren spielt ebenfalls eine wichtige Rolle.

Der zentrale **Treiber** der Digitalisierung sind

- **Kosteneinsparungen:** Durch die gemeinschaftliche Nutzung der Logistikressourcen werden diese besser ausgelastet, was die Kosten für Leerfahrten und andere Ineffizienzen reduziert.

Potenzielle **Hürden** gibt liegen insbesondere im Sicherheitsbereich:

- **Sicherheit:** Wie jedes andere vernetzte und digitale System dürfte auch das «Physical Internet» angreif- und manipulierbar sein. Die Cyber- und Datensicherheit muss daher gewährleistet sein.

3.8 Die drei Zukunftsszenarien der Paketleitung

Die in den Abschnitten 3.2 bis 3.7 beschriebenen Trends werden nicht losgelöst voneinander, sondern parallel und sich gegenseitig beeinflussend verlaufen. Dazu kommt, dass sich nicht nur die angebotsseitigen Trends gegenseitig beeinflussen, sondern auch eine Wechselwirkung zu den nachfrageseitigen Trends besteht. Um diese mögliche Dynamik zu erfassen, hat die Leitung des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060» drei Szenarien definiert:

- **Szenario 1 – Evolution ohne Disruptionen:** Das Szenario Evolution ohne Disruptionen geht von einer austarierten Entwicklung aus, die sich am Trend orientiert. Die neuen Technologien sind in diesem Szenario im Jahr 2060 noch nicht in ihrem finalen Stadium.
- **Szenario 2 – Revolution der individuellen Mobilitätsservices:** Das Szenario ist eine Extremvariante einer neuen, disruptiven Entwicklung. Diese wird das heutige Verständnis von MIV und ÖV massiv verändern und stark auf neue technologische und marktgetriebene Entwicklungen setzen. Eine entscheidende Komponente dieses Szenarios ist, dass die Mobilität weiterhin stark individuell orientiert ist. Kollektive Nutzungen stehen nicht im Vordergrund.
- **Szenario 3 – Revolution der kollektiven Mobilitätsservices:** Das Szenario ist eine Rückbesinnung auf die regulatorische Kraft, weil der Problemdruck in der Mobilität stärker zunimmt. Die neuen, disruptiven Entwicklungen, stellen nicht das (private) Business in den Vordergrund, sondern das Gemeinwohl und die Schonung der Ressourcen. Entsprechend steht die kollektive und effiziente Nutzung von Fahrzeugen und Infrastruktur im Vordergrund.

Die beiden zentralen Treibern in den Zukunftsszenarien sind **Technologie** und **Demografie**. Die demografische Entwicklung ist insofern zentral, als dass sie den Grad der Kohäsion bestimmt. Mit Kohäsion ist die Bereitschaft für kollektive Nutzungen von Mobilitätswerkzeugen gemeint.⁶⁶ Dies ist der auf der Nachfrageseite wichtigste Treiber. *Abb. 3* zeigt die Einordnung der drei Szenarien entlang dieser beiden Achsen.

⁶⁶ Infrac (2018), S 8

Es ist nicht abschätzbar, bei welchem Grad der Kohäsion wir im Jahr 2060 sein werden. Die Auswertung der Forschungsergebnisse zu den soziökonomisch-ökologischen Treiber⁶⁷ sowie zu Technologie und Markt⁶⁸ zeigt zudem, dass die Mobilität der Zukunft – neben den gesellschaftlichen Entwicklungen – massgeblich von den technologischen Entwicklungen beeinflusst sein wird. Die Digitalisierung und Automatisierung sowie damit verbundene neue Geschäftsmodelle werden grundlegende, disruptive Veränderungen bringen. Die massgebenden technologischen Treiber wurden in den vorangehenden Kapiteln bereits beschrieben.

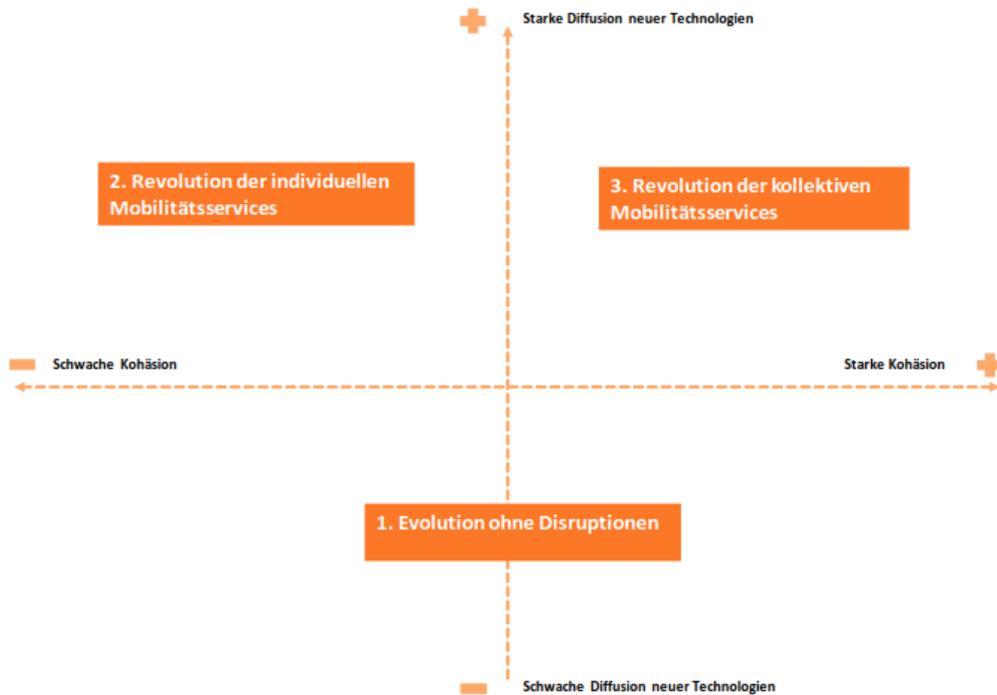


Abb. 3 Drei Zukunftsszenarien des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft»

⁶⁷ Vgl. Interface et al. (2018), Infras (2019), EBP (2019)

⁶⁸ Vgl. EBP und Rapp Trans (2018)

4 Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft

Kapitel 2 hat gezeigt, welchen Anforderungen der Verkehr der Zukunft gerecht bzw. welche Ziele er anstreben sollte. In Kapitel 3 ist skizziert worden, wie der Verkehr der Zukunft nach aktuellem Wissensstand aussehen könnte. Mit den drei Szenarien der Paketleitung (vgl. Abschnitt 3.8) sind unterschiedliche Entwicklungsbilder dargestellt worden. In diesem Kapitel werden diese beiden Analysen zusammengeführt, indem aufgezeigt wird, welche Chancen- und Risiken sich aus den beschriebenen potenziellen künftigen Entwicklungen im Verkehr für die Zieldimensionen aus Kapitel 2 ergeben.

Die Übersicht über die verschiedenen Chancen und Risiken wurden aus den beschriebenen Trends abgeleitet, durch Literaturrecherchen ergänzt und in einem Experten-Workshop⁶⁹ validiert. Für die Chancen- / Risiko-Analyse sind in einem ersten Arbeitsschritt pro Zieldimension die relevanten Chancen- und Risikofelder identifiziert worden. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die insgesamt 17 unterschiedenen Chancen- und Risikofelder.

Tab. 8 Übersicht über die Chancen- und Risikofelder in den unterschiedenen Zieldimensionen

Zieldimension	Chancen- und Risikofeld
verfügbar	Bedarf an Kapazitäten und Infrastruktur (inkl. Dateninfrastruktur)
kostengünstig / preiswert	Spezifische Infrastrukturkosten* Verkehrsmittelkosten Kosten für Mobilitätsdienstleistungen Zeitkosten
effizient	Faire und effiziente Verkehrspreise Funktionierender Wettbewerb Effizienzeffekte aus verkehrsplanerischen Massnahmen Funktionierender Datenaustausch für umfassende Vernetzung (C2X-Kommunikation)
innovativ	Innovationsaktivitäten, innovative Produkte und Geschäftsmodelle
sicher	Unfallrisiko
geschützt	Persönlichkeitsschutz i.w.S. (inkl. Datenschutz) und Rechtssicherheit
sauber und ressourcenschonend	Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch
zugänglich	Individuelle Zugänglichkeit Räumliche Grundversorgung Komfort
langfristig finanziert	Finanzierungssicherheit
koordiniert und abgestimmt	Koordination der Entwicklung des Gesamtverkehrssystems, Abstimmung Verkehrs- und Raumplanung
international eingebunden	Internationale Koordination und Interoperabilität im Verkehrsbereich
gesellschaftsverträglich	Gesellschaftsrelevante Auswirkungen und Akzeptanz

* «spezifisch» meint, nicht durch den Infrastrukturbedarf getrieben (= Zieldimension «verfügbar»), sondern «pro Infrastruktureinheit»

⁶⁹ Der Experten-Workshop fand am 27. Juni 2019 statt. Es nahmen folgende Personen teil: Claus Doll, Fraunhofer Institut Karlsruhe, Jörg Beckmann, Mobilitätsakademie TCS, Ralf Bosch, Rapp Trans und René Neuenchwander, Ecoplan.

Die Diskussion der einzelnen Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft erfolgt entlang der ausgewiesenen Chancen- und Risikofelder. Die folgenden Abschnitte enthalten das Wichtigste in Kürze, für eine umfassende Übersicht über alle identifizierten Chancen und Risiken wird auf **Anhang II** verwiesen. Darauf basierend wird ein Bezug zu den Szenarien der Paketleitung hergestellt, in dem kurz beurteilt wird, welche Chancen und Risiken in welchem Szenario am relevantesten sind bzw. am schwersten zu gewichten sind.

4.1 Bedarf an Kapazitäten und Infrastruktur

In diesem Feld ergibt sich ein ausgeglichenes Bild von potenziellen Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft. Wie bei praktisch allen anderen Chancen- und Risikofeldern wird die Entwicklung zentral von der Regulierung abhängen. Der künftige Kapazitäts- und Infrastrukturbedarf kann zu- oder abnehmen. Konkret bestehen folgende Chancen und Risiken:

Chancen

- **Erhöhung der Kapazitäten der bestehenden Infrastruktur:** Das automatisierte Fahren erlaubt geringere Sicherheitsabstände zwischen Autos oder Platooning, was die Kapazität der bestehenden Infrastruktur erhöht.⁷⁰ Voraussetzung dafür ist ein funktionierender Datenaustausch für die umfassende Vernetzung von Fahrzeugen. Auch im Schienenverkehr hat vollautomatisiertes Fahren einen sehr starken positiven Einfluss auf die Trassenkapazität.
- Daneben gibt es noch eine Reihe weiterer Effekte wie z.B. ein **Effizienzeffekte aus verkehrsplanerischen Massnahmen** (effizienteres Verkehrsmanagement)⁷¹, die denkbare Aufhebung des Nachtfahrverbots⁷² aufgrund von leisen, mit tiefen Geschwindigkeiten fahrenden E-LKW oder weniger Verkehrs durch eine ortsunabhängigere Arbeitswelt, die den Bedarf nach neuer Verkehrsinfrastruktur reduzieren können.
- **Bessere Auslastung der Fahrzeuge:** Neue Mobilitätsdienstleistungen wie beispielsweise automatisiert fahrende Taxifloten die stets auf Abruf bereitstehen, können zu einer erheblich besseren Auslastung der Fahrzeuge führen und dadurch die Deckung der Mobilitätsnachfrage durch eine kleinere Fahrzeugflotte ermöglichen. Werden diese automatisierten Taxis (Robo-Taxis) zudem auch noch geteilt, bzw. findet Ridesharing statt, kann die Anzahl benötigter Fahrzeuge weiter reduziert werden, was die Infrastruktur weiter entlastet und Chancen für Umnutzungen eröffnet.⁷³ Diese Entwicklung könnte mit einer Reduktion des privaten Autobesitzes einhergehen.⁷⁴ Neben dem Personenverkehr ergeben sich aber auch für den Güterverkehr durch die Digitalisierung der Logistik Effizienzpotenziale, die in einer Reduktion der Anzahl Fahrten resultieren können.⁷⁵
- **Neue Kapazitäten neuer Verkehrssysteme:** Des Weiteren können neue Verkehrssysteme, die hohe Kapazitäten bewältigen (z.B. Cargo Sous Terrain) können oder nur wenig Infrastruktur benötigen (z.B. Drohnen), den Ausbaubedarf bei der bestehenden Verkehrsinfrastruktur dämpfen. Zudem können durch diese Systeme heute belegte Flächen freigegeben werden.

Risiken

- **Höhere Mobilitätsnachfrage:** Sollten die Verkehrskosten (Verkehrsmittel- und Zeitkosten sowie Kosten für Mobilitätsdienstleistungen) wie mehrheitlich angenommen sinken, dürfte sich die Nachfrage entsprechend erhöhen (vgl. Kapitel 4.2). Die Verkehrsnachfrage dürfte zudem weiter ansteigen, wenn dank dem automatisierten Fahren neue Nutzergruppen wie z.B. Jugendliche oder ältere Menschen einen vereinfachten Zugang zu

⁷⁰ Bundesrat (2016), S. 15ff oder Prognos (2016), S. 28

⁷¹ Bundesrat (2016), S. 16

⁷² Ecoplan (2018), S. 98

⁷³ Bundesrat (2016), S. 16 ff.

⁷⁴ Ecoplan (2018), S. 21

⁷⁵ Ecoplan (2018), S. 115

Mobilität erhalten⁷⁶, oder wenn die höhere Produktivität der Reisezeit längere Fahrten akzeptabler macht. Zudem hängt auch sehr viel davon ab, ob es wie zuvor beschrieben automatisierte Taxiflotten geben wird, oder ob die automatisierten Autos weiterhin im Privatbesitz der Haushalte sein werden. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass die Fahrzeuge im Vergleich zu heute nicht wesentlich besser ausgelastet sein werden, im Gegenteil: Es besteht die Gefahr, dass eine Vielzahl von Leerfahrten (das Fahrzeug fährt selbständig zurück zum Quellparkplatz) generiert wird und der Besetzungsgrad unter 1 sinkt, was die Infrastruktur stark belasten würde.⁷⁷ Denkbar ist weiter, dass durch in selbstfahrenden Autos angebotene Dienstleistungen «induzierte Fahrten» generiert werden. Neu einzurichtende Entry / Exit bzw. Pick Up Points für den Personen- und Güterverkehr (Zunahme eCommerce) erhöhen ebenfalls den Infrastrukturbedarf.

Zusammenfassend zeigt sich, dass der Verkehr der Zukunft grosse Chancen für eine wesentlich effizientere Nutzung der Infrastruktur bietet. Entscheidend für die Nutzung dieser Chancen wird sein, inwiefern die automatisierten Fahrzeuge kollektiv genutzt werden. Dies und die ermöglichte bessere Abstimmung von Angebot und Nachfrage dürfte grosse Kapazitäten freisetzen. Werden die Fahrzeuge aber im Vergleich zu heute nicht besser ausgelastet, gelingt es also nicht, Car- und v.a. Ridesharing substantiell zu stärken, wird der Bedarf an Infrastruktur zusammen mit der Mobilitätsnachfrage steigen. Eine grosse Unbekannte stellen die neuen Transportsysteme dar. Je nach dem, in welcher Form und in welchem Ausmass sich diese durchsetzen, fallen die Effekte auf den Bedarf an «herkömmlicher» Infrastruktur unterschiedlich aus.

Bezogen auf die Szenarien der Paketleitung bietet das Szenario 3 aufgrund der grossen Bedeutung der kollektiven Mobilität die grössten Chancen, dämpfend auf den Infrastrukturbedarf zu wirken. Zusätzlich bieten in diesem Szenario die neuen Verkehrssysteme Chancen zur Kapazitäts- und Effizienzsteigerung. Eine anhaltende Individualisierung des Verkehrs wie in Szenario 2 würde eine Ausschöpfung der Chancen stark erschweren oder verunmöglichen. Das gleiche gilt für Szenario 1, da bei diesem die Chancen aus dem voll-automatisierten Fahren entfallen.

4.2 Mobilitätskosten und -preise

Die Mobilitätskosten und -preise für die Verkehrsteilnehmenden setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Die wichtigsten sind die Infrastrukturkosten, die Verkehrsmittelkosten, die Kosten für Mobilitätsdienstleistungen sowie die Zeitkosten. Innerhalb dieser Komponenten sind grosse Veränderungen durch die neuen Technologien und die anderen Treiber des Verkehrs der Zukunft möglich, mit entsprechenden Chancen und Risiken.

a) Spezifische Infrastrukturkosten

Chancen

- **Kleinteiligerer und leichter Verkehr:** Die Kosten pro Infrastruktureinheit (z.B. pro Kilometer Strasse) könnten sinken, wenn der Personen- und Güterverkehr – zumindest auf der Strasse – künftig kleinteiliger und damit leichter werden würde, was die Infrastrukturabnutzung reduziert. Der Grund für die zunehmende Kleinteiligkeit liegt darin, dass kleinere Gefässe bei einem Wegfall der (Fix)Kosten für den Fahrer dank voll automatisiertem Fahren attraktiver werden, und dies sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr⁷⁸. Der Trend zu kleineren und spezifischeren Gefässen könnte auch noch von einer ganz anderen Seite kommen: In ihnen lässt sich leichter individualisierte Werbung schalten.

⁷⁶ Bundesrat (2016), S. 18

⁷⁷ EBP (2017), S. 47

⁷⁸ Linden und Wittmer (2018), S. 17

- **Geringere Infrastrukturintensität neuer Transportsysteme:** Generell können die Infrastrukturkosten auch dadurch sinken, dass weniger infrastrukturintensive Transportsysteme wie z.B. Drohnen sich vermehrt durchsetzen.

Risiken

- **Höhere und neue Anforderungen an die Ausrüstung der Infrastruktur:** Nötige Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation sowie neue Anforderungen an Markierungen und Ähnliches durch automatisierte Fahrzeuge könnten die Infrastrukturkosten pro Kilometer in die Höhe treiben. Kosten fallen auch für die Ausrichtung der Infrastruktur auf die E-Mobilität an (vgl. Abschnitt 6.4.1) und für Dateninfrastrukturen zur breiten Umsetzung von multimodalen Mobilitätsangeboten. Auch die Auswirkungen des Klimawandels können erhöhend auf die Infrastrukturkosten wirken, weil bspw. zusätzliche Schutzmassnahmen notwendig werden (wegen erhöhter Gefahr von Murgängen, Steinschlag, etc.).
- **Teure Infrastrukturen von neuen Transportsystemen:** Die Infrastrukturkosten von neuen Transportsystemen (z.B. Hyperloop) können deutlich höher ausfallen als für herkömmliche Verkehrsinfrastrukturen.

Insgesamt finden sich eher Argumente, die für höhere spezifische Infrastrukturkosten sprechen. Die Entwicklung der Fahrzeuge und die Anforderungen an die Infrastruktur spielen eine zentrale Rolle. Die Infrastrukturkosten insgesamt sind zudem natürlich eng verbunden mit dem Infrastrukturbedarf gemäss Abschnitt 4.1. Schwer einzuschätzen ist der Einfluss von allfällig neuen Transportsystemen, die einerseits selber Infrastrukturkosten verursachen, andererseits aber dämpfend auf den Bedarf an herkömmlicher Verkehrsinfrastruktur wirken.

Wenig überraschend ist, dass auch für dieses Chancen- und Risikofeld eine Entwicklung gemäss Szenario 3 deutlich günstiger wäre. Szenario 2 würde hingegen aufgrund des steigenden Infrastrukturbedarfs (vgl. Abschnitt 4.1) zu höheren Infrastrukturkosten führen. In Szenario 1 ist die Automatisierung von Infrastruktur und Fahrzeugen erst mittelmässig weit fortgeschritten, weshalb gegenüber dem heutigen Zustand keine grundsätzlichen Veränderungen zu erwarten sind.

b) Verkehrsmittelkosten

Chancen

- **Tiefere Betriebskosten:** Potenziale für tiefere Betriebskosten bestehen bei vollautomatisierten Fahrzeugen dank höherer Energieeffizienz und Möglichkeiten für leichtere Fahrzeugkonstruktionen.⁷⁹ Die Digitalisierung in den Fahrzeugen wird zu tieferen Betriebskosten führen, weil Wartungsarbeiten gezielter nach Bedarf ausgeführt werden können.
- **Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen:** Die absehbare Verknappung fossiler Brennstoffe und der damit verbundene Preisanstieg schlägt sich dank der Elektromobilität nicht in den Verkehrsmittelkosten nieder.

Risiken

- **Höhere und neue Anforderungen an Fahrzeuge:** Höhere Standards bei der technologischen Ausrüstung der Fahrzeuge könnten die Kosten erhöhen. Diese Anforderungen könnten durch das automatisierte Fahren sowie Umweltstandards entstehen. Auch alternative Antriebe können zu steigenden Verkehrsmittelkosten führen.
- **Höhere Infrastrukturkosten:** Allfällig höhere Infrastrukturkosten (vgl. die Abschnitte 4.1 und 4.2) würden sich auf Verkehrsmittelkosten auswirken.

Die Entwicklung der Verkehrsmittelkosten ist trotz Tendenz «nach unten» ungewiss, da einerseits schwer abzuschätzen ist wie stark die Fahrzeugkosten sinken werden und andererseits es stark vom Regulativ abhängen wird, inwiefern höhere Infrastrukturkosten und Anforderungen an die Fahrzeuge die Kosten in die Höhe treiben werden.

⁷⁹ Bösch et al. (2017), S. 9

Für Entwicklung der Verkehrsmittelkosten resultieren zwischen den drei Szenarien der Paketleitung keine grundsätzlichen Unterschiede.

c) Kosten für Mobilitätsdienstleistungen

Chancen

- **Neue und günstige Mobilitätsdienstleistungsangebote aus neuen Geschäftsmodellen:** Mobilitätsdienstleistungen dürften sich zukünftig nicht mehr nur über den Fahrpreis finanzieren, sondern über die von den Verkehrsteilnehmenden zur Verfügung gestellten Daten oder über individualisierte Werbung.⁸⁰
- **Produktivitäts- und damit Kosteneffekte aus Automatisierung und Sharing:** Durch das automatisierte Fahren entfallen Kosten für Fahrer. Werden Fahrzeuge zudem gemeinschaftlich genutzt, kann der Preis der Dienstleistung auf mehrere Personen aufgeteilt werden.

Risiken

- **Höhere Kosten aufgrund neuer Monopole auf dem Verkehrsmarkt:** Mobilitätsdienstleistungen werden bereits heute zunehmende über Plattformen vermittelt. Aufgrund der hohen Netzwerk- und Skaleneffekte tendieren Plattformmärkte aber teilweise zu Oligopolen oder sogar Monopolen. Wird dies nicht verhindert, werden sich im Zeitverlauf ineffizient hohe Preise einstellen.

Insgesamt stufen wir die Chancen in diesem Feld höher ein als die Risiken.

Auch hier bietet Szenario 3 bzgl. der Ausschöpfung der Chancen die besten Aussichten, da eine gemeinschaftliche Fahrzeugnutzung bzw. Ridesharing eine Aufteilung der Fahrkosten auf mehrere Personen erlaubt und einen grossen Markt für neue kollektive Mobilitätsdienstleistungen schafft. Andererseits besteht die Oligopol- bzw. Monopolgefahr in erster Linie in diesem Bereich. In Szenario 1 werden die Kosten für Mobilitätsdienstleistungen, wenn überhaupt nur mässig sinken, da hier noch keine vollautomatisierten Fahrzeuge verkehren.

d) Zeitkosten

Chancen

- **Mehr nutzbare Zeit und Komfortgewinne:** Die Fahrtzeit im Strassenverkehr kann dank automatisiertem Fahren produktiv genutzt werden.⁸¹ In Stausituationen resultieren Komfortgewinne, weil das Fahrzeug das «stop-and-go» übernimmt.
- **Kürzere Reisezeit:** Dank einem vernetzten und intelligenten Verkehrsmanagement sinkt die durchschnittliche Reisezeit.⁸² Besonders gross ist diese Chance, falls sich neue Transportsysteme wie z.B. Hyperloop durchsetzen.

Risiken

- **Höhere Reisezeit:** Durch die sinkenden Mobilitätskosten steigt die Verkehrsnachfrage, was zu Netzüberlastungen und höheren Reisezeiten führt.
- **Tiefe Durchschnittsgeschwindigkeit:** Aus heutiger Sicht ist davon auszugehen, dass automatisierte Fahrzeuge aus Sicherheitsgründen mit tieferen Durchschnittsgeschwindigkeiten unterwegs sein werden, was ebenfalls zu höheren Reisezeiten führen würde.

Eine Senkung der Zeitkosten durch das automatisierte Fahren dürfte auf jeden Fall eintreten, was zur Folge hat, dass der Strassenverkehr gegenüber dem Schienenverkehr attrak-

⁸⁰ Cacilo et al. (2015), S. 236 ff.

⁸¹ Dungs et al. (2016)

⁸² Vgl. bspw. Kockelman et al. (2017)

tiver wird. Wie stark diese Senkung ist, hängt unter anderem vom Level der Automatisierung ab. Die Senkung ergibt sich aus der alternativen Nutzung der Reisezeit. Ob diese Reisezeit an sich sinkt, ist unklar.

Die Szenarien 2 und 3 nutzen die erwähnten Chancen am besten, da von den Insassen eines Fahrzeugs keine Tätigkeiten mehr zur Steuerung erbracht werden müssen. Zwischen Szenario 2 und 3 dürften hier kaum Unterschiede bestehen. Die Zeitkosten dürften in Szenario 2 etwas höher sein als in Szenario 3, da aufgrund der höheren Verkehrsbelastung mit verlängerten Reisezeiten zu rechnen wäre. Die Entwicklung der Zeitkosten ist in Szenario 1 am kleinsten, da dort noch keine vollautomatischen Fahrzeuge zur Verfügung stehen.

4.3 Preissetzung und Marktordnung

a) Faire und effiziente Verkehrspreise

Chancen

- **Verursachergerechtere Pricing-Systeme:** Neue Technologien und die immer umfassendere Datenerhebung bieten günstige Voraussetzungen für neue und stärker am Verursacherprinzip ausgerichtete Preissysteme wie z.B. differenzierte Mobility-Pricing-Lösungen. Letztere führen zu einer effizienteren Auslastung der Verkehrsinfrastrukturen.
- **Stärkere Nutzerfinanzierung:** Neue Mobilitätsangebote könnten zunehmend von Privaten erbracht werden und somit nicht von Subventionen abhängig sein. Dies bietet die Gelegenheit zur Erhöhung der Nutzerfinanzierung im Verkehrsbereich insgesamt.

Risiken

- **Geringere staatliche Einflussmöglichkeiten auf Preissetzung:** Die staatlichen Einflussmöglichkeiten auf die Mobilitätspreise und damit auf eine politisch erwünschte Verkehrslenkung über den Preis werden eingeschränkt, falls immer mehr Mobilitätsangebote von privaten Akteuren mit Preisgestaltungsfreiheit erbracht und ihre Nutzung gemäss einer nachfrageorientierten Preissetzungslogik bepreist werden.
- **Volkswirtschaftlich ineffiziente Preissetzung:** Durch neue Geschäftsmodelle können Mobilitätsdienstleistungen im Extremfall sogar gratis sein. Dies führt zu einer ineffizient hohen Nachfrage, was negative Effekte auf das Gesamtverkehrssystem oder die Umwelt haben kann.

Bei einer stärkeren «Privatisierung» des Verkehrs (neue privat erbrachte kollektive Mobilitätsdienstleistungen, neue private Transportsysteme wie bspw. Cargo Sous Terrain) ist absehbar, dass die Bepreisung des Verkehrs im Jahr 2060 verstärkt anderen Logiken folgen wird als dies heute der Fall ist.

Bezüglich der Effizienz der Verkehrspreise gibt es gewisse Unterschiede zwischen den drei Szenarien. In Szenario 1 sind die Änderungen gegenüber der aktuellen Situation noch gering, da die neuen Geschäftsmodelle sowie das automatisierte Fahren noch nicht fertig entwickelt sind. Das Risiko ineffizienter Preise scheint in Szenarien 3 grösser zu sein als in Szenario 2, weil sich die konsequent nachfrageorientierte Preissetzungslogik in erster Linie bei privat erbrachten kollektiven Mobilitätsdienstleistungen findet (ein illustratives Beispiel dafür ist der aktuelle kommerzielle Luftverkehr).

b) Funktionierender Wettbewerb

Chancen

- **Intensivierung Wettbewerb durch neue Akteure:** Der Markteintritt neuer Wettbewerber mit neuen Geschäftsmodellen sorgt für ein kompetitiveres Umfeld im kollektiven Verkehr. Dadurch können auch bestehende Monopole aufgebrochen werden.⁸³ Neben

⁸³ Vgl. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2016), S. 3

- neuen Transportdienstleistern können diese neuen Akteure auch lediglich Plattformen sein, die Transportdienstleistungen verschiedener Anbieter kombinieren und vermitteln.
- **Abbau von Informationsasymmetrien:** Informationsasymmetrien können durch digitale Tools wie z.B. Ratingsysteme reduziert werden, was den Wettbewerb fördert und damit zu einer gewissen Selbstregulierung führt.⁸⁴

Risiken

- **Neue Oligopol- und Monopolsituationen:** Durch Netzwerk- und Skaleneffekte in Plattformmärkten sowie durch eine Konzentration an relevanten Daten bei einem Akteur können neue Monopole entstehen, die den Wettbewerb verhindern.⁸⁵

Der Wettbewerb im Mobilitätsmarkt dürfte zunehmen, da neue Geschäftsmodelle sowie Angebote zunehmend von Privaten erbracht werden. Es ist auch denkbar, dass private Firmen zukünftig ihre eigene Infrastruktur betreiben. Diese Zunahme der Anzahl Akteure bzw. Konkurrenten im Markt führt zu einer Intensivierung des Wettbewerbs, was seinerseits zu einer effizienteren Nutzung und Auslastung der Verkehrsinfrastrukturen beiträgt. Die erwähnten neuen Geschäftsmodelle könnten zu einer Verschmelzung von MIV und ÖV führen (vgl. Kapitel 3.4). Zudem ist denkbar, dass die Transportunternehmungen durch die aufkommenden Vermittlungsplattformen lediglich zu «Fuhrhaltern» werden. Die Preissetzung und Angebotsvermittlung könnten teilweise in die Hände der Plattformen fallen. Ohne entsprechende Regulierung drohen mittel- bis längerfristig neue Oligopol- und Monopolsituationen.

Szenarien 3 bietet das grösste Potenzial zur Nutzung der Chancen. Da die individuelle Mobilität mit Fahrzeugen im Privatbesitz in diesem Szenario nicht mehr im Vordergrund steht, ist der Markt für neue Mobilitätsdienstleistungen am grössten, was Markteintritte von neuen Akteuren und damit den Wettbewerb fördert. Allerdings sind bei ihm auch die Risiken am ausgeprägtesten.

4.4 Innovationsaktivitäten, innovative Produkte und Geschäftsmodelle

Chancen

- **Neue Geschäftsmodelle und innovative Angebote:** Die Mobilität der Zukunft erlaubt neue Angebotsformen und Geschäftsmodelle und damit verbunden auch die Entwicklung neuer innovativer Produkte, die innerhalb aber möglicherweise auch ausserhalb des Verkehrsbereichs angeboten werden können. Im Vordergrund dürften hier zukünftig insbesondere massgeschneiderte Mobilitätspakete stehen, welche die Kunden mit individuell zugeschnittenen und allen Bedürfnissen berücksichtigenden Mobilitätslösungen versorgt («MaaS», vgl. Abschnitt 3.4).⁸⁶
- **Stärkung des Verkehrs als Investitionsbereich:** Für private Akteure werden sich neue Investitionsmöglichkeiten im Verkehrsbereich ergeben (z.B. bei der digitalen Infrastruktur). Weil sie Marktchancen sehen werden innovative Akteure stärker als heute bemüht sein, in diesen Bereich einzudringen.

Risiken

- **Verdrängung einheimischer Akteure durch globale Player:** Der Verkehr der Zukunft wird globalisierter sein. Innovative Lösungen werden nicht ortsbezogen entwickelt, sondern nur ortsbezogen umgesetzt werden. Es besteht die Gefahr, dass grosse Tech-Firmen aus dem – nicht-europäischen – Ausland dominante Akteure werden.⁸⁷ Damit verbunden wäre ein Abfluss von Wertschöpfung a

⁸⁴ Vgl. Deloitte und ZHAW School of Management and Law (2016), S. 18

⁸⁵ Vgl. dazu Dobusch (2016)

⁸⁶ Bundesrat (2016), S. 11

⁸⁷ Cacilo et al. (2015), S. 239

Die Innovationstätigkeit im Mobilitätsmarkt der Zukunft wird höher sein als heute. Die technologische Entwicklung spricht für eine stärkere Globalisierung von Lösungen beim Landverkehr. Es besteht ein relevantes Risiko, dass davon globale ausländische Player stärker profitieren als schweizerische.

Im Kontext der Szenarien der Paketleitung dürfte es vor allem in Szenario 3 viele neue und innovative Angebote geben, weil neue multimodale und kollektive Angebote bei diesem Szenario im Vordergrund stehen, während die in Szenario 2 skizzierte individuelle Mobilität weniger Spielraum lässt.

4.5 Unfallrisiko

Chancen

- **Weniger Verkehrsunfälle dank Automatisierung:** Das automatisierte Fahren hat das Potenzial die Anzahl Unfälle zu reduzieren. Der Grund dafür sind die Vernetzung, der Datenaustausch sowie die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen sowie standardisierte Protokolle, die vorgeben wie sich Fahrzeuge in bestimmten Situationen verhalten. Zusätzlich dürften auch die infrastrukturseitigen Überwachungs- und Steuerungssysteme die Sicherheit erhöhen.⁸⁸

Risiken

- **Mehr Verkehrsunfälle wegen Mischverkehr und technischen Gründen:** Es gibt aber auch Stimmen, die davor warnen, dass sich bei Mischverkehr (von automatisierten und manuell gesteuerten Fahrzeugen sowie von automatisierten Fahrzeugen und dem Langsamverkehr) die Anzahl Unfälle erhöhen könnte. Weitere Gründe die das Unfallrisiko und/oder die Unfallfolgen erhöhen bzw. verschärfen könnten sind technisches Versagen, Manipulationen bei IT-Systemen, Leichtbauweisen bei Fahrzeugen oder das Fehlen von Fahrern, die heute bei unfallkritischen Situationen rasch eingreifen können (z.B. bei Gegenständen auf der Fahrbahn).⁸⁹

Für die Verkehrssicherheit ist entscheidend, inwiefern vollautomatisierte Fahrzeug und manuell gelenkte Fahrzeuge im gleichen Netz oder sogar auf der der gleichen Fahrspur verkehren können. Ist dies der Fall, erhöht sich möglicherweise das Unfallrisiko. Zusätzlich sinkt zwar das Risiko von Unfällen aufgrund menschlichen Versagens, gleichzeitig können neue unfallverursachende Gründe auftauchen. Insgesamt gehen wir aber davon aus, dass die Chancen die Risiken überwiegen.

Die Verkehrssicherheit dürfte in den Szenarien 2 und 3 am höchsten sein, da in diesen ausschliesslich voll automatisiert gefahren wird und Mischverkehre seltener sein werden. In Szenario 1 ist der Gesamteffekt eher unsicher: Fahrzeugseitig führen die Assistenzsysteme tieferer Automatisierungsstufen als Level 5 zu massiven Verbesserungen. Neben dem Mischverkehr besteht aber noch die unfallrisikorelevante Schnittstelle beim Wechsel von automatisiertem auf manuelles Fahren.

4.6 Persönlichkeitsschutz i.w.S. und Rechtssicherheit

Chancen

- **Erhöhte Personensicherheit:** Im öffentlichen und kollektiven Verkehr steigt die Personensicherheit durch die Erfassung von Nutzerdaten sowie entsprechender Überwachungssysteme.⁹⁰

⁸⁸ Bundesrat (2016), S. 15

⁸⁹ AXA (2017)

⁹⁰ Bereits heute werden in der Nicht-Anonymität von Fahrgast und Fahrer, dem Verzicht auf Bargeldtransaktionen für die Entrichtung des Fahrtpreises und in gegenseitigen Ratingsystemen wirkungsvolle Massnahmen zur Erhöhung der Personensicherheit gesehen (vgl. z.B. ITF (2019), S. 11).

- **Sichere Abrechnungssysteme:** Durch neue Technologien wie z.B. Blockchain können Ticket- und Abrechnungssysteme sicher gestaltet werden.

Risiken

- **Neue Gefahren für den Datenschutz:** Daten sind eine wichtige Grundlage für den Verkehr der Zukunft und müssen entsprechend breit erhoben werden. Dies birgt neue Risiken, wie z.B. eine missbräuchliche Auswertung von Personen- und Bewegungsdaten. Die Kombination der Erfassung von Personen- und Bewegungsdaten ist als aus Datenschutzsicht eine sehr sensible. Zudem geht die Kontrolle der Daten zunehmend verloren, falls vermehrt ausländische Firmen in der Schweiz aktiv sind.⁹¹
- **Stärkere Manipulierbarkeit:** IT-Systeme sind grundsätzlich angreifbar. Mit der zunehmenden Bedeutung von IT-Applikationen im Verkehrsbereich steigt damit das Risiko, dass das gesamte oder Teile des Verkehrssystems Zielscheibe von Angriffen wird. Solche Angriffe können verschiedene Ursachen haben wie z.B. Terrorismus. Da es im Verkehr der Zukunft um sehr viel Geld bzw. um das Überleben von aktuell grossen Playern gehen wird, lassen sich auch Angriffe im Auftrag von Marktakteuren (Konkurrenten) nicht ausschliessen.⁹² Solche Risiken spielen nicht nur im Personen-, sondern insbesondere auch im Güterverkehr eine Rolle: Die verladende Wirtschaft muss sicher sein können, dass die Ware auch am gewünschten Ort ankommt.
- **Erhöhung Rechtsunsicherheit:** Es bedarf klarer Regelungen, da grundlegende Änderungen im Verkehrsbereich ansonsten Unsicherheit schaffen. Die betrifft beispielsweise die Themen Fahrzeugzulassung, Datennutzung, Verkehrsvorschriften oder Haftungsfragen. Ohne Regelung dieser Fragen, besteht die Gefahr, dass z.B. bei Unfällen nicht klar ist, wer verantwortlich ist. In vielen Fällen betritt die Rechtssetzung Neuland.

Die oben aufgelisteten Chancen und Risiken zeigen, dass IT- bzw. Cybersicherheit ein zentrales Thema für den Verkehr der Zukunft darstellt. Die Chancen dieses Feldes sind im Vergleich zu den Risiken deutlich geringer einzustufen.

Dies dürfte in allen drei Szenarien der Fall sein. Da die Vernetzung und Automatisierung aber in den beiden Szenarien 2 und 3 am weitesten fortgeschritten sind, sind sowohl Chancen als auch Risiken dort am höchsten.

4.7 Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch

Chancen

- **Reduktion schädlicher Verkehrsemissionen:** Eine der grossen Chancen des Verkehrs der Zukunft bzw. der Elektromobilität ist die – falls der für die eFahrzeuge benötigte Strom nicht aus fossilen Kraftwerken stammt – starke Reduzierung der CO₂-Emissionen, da keine fossilen Treibstoffe mehr benötigt werden. Aber auch andere Ausstösse wie Luft- oder Lärmemissionen oder Emissionen durch Störfälle können durch die effizientere Nutzung der Fahrzeuge sowie durch die Elektromobilität reduziert werden.⁹³
- **Geringerer Ressourcen- und Flächenverbrauch:** Die Umweltbelastung und der Ressourcenverbrauch durch den Verkehr können durch den Rückgang der Anzahl benötigter Fahrzeuge reduziert werden. Sollte die Anzahl Fahrzeuge zurückgehen, werden aufgrund der abnehmenden Anzahl Parkplätze in urbanen Gebieten Flächen frei, die anderweitigen attraktiven Nutzungsmöglichkeiten zugeführt werden können. Dies gilt sowohl für Quell- wie auch Zielparkplätze.⁹⁴ Fahrerassistenzsysteme können zu Einsparungen bei Energieverbrauch führen.

⁹¹ ADAC (2017), S.47

⁹² Deutsche Bundesregierung (2015), S. 22

⁹³ Bundesrat (2016), S. 18

⁹⁴ Bundesrat (2016), S. 17

- **Attraktivierung Langsamverkehrs:** Die Verkehrsemissionen könnten sinken, weil der Langsamverkehr / aktive Verkehr als «letzte Bastion des Individualverkehrs» attraktiver wird.

Risiken

- **Zunahme indirekte Emissionen:** Die CO₂-Emissionen hängen davon ab, inwiefern der für den Verkehr verwendete Strom aus erneuerbaren Quellen stammt. Nimmt der Verkehr zu, könnte auch die CO₂-Belastung damit zunehmen. Zudem verlagert dies die Ursache der CO₂-Belastung weg von den Verkehrsteilnehmenden zu den Stromproduzenten, was das Problembewusstsein senken kann. Auch andere Emissionen wie z.B. die nicht-ionisierende Strahlung der Mobilfunk-Infrastruktur könnten zunehmen.
- **Erhöhter Ressourcen- und Flächenverbrauch:** Im Falle einer stark steigenden Mobilitätsnachfrage könnte der Ressourcenverbrauch des Verkehrs ansteigen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn automatisierte Fahrzeuge künftig stark individuell genutzt werden.
- **Unattraktiverer Langsamverkehr:** Da im Langsamverkehr die Reisezeit im Gegensatz zu den anderen Verkehrsformen nicht genutzt werden kann, kann dessen Attraktivität auch sinken. Es besteht die Möglichkeit, dass ein grosser Teil der Nutzenden von neuen kollektiven Mobilitätsangeboten vom Langsamverkehr / aktiven Verkehr kommt.

Die Elektromobilität bietet eine enorme Chance zur Reduktion der Treibhausgasemissionen durch den Verkehr. Voraussetzung dafür ist aber, dass die verwendete Energie aus erneuerbaren Quellen stammt. Auch die Entwicklung des Verkehrsaufkommens (vgl. dazu Abschnitt 4.1) spielt eine Rolle. Insgesamt stufen wir die Chancen höher ein als die Risiken.

Bezogen auf die Szenarien der Paketeleitung, ergeben sich aus Szenario 3 am meisten Chancen. In diesem Szenario genießt die Klimapolitik hohe Relevanz, Fahrzeuge werden gemeinschaftlich genutzt und die Elektromobilität ist weit verbreitet. In Szenario 2 hängt die Umweltbelastung, da mit einer Verkehrszunahme zu rechnen ist, massgeblich davon ab, ob die im Verkehr verwendete Energie aus erneuerbaren Quellen kommt. In Szenario 1 dürfte die Umweltbelastung ebenfalls grösser als in Szenario 3 sein, da hier die Elektrifizierung noch Wachstumspotenziale aufweist.

4.8 Zugang zu Mobilität und Transportdienstleistungen

a) Individuelle Zugänglichkeit

Chancen

- **Verbesserung individueller Zugang zu Mobilität:** Durch das automatisierte Fahren werden neue Nutzergruppen mobil. Konkret betrifft dies z.B. ältere Menschen, Jugendliche oder Menschen mit Behinderung.⁹⁵ Zudem wird der Mobilitätszugang besser, da die Fahrplanabhängigkeit abnehmen wird und auf Abruf bereitstehende automatisierte Fahrzeuge jederzeit gerufen werden können. Damit einher geht eine weniger starke örtliche Abhängigkeit von Haltestellen.⁹⁶

Auch infrastrukturseitig bietet die Digitalisierung relevante Möglichkeiten zur Verbesserung der Barrierefreiheit beim Zugang zu Mobilität.⁹⁷

Risiken

- **Neue Einschränkungen beim individuellen Zugang:** Es besteht das Risiko, dass Individuen der Zugang zu privaten Mobilitätsangeboten erschwert werden wird, falls dieser Zugang auf Ratings beruht – wie dies z.B. heute bereits bei gewissen Anbietern der

⁹⁵ Für eine weiterführende Diskussion vgl. auch das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Demografische Alterung und Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrs» (Interface et al., 2019) des vorliegenden Forschungspakets.

⁹⁶ Ecoplan (2018), S. 40

⁹⁷ Für einen Überblick vgl. Rees (2018), Abschnitt 4.1.5

Fall ist – und keine Transportpflicht besteht. Individuen mit schlechtem Rating möglicherweise nicht mehr mobil sind. Zudem könnte hinsichtlich der Angebote und Nutzung neuer Mobilitätsdienstleistungen auch die Einkommensabhängigkeit zunehmen, da verstärkt Modelle mit differenzierten Preisen auf den Markt kommen werden (höhere Preise für Direktfahrten).

Der Zugang zur Mobilität kann insbesondere durch das automatisierte Fahren erheblich verbessert werden. Es besteht aber auch ein gewisses, dass der Mobilitätszugang aufgrund personeller Merkmale deutlich unterschiedlicher ausfällt, als dies heute der Fall ist.

Dieses Potenzial wird vor allem in Szenario 3 genutzt, da dort gemeinschaftlich genutzte Fahrzeuge am weitesten verbreitet sind. Aber auch in Szenario 2 wird durch vollautomatisierte bzw. autonome Fahrzeuge eine erhebliche Verbesserung erzielt. In Szenario 1 verändert sich der Zugang zur Mobilität nur unwesentlich gegenüber heute.

b) Räumliche Grundversorgung

Chancen

- **Besserer räumlicher Zugang zu Mobilität:** Die von der öffentlichen Hand bestellte Grundversorgung von abgelegenen Gebieten kann ausgebaut werden, da automatisierte Fahrzeuge diese zeitlich unabhängiger und v.a. kostengünstiger (keine Chauffeurkosten, tiefere Verkehrsmittelkosten) erreichen können. Das kann sich auf ganze Strecken oder auch nur auf die Einzugsbereiche von Haltestellen des klassischen öffentlichen Verkehrs beziehen. Auch Drohnen könnten zu diesem verbesserten Zugang beitragen.⁹⁸

Risiken

- **Anschlussverlust:** Setzen sich neue Transportsysteme wie z.B. der Hyperloop durch, so werden sich diese höchstwahrscheinlich auf spezifische Standorte ausrichten, wodurch gewisse Gebiete unattraktiv werden können und dadurch den Anschluss verlieren.

Die räumliche Grundversorgung kann durch das automatisierte Fahren attraktiver und kostengünstiger sichergestellt werden als dies heute durch den öffentlichen Verkehr der Fall ist. Die Risiken sind nur punktueller Natur.

Szenario 3 bietet die besten Voraussetzungen zur Nutzung der Chancen, weil die verbesserten Erschließungschancen massgeblich von neuen kollektiven Mobilitätsangeboten ausgehen. Bei Szenario 2 ergeben sich die Chancen aus der Verfügbarkeit von vollautomatisierten Fahrzeugen.

4.9 Finanzierungssicherheit

Chancen

- **Geringerer öffentlicher Finanzierungsbedarf:** Sollten die Infrastrukturkosten sinken oder zunehmend privat finanziert werden, sinkt auch der Bedarf an öffentlichen Geldern (vgl. Kapitel a)).
- **Wegfall des Einnahmeausfallrisikos:** Energieeffizienzfortschritte bei Fahrzeugen führen aktuell zu weniger Einnahmen aus der Treibstoffbesteuerung. Dieses Risiko entfällt bei dem massgeblich elektrischen Verkehr der Zukunft, weil nicht mehr der Energieverbrauch, sondern die Fahrleistung besteuert wird.
- **Einfachere Abrechnung:** Neue Technologie schaffen die technischen Voraussetzungen für die Umsetzung von leistungsabhängigen Steuern und Abgaben wie z.B. Mobility Pricing. Auch andere Modelle wie bspw. an den Infrastrukturkosten ausgerichtete Preise werden dadurch einfacher umsetzbar.

⁹⁸ Meyer et al., 2016), S. A-8

Risiken

- **Höherer öffentlicher Finanzierungsbedarf:** Sollten die Infrastrukturkosten ansteigen, so steigt auch der Bedarf an öffentlicher Finanzierung (vgl. Kapitel a)).
- **Erosion des Einnahmepotenzials:** Durch den möglichen Rückgang der Fahrzeugflotte (weniger Fahrzeuge) und der Fahrleistung (höherer Besetzungsgrad) verringert sich das Einnahmepotenzial von Verkehrsabgaben und -steuern mit diesen Bemessungsgrundlagen. Bereits kurz- bis mittelfristig führen die effizienteren Fahrzeuge und die Elektrifizierung im Verkehr zu Einnahmenausfällen bei der Mineralölbesteuerung.

Die Finanzierung des Verkehrs der Zukunft wird eine grundlegend andere sein als die heutige. Ein Übergang zu einer leistungsabhängigen Erhebung von Verkehrsabgaben und -steuern wird nicht nur technisch einfacher sein (vgl. Abschnitt 4.3), sondern aus Finanzierungssicht wegen der erwarteten Zunahme der Elektromobilität zwingend sein. Die Finanzierungssicherheit wird natürlich nicht nur durch die Einnahmenseite bestimmt, sondern auch durch die Ausgabenseite (vgl. dazu die Abschnitte 4.1 und 4.2). Kapitel 5 unten geht vertieft auf die Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft für die Verkehrsfinanzierung ein.

4.10 Koordination der Entwicklung des Gesamtverkehrssystems, Abstimmung Verkehrs- und Raumplanung

Chancen

- **Beitrag zur Aufrechterhaltung der dezentralen Besiedelung:** Die automatisierten Fahrzeuge und neue Mobilitätsangebote können die Erschliessung abgelegener Regionen vereinfachen und vergünstigen. Dies fördert die in der Schweiz angestrebte dezentrale Besiedelung.

Risiken

- **Erschwerte Abstimmung von Verkehrs- und Siedlungsplanung:** Die Gesamtverkehrsplanung wird anspruchsvoller werden, wenn neue Akteure und Mobilitätsformen auftreten. Private Mobilitätsangebote lassen sich nur bei entsprechender Regulierung durch die öffentliche Hand planen. Auch die Abstimmung der Verkehrs- und Siedlungsplanung kann durch die zunehmende Bedeutung neuer und privater Akteure im Verkehrswesen erschwert werden. Hinzu kommt, dass sich die Frage der Abstimmung anders stellen wird, weil der Verkehr der Zukunft ein ganz anderer sein wird als der heutige.
- **Höherer Flächenbedarf:** In urbanen Gebieten bedarf es aufgrund der vollautomatisierten Taxiflotten dafür vorgesehene Ein- und Ausstiegsszonen. Diese benötigen Platz und beeinträchtigen möglicherweise den Verkehrsfluss. Sollte hier der Infrastrukturbedarf steigen, steigt auch der Flächenbedarf.⁹⁹
- **Förderung der Zersiedelung:** Die bessere Erreichbarkeit abgelegener Gebiete und Räume macht diese als Wohngebiet attraktiver und fördert dadurch die Zersiedelung.¹⁰⁰

Aus den disruptiven Änderungen im Verkehrsbereich resultieren grosse Herausforderungen für die künftige Planung des Verkehrs und die Abstimmung zwischen Verkehrs- und Siedlungsplanung. Die Auswirkungen auf den Flächenbedarf des Verkehrs sind vor allem in urbanen Gebieten relevant. Die Gesamtwirkung aus nicht mehr benötigten (Parkier)Flächen und zusätzlichen Flächen für Ein- und Ausstiegsszonen sowie Pick-up-points im Güterverteilverkehr ist unklar. Die Chance zur Reduktion des Flächenbedarfs durch Parkplätze ist in Szenario 3 am ausgeprägtesten. Nur wenn ständig fahrende automatisierte Mobilitätsangebote benützt werden, können die Parkflächen eingespart bzw. umgenutzt werden. Dies fördert den Trend zur Verdichtung in urbanen Gebieten. Gleichzeitig aber

⁹⁹ Bundesrat (2016), S. 18. Für eine umfassende Analyse des Raumbedarfs für Haltestellen und -buchten im städtischen Raum vgl. das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft» (Transitec et al., 2020)

¹⁰⁰ Bundesrat (2016), S. 18

werden dadurch viele Ein- und Ausstiegspunkte nötig. Befinden sich die Autos wie in Szenario 2 immer noch massgeblich im Privatbesitz ohne ausgeprägtes Carsharing, so stellt sich «nur» bei den Zielparkplätzen eine gleiche Wirkung ein. Aus der autonomen Rückkehr zum Quellparkplatz würden viele Leerfahrten generiert werden. Entsprechend können die Chancen in Szenario 2 nur beschränkt genutzt werden. Das gleiche gilt für Szenario 1, wobei dort auch die Risiken bedeutend geringer sind.

4.11 Internationale Koordination und Interoperabilität im Verkehrsbereich

Chancen

- **Neue Möglichkeiten im internationalen Verkehr:** Neue Mobilitätsdienstleistungen müssen nicht auf die nationale Ebene beschränkt sein, sondern können auch international angeboten werden, was den grenzüberschreitenden Verkehr erleichtern und flexibilisieren würde. Gleichzeitig ergeben sich durch neue Kommunikationsmöglichkeiten (z.B. Car-to-X-Kommunikation) neue Möglichkeiten im internationalen Verkehrsmanagement.

Risiken

- **Uneinheitliche Lösungsansätze in den verschiedenen Ländern:** Die Gefahr einheitlicher Lösungsansätze besteht weniger bei Normen und Standards für Fahrzeuge und Infrastrukturen, sondern bei Lösungsansätzen im Bereich Verkehrsmanagement, Datenzugang und -nutzung. Es besteht die Gefahr, dass der grenzüberschreitende Verkehr erschwert wird.
- **Schwierigere Koordination der nationalen Verkehrspolitiken:** Durch die zunehmende Relevanz privater Anbieter die auch eigene Infrastruktur betreiben wird die internationale Koordination der Verkehrspolitik aufgrund der zunehmenden Anzahl Akteure erschwert.
- **Verlust von nationaler Handlungsfähigkeit:** Da offensichtlich Lösungen auf internationaler Ebene gefunden werden müssen besteht das Risiko, dass die Handlungsfähigkeit der Schweiz als kleines Land im Mobilitätsbereich eingeschränkt wird.¹⁰¹

Die internationale Koordination wird durch die zahlreichen mit dem Verkehr der Zukunft verbundenen Änderungen tendenziell erschwert und Bedarf neuer, internationaler Abkommen und Regeln.

Diese Problematik ergibt sich in allen drei Szenarien. Besonders ausgeprägt dürfte sie in den Szenarien 2 und 3 sein, da dort vollautomatische Fahrzeuge verkehren.

4.12 Gesellschaftsrelevante Auswirkungen und Akzeptanz

Chancen

- **Spürbare Produktivitätssteigerung im Verkehrsbereich:** Durch die neuen Technologien wird die Verkehrsbranche produktiver, was gesamtwirtschaftlich positive Folgen hat.¹⁰²
- **Örtliche Flexibilisierung des Arbeitsmarktes:** Wenn die Unterwegszeit dank automatisierten Fahrzeugen attraktiver wird, sinken die Kosten des Pendelns. Folge ist eine weitere Flexibilisierung des Arbeitsmarktes.
- **Neue Berufsbilder:** Es entstehen typischerweise mit neuen Technologien auch neue Berufsbilder oder sogar neue Branchen, was Arbeitsplätze schafft.¹⁰³

¹⁰¹ Ecoplan (2018), S. 106

¹⁰² Ecoplan (2018), S. 77

¹⁰³ Bundesrat (2018), S. 19

Risiken

- **Grosse Umwälzungen in der Verkehrsbranche:** Durch die neuen Technologien, allen voran die Automatisierung, verschwinden gewisse Berufsbilder. Die Verkehrsbranche könnte dadurch besonders betroffen sein, was Widerstand gegen die neuen Technologien wecken kann.¹⁰⁴
- **Fehlende Akzeptanz:** Der Verkehr der Zukunft hat weitere in starkem Masse gesellschaftsrelevante Auswirkungen. Stichwort sind neue Technologien, Eingriffe in die persönliche Freiheit (z.B. keine Möglichkeit mehr, ein Fahrzeug selber zu steuern), Privatisierungs- und Globalisierungseffekte. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich die gesellschaftliche Akzeptanz dieser potenziellen Auswirkungen im Zeitverlauf von sich auch einstellen wird.
- **Gefährdung arbeits- und sozialrechtlicher Normen:** Neue Geschäftsmodelle müssen vom Regulativ hinreichend erfasst sein, damit diese nicht dazu benutzt werden können, um bestehende Normen und Regeln (insb. im Bereich Arbeitsmarkt) zu umgehen.

Die effektive Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft wird bei weitem nicht nur von den neuen technologischen Möglichkeiten und (kommerziellen) Interessen zentraler Akteure abhängen. Zentral wird sein, inwiefern für mitunter disruptive Änderungen die notwendige gesellschaftliche Akzeptanz erreicht wird.

Die gesellschaftlichen Herausforderungen und damit Risiken sind bei Szenario 3 am grössten, weil es den grössten Wechsel weg vom Individual- hin zum kollektiven Verkehr beinhaltet.

4.13 Fazit

Die vorangehenden Abschnitte haben gezeigt, dass der Verkehr der Zukunft auf alle im Zielsystem erwähnten Dimensionen Auswirkungen hat. Teilweise unterscheiden sich die Auswirkungen deutlich, je nachdem von welchem Entwicklungsszenario gemäss Paketleitung ausgegangen wird.

Die Diskussion der Chancen und Risiken in Bezug auf die Szenarien der Paketleitung hat gezeigt, dass beim **Szenario 3** in vielen Zieldimensionen ausgeprägte Chancen auszumachen sind. Es stellt sich allerdings die Frage, ob sich die in Szenario 3 angenommene und für die positiven Wirkungen («Chancen») notwendige starke Verbreitung von kollektiven Mobilitätsformen im Zeitverlauf von selbst einstellen wird. Werden die «objektiven» Vorteile erkannt und reichen sie aus für eine grundlegende Änderung des individuellen Verkehrsverhaltens? Dafür müsste die heute im Verkehrsbereich noch spürbar vorhandene v.a. fahrzeugbezogene Emotionalität einer stärkeren Rationalität weichen. Ohne diesen Wechsel lässt sich Szenario 3 nur mit einer Regulierung erreichen, deren gesellschaftliche Akzeptanz eine hohe Hürde darstellen wird, weil gesellschaftspolitisch sensible Bereiche betroffen sein werden. Eine solche Regulierung wäre mit subjektiven Nutzeneinbussen verbunden – sonst bräuchte es sie nicht. Den oben beschriebenen Chancen wären diese Nutzeneinbussen gegenüber zu stellen.

Szenario 2 bietet ebenfalls das Potenzial zur Nutzung vieler Chancen. Es schneidet im Vergleich zu Szenario 3 aber bei einem wesentlichen Punkt, dem Verkehrsaufkommen, schlechter ab. Hauptgrund dafür ist die weiterhin ausgeprägt individuelle Nutzung der Fahrzeuge. Diese führt im Vergleich zu Szenario 3 zu höheren Verkehrsleistungen, weshalb sich zentrale Chancen im Bereich der Kapazitäten und des Infrastrukturbedarfs nicht im gleichen Ausmass realisieren lassen. Dafür entfallen die oben erwähnten für Szenario 2 potenziell notwendigen Regulierungen mit hoher Akzeptanzhürde.

In **Szenario 1** sind die Auswirkungen der verschiedenen Treiber des Verkehrs der Zukunft vergleichsweise bescheiden. Hauptgrund dafür ist, dass angenommen wird, dass das vollautomatisierte Fahren noch nicht flächendeckend möglich ist. Aber auch die weniger weit verbreitete Elektromobilität oder die noch nicht so umfassenden Mobilitätsdienstleistungen

¹⁰⁴ Bundesrat (2018), S. 19

sind Gründe dafür. Dies hat aber auch zur Konsequenz, dass viele der aufgezeigten Risiken ebenfalls nicht sehr stark ins Gewicht fallen. Hervorzuheben ist aber das höhere Unfallrisiko, welches aufgrund der Durchmischung von vollautomatisiertem und manuellem Verkehr entsteht.

Die Ausführungen in diesem Kapitel haben wie erwartet deutlich gemacht, dass die Nutzung der Chancen sowie die Verminderung von Risiken des Verkehrs der Zukunft stark vom **Regulativ** abhängt. Diese Abhängigkeit wird in den Kapiteln 6 und 7 umfassend beleuchtet. Vorgängig gehen wir im anschließenden Kapitel 5 noch vertieft auf das Chancen-Risiko-Feld «Verkehrsfinanzierung» ein, einem Schwerpunktthema des vorliegenden Forschungsprojekts.

5 Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft für die Verkehrsfinanzierung

Die Chancen und Risiken für die Finanzierungssicherheit wurden in Abschnitt 4.9 bereits angesprochen. Da diese Fragestellung Schwerpunktthema des vorliegenden Forschungsprojekts ist, wird sie in diesem Kapitel vertieft analysiert. Für die quantitative Analyse wird ein **EXCEL-basiertes Simulationsmodell**, das Verkehrsfinanzierungsmodell **VFM**, eingesetzt, das im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelt worden ist (vgl. dazu Abschnitt 5.3 unten). Die Vertiefung der Chancen und Risiken im Verkehrsfinanzierungsbereich erfolgt in drei Schritten:

- In **Abschnitt 5.1** werden die wichtigsten Ausgaben und Einnahmen innerhalb des Finanzierungssystems erläutert, wie sie im VFM enthalten sind. Dabei ist der Detaillierungsgrad des VFM zu beachten: Es bildet nur die wichtigsten Grössen auf einem vergleichsweise hohen Aggregationslevel ab.
- In einem zweiten Schritt wird in **Abschnitt 5.2** qualitativ dargelegt, auf welche Art und Weise die in Kapitel 3 beschriebenen Zukunftstrends im Verkehrsbereich auf die Ausgaben und Einnahmen im Verkehrsbereich einwirken können.
- In **Abschnitt 5.3** wird aufgezeigt, wie diese qualitativen Erkenntnisse im VFM quantitativ umgesetzt werden, und dies differenziert nach den drei Szenarien der Programmleitung. Abschliessend werden mit dem VFM die Auswirkungen der für die drei Szenarien unterstellten Entwicklungen auf die Verkehrsfinanzierung abgeschätzt. Detaillierte Ergebnisse dazu enthält Anhang III. Angesichts der grossen Unsicherheiten bzgl. dieser Entwicklungen handelt es sich bei den Modellergebnissen explizit um Grössenordnungen und keinesfalls um exakte Werte.

5.1 Das Verkehrsfinanzierungssystem der Schweiz

5.1.1 Öffentliche Ausgaben für den Verkehrsbereich

Grob zusammengefasst gibt die öffentliche Hand in der Schweiz für folgende Zwecke Geld für den Verkehr aus:

- Finanzierung der Infrastruktur der beiden aus Finanzierungssicht dominanten Verkehrsträger Strasse und Schiene¹⁰⁵
- Finanzierung der von der öffentlichen Hand bestellten Verkehrsangebote im strassen- und im schienengebundenen ÖV

Hinzu kommen staatliche Ausgaben, die in Zusammenhang mit externen Effekten des Verkehrs (z.B. luftverschmutzungsbedingte Gesundheitskosten) anfallen. Diese sind im VFM nicht modelliert. Die Externalitätenfrage im Verkehrsbereich ist in erster Linie eine Effizienz- und eine Umweltfrage. Für die in diesem Kapitel im Vordergrund stehende Verkehrsfinanzierung spielt sie keine zentrale Rolle.

Die für den Strassenverkehr bzw. für den Schienenverkehr anfallenden Ausgaben bewegen sich in derselben Grössenordnung, wie *Abb. 4* zeigt. Es handelt sich dabei um die Ausgaben aller drei Staatsebenen zusammengefasst.

¹⁰⁵ Im VFM sind nur diese beiden Verkehrsträger enthalten.

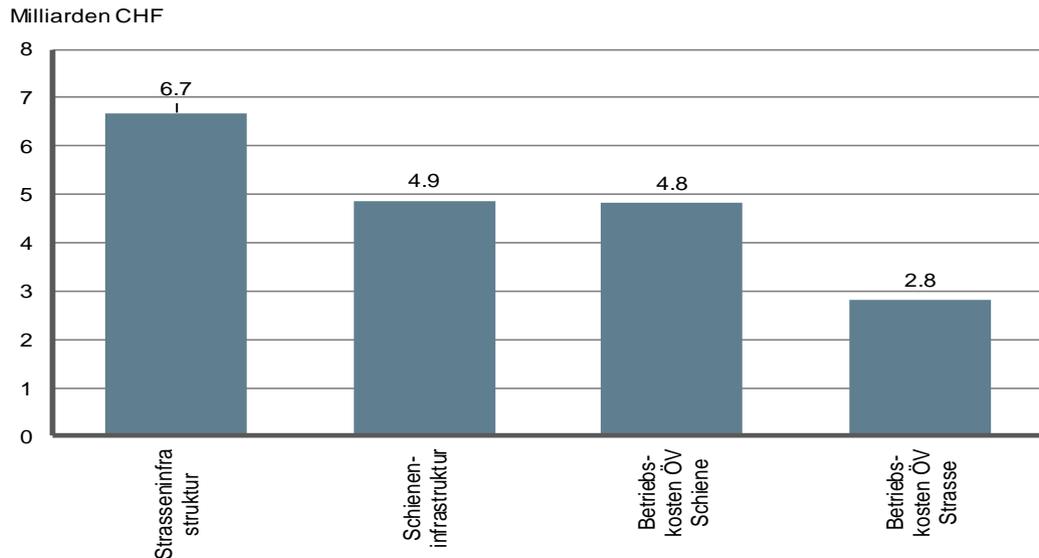


Abb. 4 Staatsausgaben für die Strasseninfrastruktur und den ÖV im Jahr 2014¹⁰⁶

Die dargestellten Kategorien wurden der Übersicht halber aggregiert.

- Die **Ausgaben** für die Strasseninfrastruktur setzen sich aus den Ausgaben für National-, Kantons- und Gemeindestrassen zusammen. Zudem könnte weiter nach Neu- und Ausbau, Ausgaben für baulichen Unterhalt und Ausgaben für den betrieblichen Unterhalt unterschieden werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird an dieser Stelle aber auf diese Differenzierung verzichtet.
- Die **Einnahmen** und **Kosten** von **Transportunternehmen** (TU) des ÖV werden als Staatseinnahmen und -ausgaben betrachtet. Das VFM geht also vom «Bruttoprinzip» aus und nicht vom «Nettoprinzip», bei welchem nur die Abgeltungen als Staatsausgabe betrachtet würden. Entsprechend sind in *Abb. 4* die gesamten ÖV-Kosten ausgewiesen, in *Abb. 6* dann die gesamten Einnahmen.
- Die **Betriebskosten** des strassengebundenen ÖV bestehen aus den Verkehrsmittelkosten¹⁰⁷ des öffentlichen Strassenverkehrs gemäss der Statistik «Kosten und Finanzierung des Verkehrs» des BFS (KFV-Statistik)¹⁰⁸. Die Betriebskosten des ÖV Schiene bestehen aus der Summe der Verkehrsmittelkosten des Güter- sowie des Personenverkehrs. Die gesamten in der obigen Abbildung berücksichtigten öffentlichen Verkehrsausgaben betragen im Jahr 2014 19.2 Milliarden CHF. Die oben gezeigten Ausgaben bewegten sich in den letzten Jahren immer ungefähr in derselben Grössenordnung.
- **Privat getragene Verkehrskosten** für den MIV spielen für die Verkehrsfinanzierung aus Sicht der öffentlichen Hand keine Rolle.

¹⁰⁶ Quelle: BFS (2017), Kosten und Finanzierung des Verkehrs. Strasse und Schiene 2014 (Die Publikation mit den Zahlen des Jahres 2015 erschienen 2019 und lagen damit zum Zeitpunkt der Erstellung des Modells (3. Quartal 2018) noch nicht vor). In dieser Berechnung werden der Strasseninfrastruktur nicht sämtliche, sondern nur die dem motorisierten Verkehr anrechenbaren Ausgaben angelastet. Dieser errechnen sich aus den Bruttokosten abzüglich der Beiträge aus der Mehrwertsteuer sowie von Gebühren und Beiträge. Von den dadurch errechneten Nettokosten werden im 90% der Kosten der Kantonsstrassen und 70% der Kosten der Gemeindestrassen dem Strassenverkehr angelastet. Der Rest wird anderen Nutzungsformen zugeschrieben.

¹⁰⁷ Verkehrsmittelkosten umfassen die Kosten für Anschaffung, Betrieb und Unterhalt von Fahrzeugen resp. des Rollmaterial.

¹⁰⁸ BFS (2017), Kosten und Finanzierung des Verkehrs. Strasse und Schiene 2014

5.1.2 Öffentliche Einnahmen aus dem Verkehrsbereich

Einnahmeseitig können gemäss der KfV-Statistik BFS drei verschiedene Verkehrsfinanzierungsquellen unterschieden werden:¹⁰⁹

- Steuern und Abgaben auf dem motorisierten Strassenverkehr
- Einnahmen der Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs und des Schienengüterverkehrs
- Allgemeine Steuermittel

Die **Steuern und Abgaben auf dem motorisierten Strassenverkehr** machten gemäss BFS im Jahr 2014 9.8 Milliarden CHF aus. Diese setzen sich aus den in *Abb. 5* wiedergegebenen Komponenten zusammen.

Die Mineralölsteuer und der -zuschlag auf Treibstoffen, die Nationalstrassenabgabe, die Automobilsteuer sowie ein Drittel der Schwerverkehrsabgabe fliessen an den Bund. Dieses Geld fliesst zu einem grossen Teil in Nationalstrassen, Projekte aus den Agglomerationsprogrammen, Eisenbahngrossprojekte sowie weitere Strassen. Ein Teil davon fliesst auch in Abgeltungen und Infrastrukturbeiträge an Transportunternehmen. Ungefähr ein Drittel der Einnahmen aus der Besteuerung des Mineralöls fliessen in die allgemeine Bundeskasse.

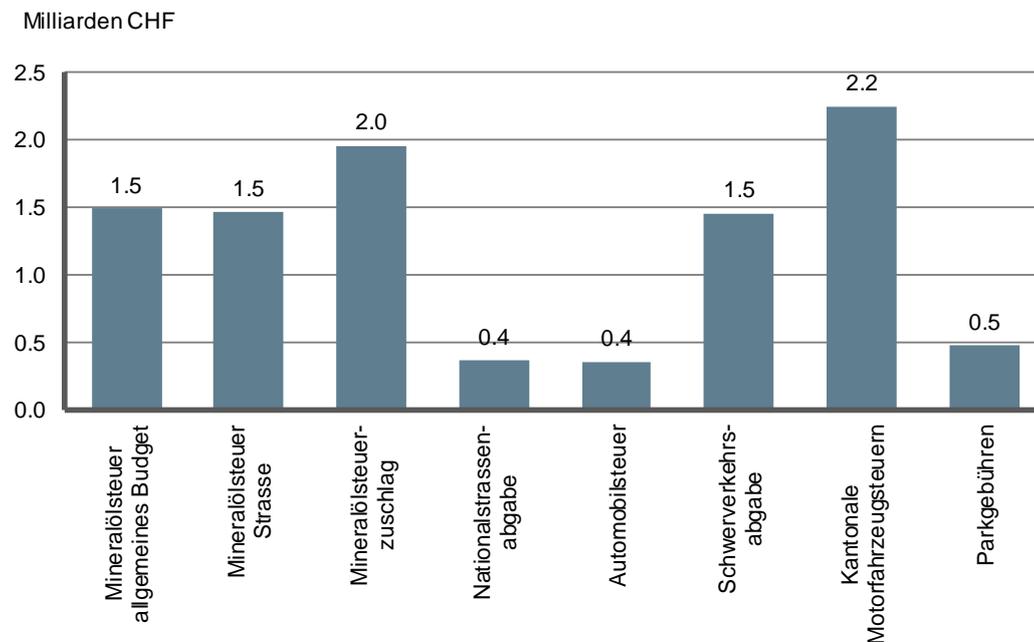


Abb. 5 Einnahmen aus den Steuern und Abgaben auf dem motorisierten Strassenverkehr im Jahr 2014

Die **Einnahmen der Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs und des Schienengüterverkehrs** schlugen 2014 mit 9.3 Milliarden CHF zu Buche (ohne Seilbahnen, Schiffe und Zahnradbahnen¹¹⁰).

¹⁰⁹ Steuern auf Flugtreibstoffe werden in diesem Bericht vernachlässigt.

¹¹⁰ Die Einnahmen der Schifffahrt, der Seilbahnen und der Zahnradbahnen betragen ca. eine Milliarde CHF. Diese werden in der folgenden Analyse nicht berücksichtigt, da die Auswirkungen des Verkehrs der Zukunft auf diese Verkehrsträger äusserst ungewiss sind und im vorliegenden Projekt nicht im Vordergrund stehen.

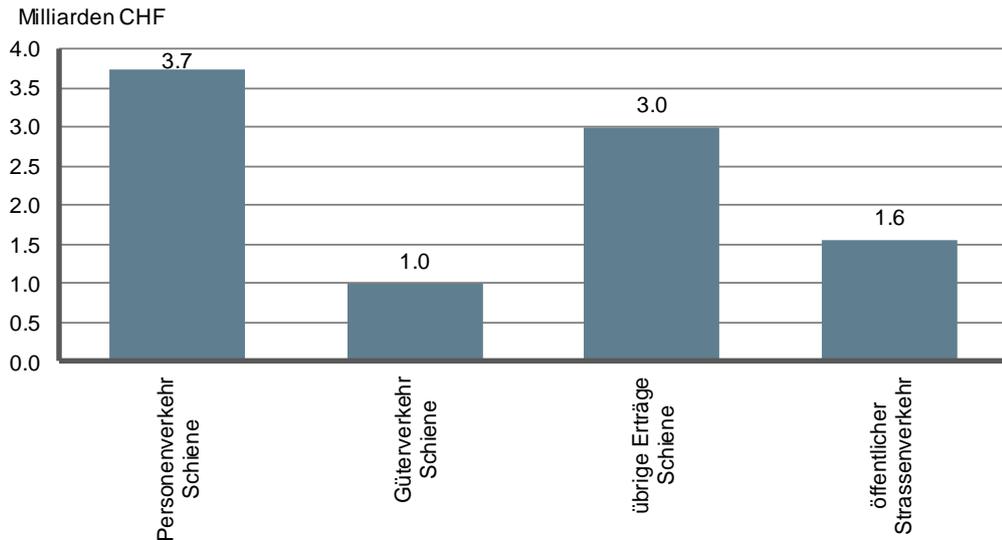


Abb. 6 Einnahmen der Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs und des Schienengüterverkehrs im Jahr 2014

Die «übrigen Erträge Schiene» sind Einnahmen der Transportunternehmen, die keinen direkten Zusammenhang mit dem operativen Geschäft des Transportunternehmens haben (z.B. Immobilienerträge). Mit einem Anteil von fast einem Dritten machen diese einen erheblichen Teil der Einnahmen aus.

Gesamthaft gesehen wurden im Jahr 2014 rund 19.1 Milliarden CHF aus dem Verkehrssystem eingenommen (inkl. «übrige Erträge Schiene»).

Betrachtet man die Ausgabendeckungsgrade des Strassenverkehrs und des öffentlichen Verkehrs separat, zeigen sich deutliche Unterschiede. Während die Ausgaben für den öffentlichen Verkehr nur zu ca. 75% durch dessen Einnahmen (inkl. «übrige Erträge Schiene») gedeckt sind, weist der Strassenverkehr mit fast 150% einen doppelt so hohen Ausgabendeckungsgrad auf.

Gesamthaft gesehen werden die Infrastruktur- und Betriebskosten des gesamten Verkehrssystems aber nahezu durch die daraus generierten Einnahmen gedeckt. Die Differenz muss über allgemeine Steuermittel finanziert werden. Die allgemeinen Steuermittel werden an dieser Stelle nicht weiter betrachtet, da sich ihr Ursprung nicht im Verkehrssystem befindet. Die Auswirkungen, die der Verkehr der Zukunft auf diesen Bedarf an Steuermittel haben wird, werden in Kapitel 5.3 diskutiert.

Des Weiteren gibt es noch Einnahmen aus der Besteuerung von Flugtreibstoffen in der Höhe von 48 Millionen CHF. Wegen der Fokussierung auf den Landverkehr wird auf diese im Folgenden nicht weiter eingegangen.

5.1.3 Institutionelle Verankerung

Ein herausragendes Merkmal der schweizerischen Verkehrsfinanzierung auch im internationalen Vergleich ist die hohe Bedeutung von Zweckbindungen bei den Einnahmen aus dem Strassenverkehrsbereich. Als Konsequenz dieser Zweckbindungen erfolgt auf Bundesebene die Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur massgeblich über die beiden Fonds BIF (Bahninfrastrukturfonds) und NAF (Nationalstrassen- und Agglomerationsverkehrsfonds). Auch auf kantonaler Ebene sind Fondslösungen im Verkehrsbereich anzutreffen.

Für die in diesem Projekt vorgenommene Analyse der Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft für die Verkehrsfinanzierung spielt die institutionelle Verankerung keine Rolle, obwohl sie in der verkehrspolitischen Diskussion selbstredend von hoher Relevanz ist. Es geht um eine Simulation der Entwicklung von Einnahmen aus dem und der Ausgaben für

den Verkehrsbereich. Aus diesem Grund fließen auch die gesamten Mineralölsteuereinnahmen aus Treibstoffen in Berechnungen ein, obwohl 45% dieser Einnahmen in die allgemeine Bundeskasse und entsprechend nur indirekt auch wieder in den Verkehrsbereich fließen (da seitens des Bundes auch allgemeine Steuermittel für die Verkehrsfinanzierung eingesetzt werden).

5.2 Verkehr der Zukunft und Verkehrsfinanzierung: Wirkungszusammenhänge

5.2.1 Alternative und erneuerbare Energieträger

Alternative und erneuerbare Energieträger wirken sich auf verschiedene Weisen auf die oben gezeigten Finanzflüsse aus. Aus Sicht der Verkehrsfinanzierung durch die öffentliche Hand stehen die Auswirkungen auf die Einnahmen im Vordergrund.¹¹¹

Namentlich können zwei verschiedene Wirkungsmechanismen unterschieden werden:

- **Rückgang der Mineralölsteuereinnahmen:** Durch die Umstellung von mineralölbasierten Kraftstoffen auf Elektrizität oder Wasserstoff entfallen Einnahmen aus der Mineralölsteuer. Diese sind heute wie oben gezeigt mit nicht ganz 5 Milliarden CHF eine wichtige Stütze des Finanzierungssystems.
- **Preisveränderungen:** Elektrofahrzeuge weisen andere Betriebskosten auf als fossil betriebene Fahrzeuge. Dies führt dazu, dass sich der Preis des MIV gegenüber den anderen Verkehrsmodi verändert. Daraus können Modal-Split-Änderungen resultieren und aus diesen Auswirkungen auf die Verkehrseinnahmen und -ausgaben. Zudem resultieren aus Preisveränderungen Effekte auf die Gesamtnachfrage nach Mobilität. Der Gesamteffekt kann positiv oder negativ sein, eine qualitative Aussage ist wegen den vielfältigen Wirkungszusammenhängen nicht möglich. Dieser Frage wird weiter unten anhand des quantitativen Modells nachgegangen. Grundsätzlich ist aber zu erwarten, dass dieser Gesamteffekt viel geringer sein werden als der Wegfall der Mineralölsteuer aus dem Einsatz alternativer Energieträger.

Sollte der Strassengüterverkehr zukünftig ebenfalls mit alternativen Antriebssystemen ausgerüstet werden, könnte dies von der Konzeption her Auswirkungen auf die Höhe der LSVA haben, falls die alternativen Antriebssysteme deutliche ökologische Vorteile aufweisen. Die Abgabenhöhe der LSVA wird u.a. mit ungedeckten externen Kosten des Verkehrs begründet. In den Simulationen nehmen wir solche möglichen und teilweise bereits andiskutierten künftigen Anpassungen, weil letztlich beliebig, nicht vorweg.

5.2.2 Automatisiertes Fahren

Das automatisierte Fahren hat umfassende Auswirkungen auf die Verkehrseinnahmen und -ausgaben. Neben einnahmerelevanten Veränderungen (z.B. Wirkungen auf die Einnahmen aus der Motorfahrzeugsteuer über veränderte Fahrzeugpreise und über die Anzahl immatrikulierter Fahrzeuge) sind auch Einflüsse des automatisierten Fahrens auf die Verkehrsausgaben denkbar. In der Übersicht ergibt sich folgendes Bild:¹¹²

- **Preisveränderung:** Ähnlich wie bei den alternativen Antriebssystemen sind Umwälzungen im Preisgefüge des Verkehrssystems zu erwarten, was Modal-Split-Veränderungen sowie Nachfrageeffekte zur Folge haben kann, im ÖV mit entsprechenden Rückwirkungen auf den Abgeltungsbedarf. Die Auswirkungen qualitativ abzuschätzen ist auch hier sehr schwierig. Es ist aber davon auszugehen, dass der Effekte durch den Wegfall der

¹¹¹ Implizite Annahme: Die notwendigen Infrastrukturen (v.a. Ladestationen) werden massgeblich durch den privaten Sektor finanziert.

¹¹² Hier wird das automatisierte Fahren isoliert betrachtet. Das heisst, dass weitere, sich aus dem automatisierten Fahren ergebende Möglichkeiten wie z.B. neue Mobilitätsdienstleistungen nicht an dieser Stelle, sondern weiter unten in einem separaten Abschnitt berücksichtigt werden.

Kosten für Fahrer grösser sein dürfte als dies beispielsweise bei den alternativen Antriebssystemen sein wird. Aufschluss geben wird auch hier die Analyse mit dem entwickelten Simulationsmodell.

Veränderung der Infrastrukturanforderungen: Es ist aktuell nicht klar, ob sämtliche für das automatisierte und v.a. vollautomatisierte bzw. autonome Fahren benötigten Technologien in den Fahrzeugen eingebaut sein werden, ob ein Teil der benötigten Daten und Informationen über die Kommunikation mit der benutzten Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden muss. Sollte dies der Fall sein, muss die Infrastruktur entsprechend aufgerüstet werden, was einerseits höhere Investitionskosten und andererseits auch höhere Betriebskosten der Infrastruktur zur Folge haben könnte. Es gibt aber auch einen gegenläufigen Effekt: Wenn infrastrukturseitige Signalisationen wegen Informationssystemen im Fahrzeug nicht mehr notwendig sind, resultieren Kosteneinsparungen.

- **Höhere Belastung der Infrastruktur:** Durch das vollautomatisierte Fahren ist auch eine höhere Auslastung der Infrastruktur denkbar. Wie in der Diskussion der Chancen und Risiken erwähnt, eröffnet das automatisierte Fahren neuen Nutzergruppen die Möglichkeit mobiler zu werden, und es könnte den Privatverkehr attraktiver machen. Wird dieser Anstieg der Mobilitätsnachfrage nicht durch andere Effekte (z.B. mehr Ridesharing, vgl. nächster Abschnitt) kompensiert, dürfte dies zu höheren Unterhaltskosten und allenfalls auch zu mehr Druck auf Infrastrukturausbauten führen.

5.2.3 Neue Mobilitätsdienstleistungen

Die potenziell bedeutendsten Auswirkungen auf das heutige Verkehrsfinanzierungsmodell haben neue Mobilitätsdienstleistungen, die zu einer Reduktion der Fahrzeugkilometer führen. Insbesondere das Car- und Ridesharing spielen hierbei eine wichtige Rolle. Diese Effekte könnten vor allem in Kombination mit dem automatisierten Fahren stark sein.

- **Rückgang der Motorfahrzeugsteuereinnahmen:** Die Motorfahrzeugsteuereinnahmen hängen, bei gleichbleibendem Tarif, direkt von der Anzahl registrierter Fahrzeuge ab. Sollte das Car- und Ridesharing in Zukunft durch neue Mobilitätsdienstleistungen stark zunehmen, würde dies zu einer rückläufigen Anzahl registrierter Fahrzeuge führen. Dies dürfte insbesondere dann der Fall sein, wenn Robo-Taxi-Flotten, also automatisiert fahrende Taxiflotten mit unterschiedlichen Fahrzeuggrössen, einen Grossteil der Mobilitätsnachfrage abdecken können. Verschiedene Studien zeigen, dass in diesem Fall die Anzahl im Umlauf befindlicher Fahrzeuge deutlich zurückgehen könnte.
- **Sinkende Automobilsteuereinnahmen:** Der Automobilsteuer unterliegen gemäss Zollverwaltung «*die Einfuhr von Automobilen ins Inland sowie die Lieferung und der Eigenverbrauch von im Inland hergestellten Automobilen*». ¹¹³ Diese ist somit ebenfalls abhängig von der Anzahl benötigter Fahrzeuge zur Deckung der Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung. Mehr Car- und Ridesharing bzw. höhere Besetzungsgrade der Fahrzeuge durch neue Mobilitätsangeboten dürften also auch diese Einnahmen sinken lassen.
- **Sinkende Einnahme aus der Nationalstrassenabgabe und aus fahrleistungsabhängigen Steuern und Abgaben:** Hier greift die analoge Argumentation: Weniger Fahrzeuge und eine Abnahme der Fahrleistung (Fzkm) aufgrund von zunehmendem Sharing führt zu tieferen Einnahmen.
- **Sinkende Einnahmen aus Parkgebühren:** Parkgebühren könnten deutlich sinken und im Extremfall von rund um die Uhr zirkulierenden Robo-Taxis fast ganz entfallen.
- **Tiefere Infrastrukturkosten:** Sharing birgt aber nicht nur finanzielle Risiken aus sinkenden Verkehrseinnahmen. Mit Abnahme der Anzahl Fahrzeuge und der Fahrleistung fallen im Zeitverlauf auch die Kosten für die Infrastruktur tiefer aus, weil sowohl der Ausbaubedarf als auch der Wert- und Unterhalt geringer ausfallen.
- **Tiefere ÖV-Kosten:** Gleichzeitig ist es denkbar, dass sich die Ausgaben für den Betrieb des öffentlichen Verkehrs rückläufig entwickeln, wenn private Mobilitätsangebote (v.a.

¹¹³ Vgl. <https://www.ezv.admin.ch/ezv/de/home/information-firmen/steuern-und-abgaben/einfuhr-in-die-schweiz/automobilsteuer.html>, besucht am 13. März 2019.

- Robo-Taxis) zu einer sinkenden ÖV-Nachfrage und damit zum Abbau von ÖV-Angeboten führen.
- **Preisveränderungen:** Durch das Car- und Ridesharing könnten die Effekte aus Preisänderungen erheblich sein, da sich sowohl fixe wie auch variable Kosten auf mehrere Personen aufteilen lassen. Entsprechend führen auch die neuen Mobilitätsdienstleistungen zu Modal-Split Verschiebungen und zu Veränderungen der Gesamtmobilitätsnachfrage, mit Auswirkungen auf die Verkehrsausgaben und -einnahmen.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass neue Mobilitätsdienstleistungen die Chance zu mehr Nutzerfinanzierung auch im öffentlichen bzw. kollektiven Verkehr eröffnen. Eine deutlich höhere Nutzerfinanzierung könnte durch eine Aufteilung der Kosten einer spezifischen Dienstleistung auf mehrere Kostenträger bzw. Nutzende, durch neue Einnahmequellen (vgl. Kapitel 4.9) sowie durch tiefere Infrastrukturkosten im Falle einer Modal-Split-Verschiebung hin zu automatisierten Taxiflotten möglich sein.

5.2.4 Neue Verkehrssysteme und Infrastrukturen

Auf die Effekte von neuen Verkehrssystemen und Infrastrukturen wird an dieser Stelle nur kurz eingegangen. Der Grund dafür liegt einerseits darin, dass aus heutiger Sicht kaum abschätzbar ist, wie viele und welche der neuen Verkehrssysteme sich durchsetzen werden. Entsprechend unklar ist, wie hoch die Kosten für die dafür benötigte Infrastruktur sein wird, von wem diese betrieben wird, welchen Anteil am Verkehrsaufkommen über das neue System abgewickelt wird etc. Eine Analyse der Auswirkungen neuer Verkehrssysteme auf das bestehende Finanzierungssystem ist daher nicht möglich.

Kommt hinzu, dass aus heutiger Sicht offen ist, ob die neuen Infrastrukturen durch Private oder durch die öffentliche Hand betrieben werden. Ist es für private Akteure rentabel, solche neuen Verkehrsinfrastrukturen ohne staatliche Unterstützung zu betreiben, könnte sich dies positiv auf die öffentliche Verkehrsfinanzierung auswirken, weil solche neuen Systeme einen Teil der Verkehrsnachfrage absorbieren und damit die öffentliche Verkehrsinfrastruktur entlasten könnten.

5.2.5 Automatisiertes Fliegen: Drohnen

Für das automatisierte Fliegen mit Drohnen gilt dasselbe wie für die neuen Verkehrssysteme- und Infrastrukturen. Eine Analyse der Auswirkungen von Drohnen auf das Verkehrsfinanzierungssystem ist aufgrund der vielen Unsicherheiten nicht machbar. Allerdings ist das Thema automatisiertes Fliegen aus Sicht der öffentlichen Verkehrsfinanzierung allein schon vom Volumen her kein relevantes.

5.2.6 Digitalisierung der Logistik

Wie in Abschnitt 3.7 gezeigt wurde, wird die Digitalisierung der Logistik in erster Linie zu Effizienzgewinnen in der Logistik- und Transportbranche führen. Welche Effekte diese Effizienzgewinne auf das Güterverkehrsaufkommen haben werden, lässt sich nicht ausreichend zuverlässig abschätzen. Zwar ist denkbar, dass die Digitalisierung der Logistik sich auf die LSVA-Einnahmen und die Einnahmen aus dem Trassenpreissystem auswirken, weil die Effizienzgewinne zu einer Abnahme der Tonnenkilometer im Güterverkehr führen. Andererseits führt aber der stark zunehmende Online-Handel zu zusätzlicher Güterverkehrsnachfrage. Der Gesamteffekt ist unklar, ist bezüglich der Auswirkungen auf das Verkehrsfinanzierungssystem aber als beschränkt einzustufen.

5.3 Verkehr der Zukunft und Verkehrsfinanzierung: Ergebnisse für die drei Szenarien der Programmleitung

5.3.1 Das Simulationsmodell VFM

Das VFM wird eingesetzt, um die Auswirkungen der drei Szenarien der Programmleitung auf die Verkehrsfinanzierung zu simulieren. Der Vorteil des Einsatzes eines quantitativen Modells liegt darin, dass die Auswirkungen von Veränderungen gleichzeitig berücksichtigt werden können. Eine Veränderung im Verkehrssystem kann sich – allenfalls über Umwege – unterschiedlich auf eine Zielgrösse auswirken. Die durch das Modell erlaubte gesamthafte «Nettobetrachtung» hilft, solche Wirkungszusammenhänge und Feedbackeffekte sichtbar zu machen.

Als Grundlage für die Konzeption des Modells dienten die in Kapitel 4 diskutierten Chancen- und Risiken des Verkehrs der Zukunft, die Übersicht des heutigen Finanzierungssystems in Abschnitt 5.1 oben sowie die in Abschnitt 5.2 diskutierten Auswirkungen des Verkehrs der Zukunft auf die Verkehrseinnahmen und -ausgaben.

Auf eine quantitative Analyse der Auswirkungen von Drohnen und von neuen Verkehrssystemen wurde aufgrund der oben beschriebenen Unsicherheiten verzichtet. Auch die Effekte der Digitalisierung des Güterverkehrs sind aus demselben Grund – mit Ausnahme der Kostenreduktion durch das automatisierte Fahren – nicht abgebildet.

Abb. 7 zeigt grob vereinfacht, wie das Modell die Veränderungen in den Einnahmen und Ausgaben in bzw. für das Verkehrssystem berechnet. In **Anhang III** ist die Struktur des Modells im Detail wiedergegeben (vgl. Abb. 16).

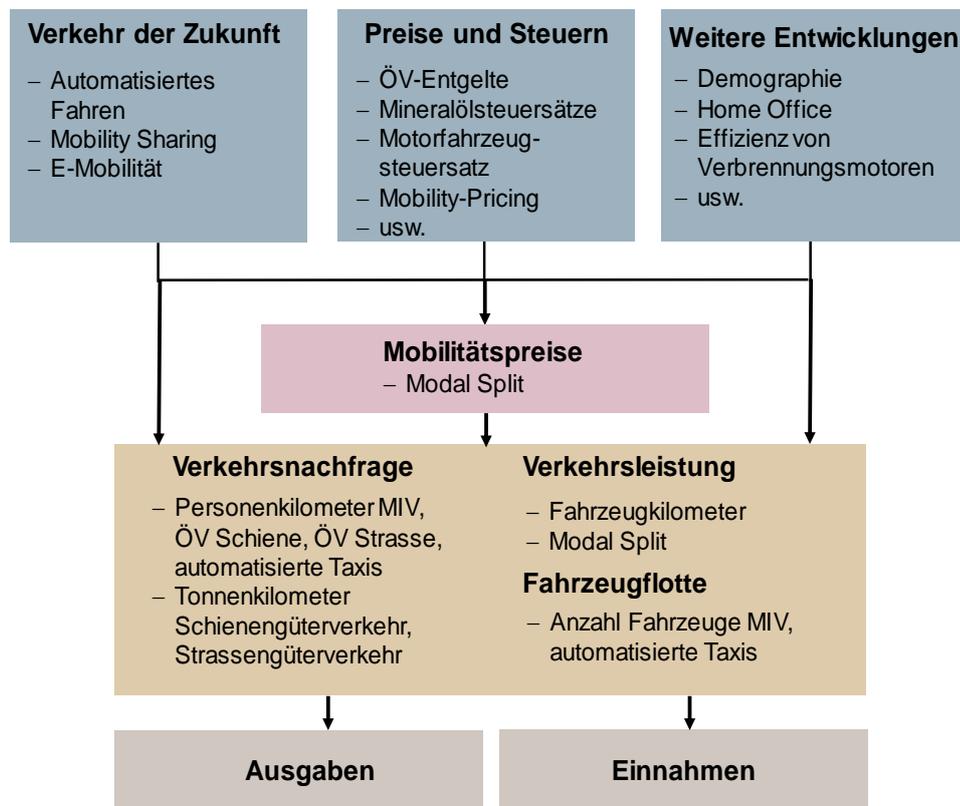


Abb. 7 Grobstruktur des Finanzierungsmodells VFM¹¹⁴

¹¹⁴ Im Rahmen des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060» hat das Teilprojekt «Wechselwirkungen Verkehrs und Raum» zum Teil ähnliche Kenngrössen berechnet. Eine genaue Abstimmung der Resultate ist auf-

Die verwendeten Grundlagendaten für die Parametrisierung der Entwicklung in der Vergangenheit stammen aus den Jahren 2005 bis 2016. Anschliessend erfolgt eine Fortschreibung bis in das Jahr 2060. Diese Fortschreibung wird über die getroffenen Annahmen zu den einzelnen Parametern gesteuert. Es wird unterschieden zwischen

- **Szenarienparametern** zur Umsetzung der drei Szenarien
- **veränderbaren Parametern**, die für weitere, auf spezifische Fragestellungen fokussierende Simulationen (z.B. die Auswirkungen eines höheren/tieferen Anteils von E-Fahrzeugen an der Gesamtflotte) eingesetzt werden können
- **Fixparametern**

Ausgehend von den heutigen Einnahmequellen und Ausgabenposten wurden die dahinterstehenden Treiber identifiziert (z.B. ist die Anzahl Fahrzeuge einer der wichtigsten Treiber hinter den Motorfahrzeugsteuern). Anschliessend wurden die Auswirkungen der Zukunftstrends in der Mobilität und weiterer Einflüsse (z.B. Verbreitung von Home Office, Demographieentwicklung etc.) auf diese Treiber modelliert.

Die Grobstruktur in *Abb. 7* ist eine vereinfachte Modelldarstellung. Beispielsweise versteckt sich hinter dem Begriff «automatisiertes Fahren» eine Vielzahl von Annahmen und Wirkungszusammenhängen, die im VFM modelliert sind (Einfluss von Leerfahren, Kosten automatisierter Fahrzeuge, Nachfrageeffekte zur neue Nutzergruppen usw.). Eine detaillierte Liste **aller Annahmen und Parameter**, die dem Modell zu Grunde liegen findet sich in **Anhang III**. Im Modell lassen sich viele weitere in der Grobstruktur nicht ausgewiesene Differenzierungen vornehmen. So kann bspw. zwischen Fern-, Regional- und Ortsverkehr unterschieden werden. Hintergrund dieser Differenzierung ist, dass nicht auf allen Distanzen dieselben Effekte von neuen Technologien wie z.B. dem automatisierten Fahren erwartet werden. Die Berechnungen des Modal Split sowie der Gesamtnachfrage nach Mobilität basieren auf den unterstellten Effekten der Zukunftstrends und auf hinterlegten Preis- bzw. Kreuzpreiselastizitäten.

Mit dem VFM werden die Auswirkungen der drei Szenarien der Paketleitung auf die Verkehrsfinanzierung abgeschätzt. Dabei werden lediglich die folgenden fünf Einflussfaktoren zwischen den Szenarien variiert. Alle anderen Annahmen und Effekte werden konstant gehalten.

- **E-Mobilität:** Dem Modell unterliegen Annahmen zur Verbreitung der Elektromobilität. Die Durchdringung wird durch einen Prozentanteil an den gesamten Fahrzeugkilometern ausgewiesen. Vereinfachend gilt dieselbe Durchdringungsrate für den Güter- und Personenverkehr.¹¹⁵
- **Automatisiertes Fahren:** Die im Modell unterstellte Verbreitung des automatisierten Fahrens wird ebenfalls durch einen Prozentanteil definiert, konkret durch den Prozentanteil an den im Gesamtverkehrssystem zurückgelegten Personenkilometern. Es ist also sowohl der MIV als auch der öffentliche Verkehr auf Strasse und Schiene davon betroffen. Dabei wird nicht zwischen den verschiedenen Stufen der Automatisierung unterschieden, sondern generell von vollautomatisierten Fahrzeugen der Stufe 5 ausgegangen. Auf den Güterverkehr wirkt das automatisierte Fahren in Form einer Kostensenkung. Dabei wird von derselben Durchdringungsrate wie im Personenverkehr ausgegangen.¹¹⁶

grund stark unterschiedlicher Modellstrukturen, anderen Datengrundlagen sowie unterschiedlichen Modellzwecken nicht möglich. Es zeigt sich aber, dass die berechneten Verkehrsleistungen im Jahr 2060 im VFM höher liegen. Grund dafür ist, dass im EBP-Modell die von Ausländerinnen und Ausländern in der Schweiz erbrachte Verkehrsleistung nicht enthalten ist. Berücksichtigt man diesen Unterschied, liegen die Resultate der beiden Modelle in ähnlichen Grössenordnungen. Auch zeigen sich zwischen den Szenarien der Paketleitung ähnliche relative Unterschiede, vgl. EBP Schweiz AG (2019).

¹¹⁵ Aus heutiger Sicht dürfte die Durchdringungsrate im Personenverkehr schneller steigen als im Güterverkehr. Die vereinfachende Annahme hat auf die Modellergebnisse aber beschränkte Auswirkungen, weil der Personenverkehr weitaus mehr Einnahmen zuhanden der Verkehrsfinanzierung generiert als der Güterverkehr.

¹¹⁶ Neben der reinen Durchdringungsrate werden weitere, disruptive Annahmen zum automatisierten Fahren im Modell gemacht. Beispiele dafür sind etwa disruptive, nicht-preis abhängige Effekte auf den Modal Split oder Veränderungen der Infrastruktur- und Verkehrsmittelkosten.

- **Mobility Sharing** (Car- und Ridesharing): Das Mobility Sharing hat je nach Kontext unterschiedliche Auswirkungen, ist im Wesentlichen aber ein Gradmesser für die Bereitschaft zur gemeinschaftlichen Nutzung von Verkehrsmitteln. Grundsätzlich misst es den Anteil der Personenkilometer, die «geshared» zurückgelegt werden. Ein Mobility-Sharing-Wert von 0% entspricht im Wesentlichen der heutigen Situation. (keine automatisierten Robo-Taxis und ein Autobesetzungsgrad von ca. 1.6). Der durchschnittliche Besetzungsgrad der Fahrzeuge erhöht sich linear mit dem Anteil Mobility Sharing hin zu einem unterstellten Wert. Wird im Modell zusätzlich noch automatisiertes Fahren vorgesehen, erhöht sich der durchschnittliche Besetzungsgrad weiter, da in diesem Fall automatisierte Taxis verkehren. Der Grund für die weitere Erhöhung des Besetzungsgrades durch automatisierte Taxis ist, dass angenommen wird, dass diese zu vermehrtem Ridesharing führen. Ein veränderter Besetzungsgrad führt bei einer bestimmten Mobilitätsnachfrage (in Pkm) zu Veränderungen der Fahrleistungen (in Fzkm).
- **Home Office:** In den Szenarien der Paketleitung werden in einzelnen Szenarien neue Möglichkeiten zur Telearbeit bzw. Home Office durch verbesserte Kommunikationsmittel oder Virtual-Reality-Anwendungen hervorgehoben. Eine gewisse Verkehrsreduktion kann Ergebnis dieser Entwicklungen sein. Im Modell kann diese mögliche Reduktion, über die von Pendlerinnen und Pendlern gefahrenen Personenkilometer simuliert werden. Eine allfällige «Kompensation» des geringeren Arbeitsverkehrs durch mehr Freizeitverkehr ist nicht modelliert.
- **Demografische Entwicklung:** Die Szenarien der Paketleitungen gehen von unterschiedlichen Demographieszenarien des BFS aus. Die entsprechenden Daten wurden dem Modell unterlegt.

Die übrigen, zwischen den drei Szenarien nicht veränderten Parameter und Annahmen bilden die «Grundannahmen» auf welchen das Modell basiert.¹¹⁷

Von potenziell grossem Einfluss auf die Modellergebnisse sind selbstredend die Annahmen zur Entwicklung der Mobilitätspreise und -steuern (z.B. ÖV-Entgelte, Mineralölsteuersatz, LSVA-Satz etc.). Um ausschliesslich die Effekte der Zukunftstrends darzustellen und Verzerrungen zu vermeiden, wurden die Preise in allen Szenarien auf dem aktuellen Niveau belassen. Unterschiede in den Szenarien sind daher einzig durch die oben aufgelisteten Einflüsse begründet. Mit der Fixierung der Preise auf dem heutigen Niveau soll nicht unterstellt werden, die Politik würde neue finanzierungsseitige Herausforderungen ignorieren und bis 2060 auf Anpassungen am Verkehrsfinanzierungssystem verzichten. Die Fixierung hat nur zum Zweck, den finanzpolitischen Handlungsbedarf ausweisen zu können.

Das Modell bildet neben der Situation im Jahr 2060 auch den Entwicklungspfad dorthin ab. Dies erlaubt eine dynamische Betrachtung, die auch Feedbackeffekte miteinschliesst. Es handelt sich beim Modell aber nicht um ein Prognosemodell, mit welchem versucht wird, Aussagen zu den Entwicklungen der Zukunftstrends zu machen. Zweck des Modells ist es, die Auswirkungen dieser Trends in einer über die Szenarien definierten Ausprägung auf die Verkehrseinnahmen und -ausgaben aufzuzeigen. Wie schnell sich bspw. das automatisierte Fahren durchsetzt ist kein Output, sondern ein Input des Modells.

Aus Gründen der Datenverfügbarkeit verwendet das Modell als Basisjahr das Jahr 2010. Die Daten zur Parametrisierung der Entwicklung in Vergangenheit umfassen wie oben erwähnt die Jahre 2005 bis 2016.

Die Ausführungen in diesem Abschnitt und die Detailbeschreibung in Anhang III machen deutlich, dass es sich beim entwickelten **Verkehrsfinanzierungsmodell (VFM)** um ein Simulationsmodell handelt, das auf zahlreichen und angesichts des Zeithorizonts 2060 unsicheren Annahmen beruht. Wie alle Modelle bildet es die Realität nur stark vereinfachend über modellierte Wirkungszusammenhänge ab. Die Modellierung baut auf der Entwicklung in der Vergangenheit und auf Annahmen bezüglich der künftigen Entwicklung auf. Der Detaillierungsgrad ist beschränkt. So enthält das Mo-

¹¹⁷ Beispielweise sind im Modell Parameter wie die Effizienzentwicklung von Verbrennungsmotoren, die Entwicklung der Altersstruktur, der Anteil des Pendlerverkehrs, Elastizitäten, Annahmen zur Entwicklung der Besetzungsgrade der Fahrzeuge, Betriebszeiten automatisierter Taxis und viele weitere Einstellungen enthalten. Details enthält Anhang III.

dell bspw. kein «Infrastrukturmodul», in dem einzelne Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur abgebildet werden. Modelliert werden aggregierte jährliche Ausgaben nach Verkehrsträger. Die Stärke des Modells liegt darin, dass es eine Vielzahl von Wirkungszusammenhänge funktional abbildet. Die mit ihm abgeleiteten Ergebnisse sind aber in jedem Fall als Grössenordnungen und nicht als exakte Werte zu betrachten.

5.3.2 Auswirkungen der drei Szenarien der Programmleitung auf die Verkehrsfinanzierung

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Resultate und Unterschiede zwischen den Szenarien übersichtsartig zusammengefasst (vgl. Abb. 8). Eine **ausführliche Darstellung** der mit dem Verkehrsfinanzierungsmodell abgeschätzten Auswirkungen der drei Szenarien enthält **Anhang III**. Über alle Szenarien hinweggesehen zeigt sich, dass die finanziellen Auswirkungen des Verkehrs der Zukunft in allen drei Szenarien in dieselbe Richtung gehen (vgl. Abb. 8): Ohne Anpassungen bei den Einnahmenquellen würden in Zukunft bedeutend mehr allgemeine Steuermittel benötigt werden, um die Verkehrsausgaben zu decken.

	Basisjahr	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
	2010	2035	2060	2035	2060	2035	2060
Ausgabendeckungsgrad Strassenverkehr	145%	112%	87%	99%	47%	103%	47%
Finanzierungslücke Strassenverkehr in Mrd Fr.	3.0	1.0	-1.1	-0.1	-6.2	0.2	-3.4
Ausgabendeckungsgrad ÖV	50%	50%	53%	51%	57%	52%	52%
Finanzierungslücke ÖV in Mrd. Fr.	-5.6	-8.0	-6.0	-7.2	-4.0	-6.9	-4.2
Ausgabendeckungsgrad Gesamtverkehr	86%	71%	67%	70%	51%	70%	50%
Finanzierungslücke Gesamtverkehr in Mrd Fr.	-2.6	-7.0	-7.1	-7.3	-10.1	-6.7	-7.7
Verkehrsleistung ÖV in Mrd. Pkm	23.2	30.00	25.1	28.3	19.1	27.4	17.1
Verkehrsleistung Personenwagen und automatisierte Taxis in Mrd. Pkm	85.9	118.5	138.4	121.0	139.8	125.1	162.7
Verkehrsleistung Personenwagen und automatisierte Taxis in Mrd. Fzkm	52.1	70.2	72.3	80.5	102.4	63.2	46.8
Personenwagen + automatisierte Taxis in Mio Fahrzeugen	4.08	5.0	3.8	5.1	3.9	4.0	0.4

Abb. 8 Übersicht über die Resultate für die drei Szenarien der Paketleitung¹¹⁸

In allen drei Szenarien nimmt der Ausgabenüberschuss im Zeitverlauf zu und erreicht 2060 hohe bis sehr hohe Werte. Auch wenn es sich bei den Zahlen um Grössenordnungen und nicht um exakte Werte handelt, die zudem mit grossen Unsicherheiten bei den getroffenen Annahmen verbunden sind: Der Verkehr der Zukunft, wie er im vorliegenden Forschungsprogramm über die drei Szenarien definiert ist, stellt das Verkehrsfinanzierungssystem vor grosse Herausforderungen. Die gute Nachricht: Er eröffnet aber auch neue Möglichkeiten eines weiterhin verursacherorientierten Pricing- und Finanzierungssystems (vgl. dazu Abschnitt 6.8).

- In **Szenario 1** begründet sich der hohe Ausgabenüberschuss im Jahr 2035 vor allem in den gestiegenen Kosten für den ÖV. Bis 2060 ändert sich das Bild: Mit dem Aufkommen des automatisierten Fahrens gehen Modal-Split-Änderungen einher, weshalb die ÖV-Personenkilometer und damit auch die ÖV-Betriebskosten sinken. Die ÖV-Einnahmen sinken zwar ebenfalls, aber absolut betrachtet weniger schnell als die Kosten (u.a. wegen Einsparungen durch das automatisierte Fahren). Deshalb sinkt der Ausgabenüberschuss innerhalb des ÖV im Zeitraum zwischen 2035 und 2060 von 8 auf 6 Milliarden CHF. Im Strassenverkehr macht sich – auch wenn weit weniger drastisch als in den anderen Szenarien – ein Rückgang bei den Einnahmen aus der Mineralölbesteuerung bemerkbar. Der kontinuierliche Rückgang dieser Einnahmen ist hauptverantwortlich dafür, dass längerfristig auch im Strassenverkehr eine Finanzierungslücke entsteht. Dazu trägt aber auch der im Vergleich zu 2010 beobachtende Anstieg der Verkehrsleistung

¹¹⁸ Ohne «übrige Erträge Schiene» sowie mit voller Anrechnung der LSVA an die Strassenverkehrseinnahmen

auf der Strasse bei. Da sich die Ausgabenreduktion im ÖV und die Zunahme des Ausgabenüberschusses im Strassenverkehr zwischen 2035 und 2060 in etwa ausgleichen, bleibt der Ausgabenüberschuss im Gesamtsystem ab 2035 ungefähr gleich hoch bei ca. 7 Milliarden CHF

- Die grössten finanzierungsseitigen Risiken ergeben sich bei **Szenario 2**. In diesem Szenario droht bis 2060 ein Ausgabenüberschuss von mehr als 10 Milliarden CHF pro Jahr, falls das aktuelle Verkehrsfinanzierungssystem unverändert beibehalten würde. Treiber hinter diesem hohen Ausgabenüberschuss ist in erster Linie der Strassenverkehr. Durch das automatisierte Fahren steigt die Belastung der Strassen stark an, da neue Nutzergruppen erschlossen und Mobilitätsdienstleistungen bedeutend billiger werden, was die Nachfrage im Strassenverkehr ansteigen lässt. Das Verkehrsaufkommen wird zusätzlich durch viele Leerfahrten von vollautomatisierten Fahrzeugen erhöht. Durch diese starke Nachfrage steigen die Strasseninfrastrukturkosten stark an. Gleichzeitig fällt mit der Mineralölsteuer im Zeitverlauf eine bedeutende Einnahmequelle weg. Auch hier sinken die Kosten des ÖV, und dies aus denselben Gründen wie in Szenario 1.
- In **Szenario 3** dämpft die stark gemeinschaftliche Nutzung automatisierter Fahrzeuge in Form von Ridesharing durch automatisierte Taxis die Belastung der Strassen. Dadurch sinken die Strasseninfrastrukturkosten. 2060 sind sie sogar tiefer als 2010 – trotz fast doppelt so vielen Personenkilometern auf dem Strassennetz. Da allerdings in diesem Szenario zusätzlich zu den Mineralölsteuern auch noch ein grosser Teil der Motorfahrzeugsteuern wegbreicht, fehlen dem Strassenverkehr schlussendlich trotzdem rund 3.4 Milliarden CHF pro Jahr. Das ÖV-Defizit ist auch hier rückläufig, allerdings vermag dieser Rückgang die Mehrkosten des Strassenverkehrs nicht abzufangen.

In Kürze lassen sich die wichtigsten Punkte der Analyse wie folgt zusammenfassen:

- **Wegfall der Mineralölsteuereinnahmen:** Dass alternative Antriebssysteme - und hier v.a. die E-Mobilität - zukünftig Verbrennungsmotoren ablösen werden, ist kaum mehr bestritten. Es stellt sich lediglich die Frage, wie schnell dies passieren wird. Geht man von einer eher langsamen Verbreitung aus, so wird es auch längerfristig noch relevante Mineralölsteuereinnahmen geben. In disruptiveren Szenarien werden diese hingegen gänzlich wegfallen.
- **Starke Abhängigkeit der Einnahmen von der Fahrzeugflotte bei heutiger Steuern- und Abgabenstruktur:** Mit Ausnahme der LSVA und der Mineralölsteuern basieren alle Einnahmen aus dem Strassenverkehr auf der Anzahl immatrikulierter Fahrzeuge. Sollten sich neue Mobilitätsdienstleistungen wie Ride- und Carsharing durchsetzen, hat dies das Potenzial die Fahrzeugflotte stark zu verkleinern. Entsprechend rückläufig wären auch diese Einnahmen aus dem Strassenverkehr.
- **Drohende Ausgabenüberschüsse im Strassenverkehr:** Durch die Vorteile, die das automatisierte Fahren bietet, findet eine Verlagerung des Verkehrs vom ÖV hin zum Strassenverkehr statt. Die dadurch gesteigerte Nachfrage erhöht die Strasseninfrastrukturkosten, wobei Abfederungen durch Effizienzsteigerungen möglich sind. Da gleichzeitig wichtige Einnahmequellen wie die Mineralölsteuer wegbrechen, führt dies längerfristig im Strassenverkehr zu Ausgabenüberschüssen, die im Zeitverlauf zunehmen. Einzig in Szenario 3 steigt die Verkehrsleistung in Fahrzeugkilometern dank ausgeprägtem Sharing nicht stark an. Entsprechend erhöhen sich auch die Kosten der Infrastruktur langfristig nicht bzw. nehmen sogar etwas ab. Da durch das Sharing aber neben der Mineralölsteuer auch weitere wichtige Einnahmequellen wie die Motorfahrzeugsteuer an Volumen verlieren, resultiert auch in diesem Szenario im Strassenverkehr langfristig eine Finanzierungslücke.
- **Langfristig sinkende ÖV Ausgaben:** In allen drei Szenarien sind die Ausgaben der öffentlichen Hand für den ÖV rückläufig. Dieser Effekt ist darin begründet, dass durch das Aufkommen der automatisierten Fahrzeuge eine neue Konkurrenz zum ÖV entsteht. Diese nimmt dem ÖV vor allem im Orts- und Regionalverkehr Marktanteile ab. Durch den Nachfragerückgang sinken die Betriebskosten (und damit der Abgeltungsbedarf) und im Zeitverlauf auch die Infrastrukturkosten. Sinkende Betriebskosten resultieren auch aus der Automatisierung des Fahrens im ÖV. Da sich der Personenkilometer im schienengebundenen ÖV durch das Wachstum im Fernverkehr nicht stark verändern, unterliegen die Einnahmen weniger grossen Schwankungen. Der ÖV bleibt weiterhin auf finanzielle Unterstützung durch die öffentliche Hand angewiesen.

Die Diskussion der drei Szenarien macht bei allen Vereinfachungen und getroffenen unsicheren Annahmen klar, dass es – sofern sich erwähnten Zukunftstrends durchsetzen – im Zeitverlauf grundsätzliche Anpassungen am Verkehrsfinanzierungssystem brauchen wird. Der Anpassungsbedarf ist im heute mit einem Einnahmenüberschuss operierenden Strassenverkehr grösser als im ÖV. Einerseits ist das Defizit des ÖV langfristig rückläufig, und andererseits wird die Bemessungsgrundlage für das Pricing durch die Entwicklung nicht grundsätzlich in Frage gestellt. Im Strassenverkehr hingegen müssen neue Lösungen gefunden werden, weil wichtige Einnahmequellen nicht mehr oder nur noch mit beschränktem Volumen zu Verfügung stehen werden. Ein solcher neuer Ansatz ist Mobility Pricing bzw. der Übergang zu fahrleistungsabhängigen Verkehrsabgaben. Auf den potenziellen Lösungsbeitrag eines solchen Übergangs geht der nächste Abschnitt ein.

5.3.3 Ersatz der Mineralölbesteuerung durch eine Km-Abgabe

Wie oben beschrieben und vielfach erkannt, stellt die Reduktion bzw. im Extremfall der Wegfall der Mineralölsteuereinnahmen eine zentrale Herausforderung für das Verkehrsfinanzierungssystem dar, und dies aus zwei Gründen:

- Die Einnahmen aus der Mineralölbesteuerung (Steuer und Zuschlag) generieren am meisten Einnahmen aus dem motorisierten Strassenverkehr (vgl. *Abb. 5*), dem dominanten Landverkehrsträger.
- Die Einnahmen aus Steuern und Abgaben im Strassenverkehr kommen nicht nur dem Verkehrsträger Strasse zugute. Ein relevanter Teil dient auch der Finanzierung der Schienenverkehrsinfrastruktur. Entsprechend hat eine substanzielle Reduktion der Einnahmen aus der Mineralölbesteuerung auch Rückwirkungen auf die Finanzierung des öffentlichen Verkehrs in der Schweiz.

Mit dem Simulationsmodell kann grob abgeschätzt werden, welche Höhe eine Km-Abgabe im Strassenverkehr aufweisen müsste, damit das aktuelle, über verschiedene verkehrspolitische Entscheide legitimierte Verkehrsfinanzierungssystem aufrechterhalten werden kann. Für die Analyse wurde von folgender Übungsanlage ausgegangen:

- Die Km-Abgabe wird im Strassenverkehr eingeführt, da dort der Wegfall der Mineralölbesteuerung zu den drohenden Ausgabenüberschüssen führt. Die ÖV-Preise werden konstant gehalten.
- Die Höhe der Km-Abgabe wird so festgelegt, dass der Fehlbetrag im Gesamtverkehrssystem gegenüber 2010 konstant bleibt, was seinerseits heisst, dass sich der Umfang der für die Verkehrsfinanzierung eingesetzten allgemeinen Steuermittel nicht ändert.¹¹⁹ Das bedeutet wiederum, dass die politisch festgelegte aktuelle Quersubventionierung zwischen den Verkehrsträgern bestehen bleibt. Die Struktur des Verkehrsfinanzierungssystems Schweiz wird also nicht verändert, es wird nur ein Instrument (die Mineralölbesteuerung) durch ein anderes (Km-Abgabe) ersetzt.
- Der schwere Güterverkehr ist von der Abgabe nicht betroffen. Er zahlt weiterhin die LSVA-Abgabe. Hierbei handelt es sich ja bereits um eine fahrleistungsabhängige Abgabe.
- Die Km-Abgabe kommt nicht zum bestehenden Verkehrsfinanzierungssystem hinzu, vielmehr entfallen bei ihrer Einführung die Mineralölsteuern und die Nationalstrassenabgabe.

Diese Übungsanlage hat zur Folge, dass es nach wie vor Querfinanzierungen zwischen den Landverkehrsträgern gibt. Einnahmen aus dem Strassenverkehr werden zur Deckung eines Teils des Defizits im ÖV verwendet, wie dies schon heute mit einem Teil der LSVA-Einnahmen der Fall ist. *Abb. 9* zeigt die Modellresultate bei diesen unterstellten Annahmen.

¹¹⁹ Die «übrigen Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge) werden hierbei erneut nicht miteinbezogen.

Szenarien mit einer Km-Abgabe	Basisjahr	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
	2010	2035	2060	2035	2060	2035	2060
Km-Abgabe im Strassenverkehr in Rp./Fzkm	-	11.2	9.3	10.1	7.4	10.1	9.7
Ausgabendeckungsgrad Strassenverkehr	145%	174%	144%	158%	115%	158%	126%
Finanzierungslücke Strassenverkehr in Mrd Fr.	3.0	6.0	3.7	5.2	1.7	4.4	1.7
Ausgabendeckungsgrad ÖV	0.5	50%	53%	51%	56%	52%	52%
Finanzierungslücke ÖV in Mrd. Fr.	-5.6	-8.5	-6.3	-7.8	-4.3	-7.0	-4.3
Ausgabendeckungsgrad Gesamtverkehr	86%	90%	88%	90%	88%	88%	83%
Finanzierungslücke Gesamtverkehr in Mrd Fr.	-2.6						
Verkehrsleistung ÖV in Mrd. Pkm	23.2	31.29	24.1	29.7	20.0	27.7	17.3
Verkehrsleistung Personenwagen und automatisierte Taxis in Mrd. Pkm	85.9	116.2	136.5	118.5	137.7	123.8	161.1
Verkehrsleistung Personenwagen und automatisierte Taxis in Mrd. Fzkm	52.1	68.8	71.3	78.9	100.9	62.6	46.3
Personenwagen + automatisierte Taxis in Mio Fahrzeugen	4.1	4.9	3.7	5.0	3.8	4.0	0.4

Abb. 9 Szenario-Resultate mit einer Km-Abgabe

Der Abgabensatz ist in allen Szenarien ähnlich hoch. 2035 müsste er bei ca. 10-11 Rappen pro Fahrzeugkilometer liegen.¹²⁰ 2060 könnte er in allen drei Szenarien etwas tiefer liegen. Der Grund liegt darin, dass der Satz so festgelegt wird, dass der Fehlbetrag von -2.6 Mrd. CHF gemäss Übungsanlage konstant gehalten wird. Da der Ausgabenüberschuss im ÖV aufgrund des automatisierten Fahrens abnimmt, muss weniger Geld vom Strassenverkehr zum ÖV umverteilt werden, was einen tieferen Kilometeransatz erlaubt.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass eine derartige Km-Abgabe keine grossen Effekte auf den Modal Split und die Verkehrsleistungen hat. Die Unterschiede zu den zuvor gezeigten Werten ohne Km-Abgabe sind relativ gering. Dies hat zum einen den Grund, dass insgesamt nur eine beschränkte Verteuerung des Strassenverkehrs resultiert – unter Berücksichtigung aller Effekte, also nicht nur des Pricings bzw. der Besteuerung. Zudem war auch die Mineralbesteuerung eine leistungsabhängige Steuer, einfach verbrauchs- statt fahrleistungsabhängig.

Zusammen mit den Erkenntnissen aus den vorhergehenden Abschnitten wird ein Punkt deutlich: Die Debatte um Mobility Pricing oder genereller um «Pay-as-you-drive-» bzw. «Pay-as-you-use-Ansätze» im Verkehrsbereich wird derzeit v.a. aus Verkehrsmanagement- bzw. Steuerungssicht geführt (bspw. Mobility Pricing als eine Massnahme zur Glättung von Verkehrsspitzen). Die in diesem Projekt ermittelten Zahlen rücken – selbst wenn es sich ausdrücklich nur um Grössenordnungen und nicht exakte Werte handelt – den Finanzierungsaspekt von fahrleistungsabhängigen Abgaben im Strassenpersonenverkehr in den Vordergrund.

¹²⁰ Zur Einstufung dieser 11 Rp. / Fzkm: Heute beläuft sich die Besteuerung von 1 Liter Benzin auf 1.03 CHF. Bei einem Verbrauch von angenommen 8 l / 100 km resultiert ein Steuerertrag von 8.24 CHF. Hinzu kommt die Nationalstrassenabgabe von 0.74 CHF / 100 km (bei einer Jahresfahrleistung von 13'500 km), Ertrag total also 9 CHF. Beim Mobility Pricing mit einem pauschalen Abgabensatz (dieser könnte natürlich je nach Fahrzeugtyp differenziert werden) ergeben sich 11 CHF (22% mehr).

6 Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft für das Regulativ

6.1 Einleitung

Die Herausforderungen für das Regulativ ergeben sich aus den in den Kapiteln 3 und 4 beschriebenen Entwicklungen im Verkehr. Regulierungen inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs werden mitentscheiden, ob die in Kapitel 4 identifizierten Chancen und Risiken wahrgenommen bzw. eintreten werden. Damit ist auch klar, dass die Eintretenswahrscheinlichkeit der drei Zukunftsszenarien gemäss Abschnitt 3.8 davon abhängen, wie seitens des Regulativs auf die Herausforderungen reagiert wird.

Wir verstehen unter «**Regulierung**» alle staatlichen Regelungen, die das Verhalten der Akteure im Verkehrsbereich beeinflussen und deren Einhaltung vom Staat erwirkt werden kann.

Es gibt auch «private Regulierungen» im Verkehrsbereich, die Auswirkungen auf den Verkehr der Zukunft haben. Ein Beispiel dafür ist die Ausgestaltung von Versicherungslösungen im privaten Verkehr.

Die Herausforderungen sind aus verschiedenen Gründen gross:

- In Kapitel 4 sind sehr **viele und inhaltlich unterschiedliche Chancen-Risiko-Felder** des Verkehrs der Zukunft identifiziert worden. Folge daraus ist, dass auch sehr viele verschiedene Regulierungsfelder gefordert sind, und dies sowohl inner- als auch ausserhalb des Verkehrsbereichs.
- Die im Verkehrsbereich absehbaren **Änderungen** sind **teilweise disruptiv**, was den Regulator aus verschiedenen Gründen besonders herausfordert:
 - Hinter disruptiven Innovationen und Entwicklungen stehen häufig nicht arrivierte Marktteilnehmer. Vielmehr sind es neu im (Verkehrs)Markt auftretende Akteure, die bisherige Geschäftsmodelle¹²¹ grundsätzlich in Frage stellen.¹²² Regulierung wird in solchen Fällen in einem ausgeprägten Spannungsfeld zwischen Besitzstandgarantie für bisherige Akteure und Eröffnen von Möglichkeiten für neue Akteure erfolgen müssen. Ziel der Regulierung muss sein, faire Bedingungen für neue und bisherige Akteure zu schaffen.
 - Der teilweise disruptive Charakter der absehbaren Entwicklungen bringt mit sich, dass regulierungsseitig noch wenig Erfahrung im Umgang mit diesen Entwicklungen vorhanden ist. Kommt hinzu, dass die Fragestellungen inhaltlich komplex sind und ein vertieftes Verständnis dafür seitens der Regulatoren erst noch aufgebaut werden muss (z.B. zur Frage der richtigen Regulierung von Plattformen).
 - Diese beschränkten Erfahrungen wiegen insofern schwer, als disruptive Entwicklungen in einem vom Staat stark regulierten Bereich wie dem Verkehrsbereich bedingen, dass das gesamte Regulativ auf sein Zeitmässigkeit geprüft werden muss. Nur an einzelnen regulatorischen Stellschrauben drehen wird nicht ausreichen. Die «Gesamtschau» bringt aber auch Chancen für das Regulativ mit sich, indem nicht zeitgemässe Regulierungen abgebaut und sinnvolle Deregulierungen zu mehr Wettbewerb im Verkehrsbereich führen können.
- Ein Merkmal disruptiver Entwicklungen ist, dass sie im Zeitverlauf ein starkes Wachstum aufweisen und bestehende Märkte in vergleichsweise **kurzer Zeit** umkrempeln können. Dort wo Regulierungsbedarf besteht, muss dieser rasch umgesetzt werden können.
- Schliesslich weist der Verkehrsbereich naturgemäss eine starke **internationale Komponente** auf. Das kann die Regulierung erleichtern, indem sie auf internationaler Ebene

¹²¹ Eine ausführliche Diskussion neuer Angebotsformen und der dahinterstehenden Geschäftsmodelle enthält das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion» (Rapp Trans, 2020).

¹²² Voegelé (2019), S. 84

erfolgt und die einzelnen Länder sich «nur» um die Umsetzung kümmern müssen. In Fällen mit mehr nationalem Handlungsspielraum stellt sich die Frage, ob eine «First-Mover-Strategie» oder ein Abwarten von Erfahrungen in anderen Ländern sinnvoll ist.

Die Herausforderung für das Regulativ besteht aber auch darin zu erkennen, ob eine Entwicklung überhaupt regulatorische Aktivitäten rechtfertigt. Eine disruptive Entwicklung allein muss nicht notwendigerweise neue bzw. andere Regulierungen notwendig machen. Als die analoge Fotografie in kurzer Zeit durch die digitale mehr oder weniger abgelöst wurde, war nicht der Staat, sondern waren die privaten Wirtschaftsakteure gefordert. Entsprechend lässt sich allein aus der Tatsache, dass der Verkehr der Zukunft Chancen und Risiken birgt, nicht unmittelbar ein staatlicher Handlungsbedarf ableiten. Vorschläge für allfällige regulative Massnahmen sollten sich auf anerkannte Begründungen von Staatsinterventionen in einem marktwirtschaftlichen System abstützen, wie sie in der Regulierungstheorie zu finden sind:

- Regulierung zur **Schaffung einer geeigneten Marktordnung** (im vorliegenden Fall auf dem Mobilitätsmarkt) bzw. zur Sicherung einer optimalen Erfüllung der Marktfunktionen
- Regulierung zur **Vermeidung von Marktversagen**. Klassische Gründe für Marktversagen sind
 - natürliche Monopole (sind im Verkehrsbereich v.a. bei der Infrastruktur wegen hohen Fixkosten relevant sowie bei Plattformen wegen direkten und indirekten Netzwerkeffekten, Verbundeffekten und positiven Skaleneffekten)
 - Informationsasymmetrien (öffentliche Bewertungssysteme wie sie auf Internet-Plattformen zu finden sind, bauen solche ab),
 - externe Effekte (sind ein zentrales Thema in Zusammenhang mit den Emissionen des Verkehrs)
 - öffentliche Güter (müssen vom Staat bereitgestellt werden, weil die Merkmale «Nichtrivalität im Konsum» und «Nichtausschliessbarkeit vom Konsum» bewirken, dass kein privates Angebot entwickelt wird).
- Regulierung zur **Korrektur von politisch nicht erwünschten Auswirkungen** (z.B. sozial- oder regionalpolitisch unerwünschte Verteilungseffekte). Das Zielsystem für den Verkehr der Zukunft aus Kapitel 2 stellt Grundlagen für die Beurteilung von Auswirkungen bereit.

In den Analysen in den folgenden Abschnitten wird sich darum immer auch die Frage stellen, ob sich aus den Herausforderungen aus dem Verkehr der Zukunft ein regulatorischer Handlungsbedarf gibt oder nicht. So unterschiedlich die Regulierungsfelder und allfälligen Rechtfertigungen für regulatorische Aktivitäten sein werden, so unterschiedlich wird auch die Regulierung selber ausfallen.

Für die Strukturierung der Diskussion und des vorliegenden Kapitels unterscheiden wir zwischen sieben **Regulierungsfeldern** innerhalb des Verkehrsbereichs sowie Regulierungen ausserhalb des Verkehrsbereichs (vgl. *Abb. 10*).

- Bei den Feldern 1 bis 4 geht um die Frage der **Zulassung zum Verkehrssystem und Verkehrsmarkt** sowie und die Bereitstellung der **Infrastruktur**.
- Die Regulierungsfelder 5 bis 7 betreffen den eigentlichen **Verkehr bzw. die Mobilität**, also seine Abwicklung und die einzelnen Mobilitätsangebote. Hier ist auch das Schwerpunktthema «Pricing und Verkehrsfinanzierung» des vorliegenden Projekts anzusiedeln.
- In Regulierungsfeld 8 geht um die nachgelagerten **Effekte des Verkehrs**, um Regulierungen, die den Umgang mit den Auswirkungen des Verkehrs der Zukunft betreffen.
- Zentrales Merkmal des Verkehrs der Zukunft ist seine umfassende Digitalisierung. Entsprechend spielen **Daten im Verkehr** der Zukunft eine herausragende Rolle. Das Regulierungsfeld 9 trägt dem Querschnittsthema «Daten» Rechnung.
- Schliesslich spielen auch **Regulierungen ausserhalb des Verkehrs** eine relevante Rolle.

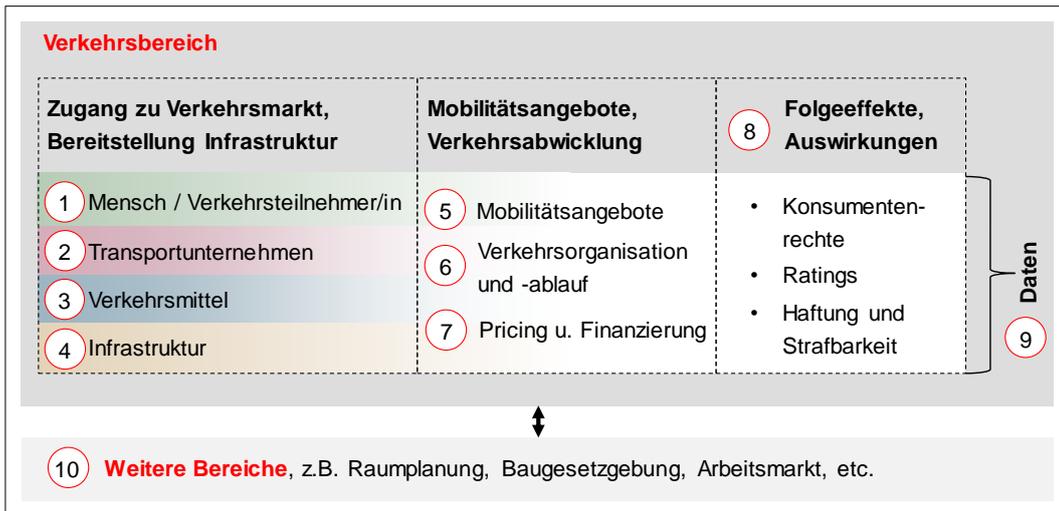


Abb. 10 Relevante Regulierungsfelder inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs

Für die einzelnen Regulierungsfelder werden die **Herausforderungen** an das Regulativ bzw. an den Regulator und wird der **Handlungsbedarf** im entsprechenden Regulierungsfeld beschrieben. Wo sinnvoll, wird dabei explizit zwischen den Verkehrsträgern Strassenverkehr, Schienenverkehr und Luftverkehr unterschieden.

6.2 Regulierungsfeld Verkehrsteilnehmende

In diesem Regulierungsfeld geht es um die Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft, die auf den Menschen als Verkehrsteilnehmenden zukommen, und dies in seinen Funktionen als Fahrzeuglenker und als Fahrgast. Die Bestimmungen in diesem Regulierungsfeld legen fest

- wer unter welchen Voraussetzungen wo welche Fahrzeuge lenken darf,
- wie der Zugang zu Mobilitätsdienstleistungen ausgestaltet ist.

6.2.1 Zulassung private Fahrzeuglenker

Wer welche Fahrzeuge lenken darf, regelt der Führerausweis basierend auf den Bestimmungen des schweizerischen Strassenverkehrsgesetzes (SVG)¹²³. Aus der fortschreitenden Automatisierung der Fahrzeuge werden sich Rückwirkungen auf die Bildung sinnvoller Fahrzeugkategorien bei den Führerausweisen ergeben. Solange die Fahrerin oder der Fahrer noch in die Steuerung eines Fahrzeuges eingreifen (also bis zum Automatisierungsgrad 3 resp. 4, falls das Fahrzeug ausserhalb des Perimeters seiner Operating Design Domain (ODD) unterwegs ist), wird noch einen Führerausweis benötigt werden.¹²⁴

Die Fahrerausbildung zur Erlangung von Führerausweisen wird im Zeitverlauf komplett neu konzipiert werden müssen¹²⁵, weil automatisierte Assistenz- bzw. Fahrsysteme dem Fahrzeuglenker neue Funktionen zur Verfügung stellen, die in der aktuellen Ausbildung noch nicht berücksichtigt sind.¹²⁶ Ein zentraler Punkt in diesem Kontext ist der Umgang mit der Übergabe und Übernahme von Fahraufgaben an das Fahrzeug. V.a. die notfallmässige Rück-Übernahme von Fahraufgaben durch den Fahrzeuglenker vom Fahrzeug wird eine gezielte Ausbildung brauchen. Wegen dieser sicherheitsrelevanten Schnittstelle und ihrer

¹²³ Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958, SR 741.01

¹²⁴ Vgl. dazu auch Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2016), S. 26

¹²⁵ Vgl. auch die Medienmitteilung der Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU vom 11. November 2019, <https://www.bfu.ch/de/die-bfu/medien/automatisierte-fahrzeuge>, besucht am 18. Dezember 2019

¹²⁶ Eine Übersicht über die Fähigkeiten und Inhalte die künftig in der Fahrausbildung erlernt und geprüft werden sollten enthält bfu (2016), S. 29.

Bewältigung wird sich noch zeigen müssen, ob es bereits dank Assistenzsystemen möglich sein wird, dass Personen den Führerausweis erwerben bzw. behalten können, die bisher nicht oder nicht mehr fahren durften. Ab Automatisierungsstufe 4 müsste sich diese Chance zumindest teilweise, sprich mit räumlichen und zeitlichen Auflagen, realisieren lassen.

Insgesamt geht mit dem Entwicklungspfad vom heutigen Zustand zu vollständig automatisiertem Fahren einher, dass aus dem Fahrzeuglenker zuerst ein «Controller» und schliesslich ein Fahrgast wird (vgl. Abb. 11). Dieser Wechsel stellt regulatorisch eine grosse Herausforderung dar, weil in allen rechtlichen Grundlagen zur Erlangung von Führerausweisen von der Funktion «Fahrzeuglenker» ausgegangen wird. Für den Verkehr der Zukunft wird international zu definieren sein, was ein Fahrzeug-Controller ist.

In Zusammenhang mit dieser Definition stehen auch Haftungs- und Strafbarkeitsfragen (vgl. dazu Abschnitt 6.9.3).

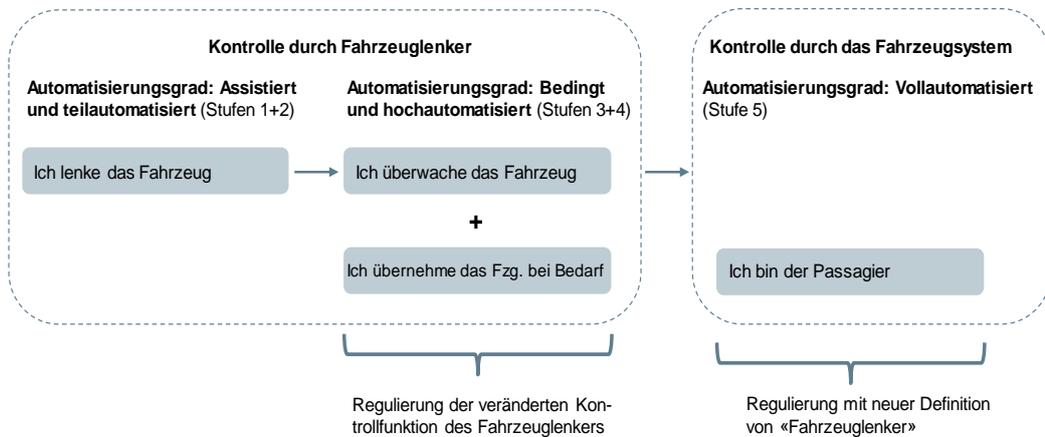


Abb. 11 Veränderung der Rolle des Fahrzeuglenkers durch die Automatisierung¹²⁷

Aktuell ist Fahrausbildung in Verkehrszulassungsverordnung (VZV)¹²⁸ geregelt. Die Fahrlehrerverordnung (FV)¹²⁹ regelt die Zulassung von Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer, deren Berufsausübung und Weiterbildung. Beide basieren auf dem SVG.¹³⁰ Nach geltendem Recht können Fahrzeugführer in der Schweiz von den technischen Fähigkeiten von Fahrzeugen mit Level 3 (und höher) noch nicht vollständig profitieren. Es bräuchte eine Gesetzesänderung, die zu einer Anpassung der Aufgaben bzw. Entlastung des Fahrzeugführers führt.

Bezogen auf die drei Szenarien der Programmleitung ergeben sich bei dieser Zulassungsfrage keine grundsätzlichen Unterschiede. Eine weitere Vertiefung im vorliegenden Projekt macht keinen Sinn, da es sich um ein «technisches» Thema handelt, das in entsprechenden Expertengremien auf internationaler und nationaler Ebene angegangen werden muss.

6.2.2 Zulassung kommerzielle Fahrzeuglenker

Grundsätzlich gilt das Gleiche wie bei den privaten Fahrzeuglenkern: Die zunehmende Automatisierung von Fahrzeugen verändert Anforderungen und Herausforderungen an die Fahrzeuglenker. Die Bedeutung des eigentlichen Fahrens wird abnehmen, die anderer Funktionen (v.a. Überwachungsfunktionen) zunehmen. Das Berufsbild wird sich in Richtung «Fahrzeugbegleitung» statt «Fahrzeuglenkung» entwickeln. Arbeits-, Lenk- und Ru-

¹²⁷ Adaptiert von NTC Australia (2016a), S. 27

¹²⁸ Verordnung über die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr, SR 741.51

¹²⁹ Verordnung über die Zulassung von Fahrlehrern und Fahrlehrerinnen und ihre Berufsausübung, SR 741.522

¹³⁰ Bundesgesetz über den Strassenverkehr, SR 741.01

hezeiten, werden neu zu definieren und regeln sein. Die Fahrzeugkategorien in den Führerausweisen und die Ausbildung zur Erlangung eines Führerausweises werden den Entwicklungen Rechnung tragen müssen.

Relevante rechtliche Grundlagen sind die Chauffeurverordnung (ARV 1)¹³¹, die Chauffeurzulassungsverordnung (CZV),¹³² das Eisenbahngesetz (EBG)¹³³, die Verordnung des UVEK über die Zulassung zum Führen von Triebfahrzeugen der Eisenbahnen (VTE)¹³⁴ sowie spezifische Reglemente.

Auch für diese „technische“ Zulassungsfrage drängt sich keine Vertiefung im vorliegenden Forschungsprojekt auf.

6.2.3 Zugang zu Mobilität

Wie in Abschnitt 4.8 beschrieben, eröffnen automatisierte Fahrzeuge neue Optionen für den Mobilitätszugang. Dies gilt insbesondere im Fall von vollständig automatisierten Fahrzeugen (Level 5 oder Level 4, solange das Fahrzeug nur in dem durch seine ODD zugelassenen Perimeter unterwegs ist) im privaten Eigentum. Die Eigentümerinnen und Eigentümer werden Fahrgäste im eigenen Fahrzeug (oder im Fall eines Kindes jenes der Eltern). Als Fahrgäste müssen sie nicht über einen Fahrausweis verfügen, was vollständig automatisierte Fahrzeuge für Personen sehr attraktiv macht, die aus unterschiedlichen Gründen nicht (mehr) über einen Fahrausweis verfügen.¹³⁵

Gehört das Fahrzeug Dritten und ist Teil eines kommerziellen Mobilitätsdienstleistungsangebots, sind die vom Regulator gewährten Freiheitsgrade für solche Anbieter entscheidend dafür, in welchem Umfang sich aus dem Verkehr der Zukunft effektiv ein verbesserter Mobilitätszugang für spezifische Bevölkerungsgruppen ergibt. Weichenstellungen resultieren aus der Regulierung von Punkten wie den folgenden:

- **Transportpflicht:** Für den Transport von Personen und Gepäck und Gütern durch Unternehmen des öffentlichen Verkehrs besteht gemäss Personenbeförderungsgesetz (PBG)¹³⁶ eine Transportpflicht. Die Transportpflicht ist also ein wesentliches Merkmal des öffentlichen Verkehrs.
Die Transportpflicht gilt aber nicht für alle kommerziell erbrachten Mobilitätsdienstleistungen. Weil Taxidienstleistungen eine Ausnahme vom Personenbeförderungsregal des Bundes sind, ist deren Transportpflicht nicht auf Bundes-, sondern auf kantonaler und/oder kommunaler Ebene geregelt (vgl. dazu Abschnitt 6.3). Einzelne Kantone kennen nur eine Bereitschaftspflicht (z.B. Bern), andere eine Beförderungspflicht mit Einschränkungen.
- **Umfang des Service public:** Es ist davon auszugehen, dass sich insbesondere in ländlichen Räumen mit geringer und disperser Besiedelung kein kommerzielles Angebot zur ausreichenden Sicherung einer erwünschten Mobilitätsgrundversorgung entwickeln wird. In solchen Räumen wird die Qualität des bestellten Service public über den Zugang zu Mobilität entscheiden.
- **Umsetzung der Behindertengesetzgebung im Verkehrsbereich:** Grundsätzlich gilt das Gleiche wie bei der Transportpflicht. Je nachdem wie weitgehend die Bestimmungen der Behindertengesetzgebung von privaten Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen eingehalten werden müssen, ergeben sich unterschiedliche Freiheitsgrade bei der Angebotsgestaltung mit entsprechenden kommerziellen Rückwirkungen.

¹³¹ Verordnung über die Arbeits- und Ruhezeit der berufsmässigen Motorfahrzeugführer und -führerinnen, SR 822.221

¹³² Verordnung über die Zulassung von Fahrzeugführern und Fahrzeugführerinnen zum Personen- und Gütertransport auf der Strasse, SR 741.521

¹³³ Eisenbahngesetz, SR 742.101

¹³⁴ Verordnung des UVEK über die Zulassung zum Führen von Triebfahrzeugen der Eisenbahnen, SR 742.141.21

¹³⁵ Für eine ausführliche Diskussion dazu vgl. bspw. Hörl et al. (2018)

¹³⁶ Bundesgesetz über die Personenbeförderung, SR 745.1

- **Preissetzung:** Wie in Abschnitt 6.8 gezeigt wird, werden private Mobilitätsdienstleister nachfrageorientierte, ertragsmaximierende Pricing-Modelle verfolgen. Nachfrageorientierung heisst, dass die Fahrt von A nach B nicht für alle Personen grundsätzlich gleich viel kosten wird. Variierende Preise wie man sie bspw. aus der Luftfahrt kennt, können zu einer «pekuniären» Einschränkung des Zugangs zu Mobilität führen. Personen mit hoher Zahlungsbereitschaft für Transportdienstleistungen, oder hoher Affinität für Werbung (in den Fahrzeugen), werden andere Angebote erhalten als Personen mit tiefer.

Die kurzen Ausführungen machen die Herausforderung für das Regulativ ersichtlich. Enthält das Regulativ viele einzuhaltenden Bestimmungen, die den Zugang zu Mobilität fördern bzw. sicherstellen sollen, kann sich dies negativ auf angestrebte Geschäftsmodelle privater Akteure auswirken. Umgekehrt kann eine sehr zurückhaltende Regulierung bewirken, dass die Chance des Verkehrs der Zukunft, spezifischen Bevölkerungsgruppen einen verbesserten Zugang zu Mobilität zu eröffnen, nur beschränkt genutzt wird.

6.3 Regulierungsfeld Transportunternehmen

In diesem Regulierungsfeld steht die Frage in Zentrum, was die Voraussetzungen dafür sind, dass Unternehmen kommerzielle Personen- oder Gütertransporte ausführen und/oder eigene Mobilitätsdienstleistungen (z.B. Bikesharing) anbieten dürfen.

Die Ausübung von gewerbsmässigen Aktivitäten im Verkehrsbereich ist in der Schweiz für alle Verkehrsträger (Strasse, Schiene, Luftverkehr und Schifffahrt) sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr umfassend reguliert.

Strassenverkehr

Für den Strassenpersonen- und -güterverkehr regelt das Bundesgesetz über die grundsätzliche **Zulassung als Strassentransportunternehmen** (STUG) die Details.¹³⁷ Wer gewerbsmässig in Fahrzeugen für über neun Personen (einschliesslich Lenker/in) Personentransporte ausführt, braucht eine Zulassungsbewilligung des Bundes als Strassentransportunternehmen. Eine Zulassungsbewilligung erhält, wer im Gesetz definierte Kriterien (z.B. fachliche Eignung, finanzielle Leistungsfähigkeit, Verkehrsleiter/in mit Wohnsitz oder Arbeitsort in der Schweiz). Die Bewilligung wird vom Bundesamt für Verkehr erteilt.

Die STUG gilt für Fahrzeuge für über neun Personen (einschliesslich Lenker). Aber auch mit kleineren Fahrzeugen dürfen ohne Bewilligung keine berufsmässigen Personentransport ausgeführt werden. Die Verkehrszulassungsverordnung regelt die Details.¹³⁸

Die **regelmässige und gewerbsmässige Personenbeförderung** wird im Personenbeförderungsgesetz (PBG)¹³⁹ und in der Verordnung über die Personenbeförderung (VPB)¹⁴⁰ geregelt. Das PBG beruht auf dem Personenbeförderungsregal, das dem Bund «*das ausschliessliche Recht gibt, Reisende mit regelmässigen und gewerbsmässigen Fahrten zu befördern, soweit dieses Recht nicht durch andere Erlasse oder völkerrechtliche Verträge eingeschränkt ist*».¹⁴¹ Das PBG definiert und die VPB konkretisiert, was unter «regelmässig» und «gewerbsmässig» zu verstehen ist.

Für die Regelung der Personenbeförderung werden unterschiedliche **Instrumente** eingesetzt. Auf **Bundesebene** ist zwischen Konzessionen und eidgenössischen Bewilligungen zu unterscheiden:¹⁴²

¹³⁷ Bundesgesetz über die Zulassung als Strassentransportunternehmen, SR 744.10

¹³⁸ Verordnung über die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr, SR 741.51, Art. 25

¹³⁹ Bundesgesetz über die Personenbeförderung, SR 745.1

¹⁴⁰ Verordnung über die Personenbeförderung, SR 745.11

¹⁴¹ PBG Art. 4

¹⁴² Details regelt des 2. Kapitel der VPB.

- **Konzession:**¹⁴³ Eine Konzession ist erforderlich für
 - den Linienverkehr mit Erschliessungsfunktion
 - Sonderformen des Linienverkehrs ohne Erschliessungsfunktion
 - den Bedarfsverkehr mit Erschliessungsfunktion
 - linienverkehrsähnliche Fahrten mit Erschliessungsfunktion (insbesondere Fahrten auf Verlangen und Sammelfahrten)
 - Flughafentransfers
- **Eidgenössische Bewilligung:** Für die regelmässige und gewerbsmässige Personenbeförderung (Linien- und Bedarfsverkehr sowie linienverkehrsähnliche Fahrten) im ausschliesslich grenzüberschreitenden Verkehr ist eine eidgenössische Bewilligung erforderlich.

Heute dienen Konzessionen und Bewilligungen insbesondere der Regulierung des Wettbewerbs und dies nicht nur im Grundversorgungsbereich. Sie dürfen nur erteilt werden, wenn das Transportunternehmen nachweisen kann, dass¹⁴⁴

- keine bestehenden und vom Bund konzessionierten Verkehrsangebote in ihrem Bestand gefährdet werden
- keine bestehenden vom Bund bzw. der öffentlichen Hand durch Betriebs- oder Investitionsbeiträge mitfinanzierten Verkehrsangebote wesentlich konkurrenziert werden.

Das Konzessionswesen wird derzeit überprüft. Es ist denkbar, dass sich beim Fokus «Wettbewerb» Anpassungen ergeben werden.

Konzessionen und eidg. Bewilligungen lauten grundsätzlich auf eine oder mehrere Linien. In ihnen wird festgelegt, mit welchen Verkehrsmitteln und in welchem zeitlichen Rahmen die Personenbeförderung erfolgt. Es sind aber auch Gebietskonzessionen und -bewilligungen vorgesehen. Sie regeln die regelmässige und gewerbsmässige Personenbeförderung in einem bestimmten Gebiet. Pro Gebiet darf für dieselben Transportdienste nur eine einzige Gebietskonzession oder -bewilligung erteilt werden.¹⁴⁵

Regulator in diesem Regulierungsfeld ist aber nicht nur der Bund. Das PBG sieht für Beförderungsangebote von geringer Bedeutung (und für Skilifte sowie Kleinseilbahnen) **kantonale Bewilligungen** vor. Eine kantonale Bewilligung ist erforderlich für¹⁴⁶

- den Linienverkehr, den Bedarfsverkehr und linienverkehrsähnliche Angebote von geringer Bedeutung (und entsprechend nicht konzessionspflichtig)
- Schüler- und Arbeitnehmertransporte
- Fahrten, die von einem Nichttransportunternehmen oder auf dessen Rechnung oder Veranlassung ausschliesslich für seine Kundschaft, Mitglieder oder Besucherinnen und Besucher durchgeführt werden.

Personenbeförderungsangebote mit kantonaler Bewilligung sind von den Grundpflichten des öffentlichen Verkehrs gemäss Art. 12 – 16 des PBG (Transportpflicht, Fahrplanpflicht, etc.) befreit. Für das vorliegende Projekt sind zusätzlich die **Ausnahmen vom Personenbeförderungsregal** relevant, für welche die Bestimmungen des PBG und der VPB entsprechend nicht gelten. Sie sind in Art. 8 der VPB geregelt. Zwei Punkte sind von besonderer Bedeutung:

- Ausgenommen sind «nicht spurgeführte Fahrzeuge, die nach ihrer Bauart und Ausstattung nicht dazu bestimmt und geeignet sind, mehr als neun Personen einschliesslich der Fahrerin oder des Fahrers, zu befördern.» Darunter fallen **Taxidienstleistungen**.

¹⁴³ Eine Konzession überträgt staatliche Sonderrechte an Dritte. Es ist ein Instrument zur Betrauung des Konzessionärs mit einer dem Staat vorbehaltenen Tätigkeit (vgl. Kern M., 2017).

¹⁴⁴ PBG Art. 9 Abs. 2 Ziffer b. sowie VPB Art. 11 und Art. 30

¹⁴⁵ VPB Art. 10

¹⁴⁶ VPB Art. 7

Aus diesem Grund sind Taxidienstleistungen auf kantonaler und/oder kommunaler Ebene geregelt und basieren auf eigenen rechtlichen Grundlagen (im Kanton Bern bspw. auf dem Gesetz über Handel und Gewerbe).

- Die **Ausnahmen** vom Personenbeförderungsregal gelten nur **eingeschränkt**:¹⁴⁷ Die Fahrten dürfen nicht vergleichbar sein mit dem Linienverkehr (Kapazität, Funktionalität) und nicht auf die gleichen Benutzerinnen und Benutzer ausgerichtet sein.

Die bisherigen Ausführungen bringen zum Ausdruck, dass im hier besonders interessierenden Personenverkehr in der Schweiz wie im europäischen Ausland der Grundsatz galt und gilt «Der gewerbliche Transport von Menschen bedarf einer besonderen Genehmigung».

Dieser Grundsatz gilt auch für **Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen**, sofern solche Anbieter selber gewerbliche Personentransporte anbieten. In Zusammenhang mit dem Fahrdienstvermittler Uber hat diese Frage grosse Bedeutung erlangt. Die Dienstleistung unter der Marke UberPop besteht darin, zwischen Fahrtenwünschen und privaten Fahrern zu vermitteln, die die Fahrt gegen Entgelt mit ihrem Privatwagen durchführen. Im Geschäftsmodell war nicht vorgesehen, dass die privaten Fahrer – anders als Taxifahrer – über eine Personenbeförderungslizenz verfügen müssen. In diesem Kontext ist eine Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) aus dem Jahr 2018 wichtig. Sie betraf die Frage, ob es sich beim UberPop-Konzept um eine reine Vermittlung oder um das Anbieten einer Verkehrsleistung handelt. Der EuGH bejahte letzteres, da die Vermittlung zwischen nicht berufsmässigen, privaten Fahrern und Fahrgästen untrennbar mit einer Verkehrsdienstleistung verbunden ist. Er beauftragte die Mitgliedstaaten die Bedingungen zu regeln, unter denen solche Verkehrsdienstleistungen erbracht werden können. Die vom EuGH beantwortete Frage ist auch in der Schweiz relevant. Und politisch umstritten, wie aktuelle Diskussionen im Kanton Zürich zeigen. Im November 2018 hatte der Kantonsrat beschlossen, dass der Gültigkeitsbereich des kantonalen Taxigesetzes auf Limousinenfahrdienste ausgedehnt werden soll. Nachdem das Referendum zum Gesetz zustande gekommen ist, wird nun voraussichtlich das Zürcher Stimmvolk im Herbst 2019 über die «Lex Uber» entscheiden.

Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass es in der Schweiz im Personenverkehr keinen unregulierten **privaten Kollektivverkehr oder On-demand-Verkehr** geben wird, sofern dieser Kollektivverkehr regelmässig und gewerbsmässig betrieben wird. Oder anders formuliert: Auch ein privater Betreiber bspw. einer Robo-Taxi-Flotte wird eine Konzession oder Bewilligung benötigen, um seine Transportdienstleistungen erbringen zu dürfen, aber es müssen an ihn nicht die gleichen Anforderungen wie an den öffentlichen Verkehr gestellt werden. Dieser private gewerbsmässige Verkehr kann eine eigene Verkehrsform werden, als Weiterentwicklung des heutigen Bedarfsverkehrs. Absehbare Herausforderungen an das Regulativ werden sein:

- Soll möglichst viel **Wettbewerb** angestrebt werden und entsprechend nur noch mittels Betriebsbewilligungen für die Betreiber von vollautomatisierten Fahrzeugflotten reguliert werden
oder machen – in welchen Fällen? – spezifische, den Wettbewerb innerhalb eines Raumes beschränkende (Gebiets)Konzessionen Sinn, damit wünschbare Angebote betrieben werden können?
- Welche **Kriterien** müssen erfüllt sein, damit eine Bewilligung erteilt wird oder eine (Gebiets)Konzession vergeben wird? Aktuell werden für Taxidienstleistungen i.d.R. Qualitäts- und Sicherheitskriterien herbeigezogen (z.B. Sprach- und Ortskenntnisse, finanzielle Verhältnisse, in der Vergangenheit begangene Verletzungen von Verkehrsregeln, etc.). Werden für die Personentransport vollautomatisierte Fahrzeuge eingesetzt werden, werden neue Kriterien an Bedeutung gewinnen (z.B. Datensicherheit) und bestehende (z.B. Ortskenntnisse) verlieren.¹⁴⁸

¹⁴⁷ VPB Art. 8 Abs. 2

¹⁴⁸ Einen umfassenden internationalen Überblick über bisherige und künftige Regulierungen enthält ITF / CPB (2016a).

- Da die Verfügbarkeit von Mobilitätsdaten eine zentrale Voraussetzung für die Entwicklung von multimodalen Mobilitätsangeboten ist (vgl. dazu Abschnitt 6.10.1), kann eine Bewilligung auch hier ansetzen. In London wurde bspw. die Lizenz von Uber nur unter der Bedingung erneuert, dass Uber den Zugang zu Betriebsdaten (Trip Data) öffnet.¹⁴⁹
- Sollen für den gewerbsmässigen privaten Kollektivverkehr oder On-demand-Verkehr die **Transport- und Betriebspflicht** gelten oder soll hier bewusst ein Gegensatz zum klassischen öffentlichen Verkehr bestehen?
 - Wer soll **Regulator** sein? Drängt sich nur noch der Bund auf, weil es aus regulatorischer Sicht keinen Sinn machen wird, diese «globale» Entwicklung auf kantonaler Ebene regulieren zu wollen. Wie oben beschrieben, sind heute die Kantone und/oder die Gemeinden die Regulatoren von Taxidienstleistungen.
 - Wie sieht ein **Mobility Pricing** in einer Welt mit «privater Kollektivmobilität» aus (vgl. dazu Abschnitt 6.8 Finanzierung unten)? Welche Preissetzungsfreiheiten wird Betreibern von vollautomatisierten Fahrzeugflotten gewährt?

Schiennenverkehr

Auch im Schienenverkehr ist staatlich geregelt, welche Kriterien Organisationen, konkret Eisenbahnverkehrsunternehmen, erfüllen müssen, um Zugang zum Schienennetz und damit zum schienengebundenen Personen- und Güterverkehrsmarkt zu erhalten.

- Einerseits wird eine Netzzugangsbewilligung benötigt. Die Details dazu sind in der Eisenbahn-Netzzugangsverordnung (NZV) und in der Eisenbahnverordnung (EBV) geregelt.¹⁵⁰
- Zusätzlich braucht es eine Sicherheitsbescheinigung und eine Sicherheitsgenehmigung.

Regulator ist – anders als auf der Strasse – ausschliesslich der Bund. Richtlinien des BAV beschreiben im Detail, wie eine Netzzugangsbewilligung sowie eine Sicherheitsbescheinigung und eine Sicherheitsgenehmigung erlangt werden können. Zentrale einzuhaltenden und nachzuweisende Kriterien sind:

- Finanzielle Leistungsfähigkeit und genügender Versicherungsschutz
- Anforderungen an die Zuverlässigkeit der für die Geschäftsführung verantwortlichen Personen
- Einhaltung der arbeitsrechtlichen Vorschriften und Arbeitsbedingungen der Branche
- Sitz der Organisation in der Schweiz
- Zweckmässigkeit des Sicherheitsmanagements
- Nachweis der für einen sicheren Betrieb notwendigen Qualifikationen der Beschäftigten und Anforderungen an das eingesetzte Rollmaterial

Für den Betrieb von Strecken im regelmässigen und gewerbsmässigen Personenverkehr auf der Schiene werden wie beim Strassenverkehr Konzessionen vergeben. Die Vergabe erfolgt auch hier ausschliesslich durch das BAV.

Grundsätzlich werden sich mit der weitergehenden Automatisierung im Schienenverkehr die gleichen Fragen stellen wie im Strassenverkehr:

- Die oben erwähnten einzuhaltenden **Kriterien für den Netzzugang** werden auf eine Situation mit automatisiertem Rollmaterial auszurichten und allenfalls mit neuen Kriterien zu ergänzen sein.
- Im Konzessionsbereich wird sich auch auf der Schiene die Frage des zulässigen bzw. gewünschten **Wettbewerbs** stellen. Wenn dereinst vollautomatisiertes bzw. autonomes

¹⁴⁹ Puche (2019), S. 49

¹⁵⁰ Eisenbahn-Netzzugangsverordnung, SR 742.122, Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen, SR 742.141.1

Rollmaterial im Schienennetz unterwegs sein wird, das nicht einmal mehr auf eine Betriebsleitzentrale angewiesen ist, wird sich die Netzzugangsfrage ganz anders stellen als heute.

Luftverkehr

Selbstredend ist auch im Luftverkehr die Zulassung von Fluggesellschaften geregelt. Das können nationale Regeln (z.B. USA) oder international harmonisierte Regeln wie das Luftverkehrsbescheinigung (»Air Operator Certificate«) der Europäischen Union sein. Fluggesellschaften, die die Schweiz anfliegen wollen, brauchen eine Betriebsbewilligung des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL).

Der Flugverkehr ist aktuell der am Stärksten automatisierte Verkehrsträger. Entsprechend sind die Voraussetzungen für die Integration vollautomatisierter Fluggeräte grundsätzlich günstiger als beim Landverkehr. Auch die Herausforderung »Mischverkehr« ist im Luftverkehr deutlich kleiner als im Landverkehr. Ein Forschungsprojekt von fünf Instituten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist 2018 bspw. zum Schluss gekommen, dass »die Integration des unbemannten Frachttransports in das Luftverkehrssystem bereits heute technisch und organisatorisch möglich ist«.¹⁵¹

6.4 Regulierungsfeld Verkehrsmittel

Das Regulierungsfeld Verkehrsmittel setzt sich mit der Frage auseinander, wie die Zulassung von Fahrzeugen und deren Antrieben künftig reguliert werden kann und muss und wie gewünschte Entwicklungen über das Regulativ gefördert werden können. Ausgehend von der Chancen-Risiko-Analyse in Kapitel 4 fokussiert das Kapitel auf

- alternative Antriebe und hier in erster Linie die Elektrofahrzeuge
- automatisierte Verkehrsmittel

6.4.1 Alternative Antriebe

Wie in Abschnitt 3.2 gezeigt, ist aktuell noch unklar, welche alternativen Antriebsformen sich langfristig durchsetzen werden. Derzeit stehen Elektrofahrzeuge und – weniger ausgeprägt – Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb im Fokus. Für LKW ist E-Mobilität für die Langdistanz noch in weiter Ferne. In diesem Kontext werden noch weitere Möglichkeiten, z.B. mit Flüssigerdgas oder Oberleitungen, diskutiert.¹⁵²

Herausforderungen in der Regulierung alternativer Antriebssysteme resultieren v.a. aus folgenden Punkten:

- **Richtige Förderung:** Es gibt zahlreiche bekannte Instrumente zur Förderung der Verbreitung alternativer Antriebssysteme. Sie reichen von der Bereitstellung von Informationen über das Setzen von Anreizen mittels Subventionen bis zu Standards und Normen. Auch indirekt können über Emissionsvorschriften und Ähnliches Anreize zum Umsteigen auf alternative Antriebe gesetzt werden. Die regulierungsseitige Herausforderung besteht weniger im »Wie«, sondern eher im »Was« und »Wann«. Mit Blick auf die aktuell noch herrschende Unsicherheit, was sich letztlich in grossem Stil durchsetzen wird, ist es eine Herausforderung, das richtige alternative Antriebssystem zu fördern bzw. keine neuen, möglicherweise besseren Lösungen durch die Förderung zu verhindern.
- **Zulassung:** Aus umweltpolitischer Sicht gilt es zu prüfen, welche alternativen Antriebssysteme in Abhängigkeit ihrer Umweltfreundlichkeit grundsätzlich und/oder für spezifische Einsätze zugelassen oder allenfalls verboten werden sollen. Wie bei der Förderung stellt sich eine »Auswahlfrage«: Es könnte zu Ineffizienzen und Redundanzen führen, wenn sich langfristig eine Vielzahl an Antriebssystemen etablieren sollte. Wegen Skaleneffekten ist es bspw. ineffizient, für zu viele verschiedene Antriebssysteme je

¹⁵¹ Vgl. Schultz et al. (2018), S. 42

¹⁵² Vgl. Heine A. (2019), S. 34

eine Infrastruktur zur Betankung aufzubauen. Wenn es sich um rein private Investitionen handelt, ist der Steuerungsbedarf durch den Regulator geringer, als wenn öffentliche Mittel eingesetzt würden. Letzteres ist bei der Finanzierung von Infrastrukturen typischerweise häufig der Fall.

- **Standards, Interoperabilität:** Es gilt sicherzustellen, dass Fahrzeuge mit alternativen Antriebssystemen sowohl im In- wie auch im Ausland genau so einfach zu betanken sind, wie dies heute mit den klassischen Verbrennungsmotoren der Fall ist.¹⁵³ Dafür ist ein gewisses Mass an internationaler Standardisierung (Ladeanschlüsse, Batterietechnologien etc.) unabkömmlich, und als Handlungsachse anerkannt bzw. teilweise bereits umgesetzt.
- **Infrastruktur:** Alternative Antriebssysteme benötigen eine Infrastruktur zum Laden bzw. Tanken. Der Aufbau dieser Infrastruktur (im Falle der Elektromobilität auch der notwendigen Anpassungen im Energieerzeugungssystem und in der Stromverteilung) wird erhebliche Investitions- und anschliessend Betriebs- und Unterhaltskosten verursachen.¹⁵⁴

Der Staat als Besitzer und Betreiber des Strassen- und Schienennetzes, aber auch als Eigentümer von Elektrizitätswerken, ist hier gefordert: Welche neuen Infrastrukturbedürfnisse soll er (mit)finanzieren, welche der Privatwirtschaft überlassen (z.B. auch über ein Ausschreibungsverfahren wie im Fall der E-Tankstellen auf Autobahn-Rastplätzen)? Welche regulatorischen Rahmenbedingungen braucht es, falls die neue Infrastruktur privat erstellt und betrieben wird (z.B. mit dem Betrieb einer «Tankstelle» verbundene Auflagen oder Vorschriften etc.)?

Neue Antriebssysteme, allen voran die Elektromobilität, werden nicht erst seit kurzem diskutiert. Viele Initiativen inkl. regulatorische Anpassungen sind bereits lanciert oder zumindest aufgegleist worden.¹⁵⁵ Entsprechend liegen auch schon umfangreiche Erfahrungen vor.¹⁵⁶ Den oben aufgelisteten Herausforderungen hat man sich bereits angenommen und Lösungen konzipiert. Auf diesen kann aufgebaut werden, eine Vertiefung im vorliegenden Forschungsprojekt mit dem Zeithorizont 2060 drängt sich nicht auf.

6.4.2 Automatisierte Verkehrsmittel

Strassenfahrzeuge

Die Zulassung von zunehmend automatisierten Strassenverkehrsmitteln stellt den Regulator vor sehr grosse Herausforderungen. Ein zentraler Grund dafür ist die Veränderung der Rolle des Fahrzeuglenkers im Zuge der Fahrzeugautomatisierung, wie sie oben in *Abb. 11* dargestellt worden ist.

Die Zulassung von Strassenverkehrsfahrzeugen ist im Strassenverkehrsgesetz (SVG) und in der Verkehrszulassungsverordnung (VZV) geregelt. Die gesetzlichen Grundlagen gehen explizit davon aus, dass ein Fahrzeug von einem Fahrzeuglenker gesteuert wird. Dieser Grundsatz ist auch im Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr verankert.¹⁵⁷ Das internationale Übereinkommen, das von der Schweiz unterzeichnet und ratifiziert worden ist, hat zum Ziel, durch Standardisierung der Verkehrsregeln den Strassenverkehr sicherer zu machen. Das Übereinkommen ist Ende März 2014 im Zuge der Fahrzeugautomatisierung angepasst worden (Zulassung von Fahrassistenzsystemen, die Kontrollaufgaben des

¹⁵³ Electrosuisse et al. (2012), S. 19

¹⁵⁴ Für Deutschland sind in einem Forschungsprojekt die Rückwirkungen auf das Energiesystem und die Stromverteilungsnetze untersucht worden, die durch eine Einführung von insgesamt 40 Mio. Batteriefahrzeugen und Brennstoffzellen-Pkw bis 2050 anfallen würden. Je nach unterstelltem Anteil der beiden Technologien an den 40 Mio. Fahrzeugen werden die jährlichen Kosten auf 5.7 – 10 Mrd. EUR geschätzt (vgl. Ludwig-Bölkow-Stiftung, 2019, S. 4).

¹⁵⁵ Zuletzt bspw. die Roadmap Elektromobilität 2022, vgl. https://roadmap2022.brainstore.com/de/roadmap_elektromobilitaet_2022/home, besucht am 5. Juli 2019.

¹⁵⁶ Z.B. Rietmann and Lieven (2019) mit einem Vergleich von Fördermassnahmen zugunsten von Elektrofahrzeugen in 20 Ländern oder Ryghaug and Skolsvold (2019) mit dem Fallbeispiel Norwegen zur Förderung eines Regimewechsels hin zu mehr Elektromobilität.

¹⁵⁷ Art. 8.1: Jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge müssen, wenn sie in Bewegung sind, einen Führer haben. Übereinkommen über den Strassenverkehr, Übersetzung, SR 0.741.10

Fahrers übernehmen und es ihm bspw. in gewissen Situationen erlauben, das Steuer loszulassen), Stufe 5 ist aber nach wie vor nicht zulässig. Dafür braucht es weitere Anpassungen in internationalen Übereinkommen zu Fahrzeugteilen.¹⁵⁸

Diese Anpassungen und deren Überführung in nationales Zulassungsrecht und schliesslich in die Umsetzungspraxis sind mit Herausforderungen verbunden, die heute noch nicht gelöst sind:

- Es ist noch nicht klar, wie die hohe Komplexität und die laufende Weiterentwicklung von automatisierten Fahrzeuglenksystemen in das traditionelle Zulassungssystem mit **Typengenehmigungsverfahren** überführt werden kann. 2016 vertrat der Bundesrat die Meinung, dass die Zulassungsbehörden und die im Typengenehmigungsverfahren beauftragten Prüfstellen kaum in der Lage sein werden, die Gewährleistung des erforderlichen Sicherheitsniveaus zu überprüfen. Zudem stellt sich die Frage, was ein «erforderliches Sicherheitsniveau» in einer automatisierten Mobilitätswelt überhaupt ist: Was sind relevante Situationen, die gemeistert werden müssen, was sind geeignete Tests dafür? Solange dies nicht möglich ist, werden die Prinzipien der IT-Industrie anzuwenden sein. Bei diesen liegt die Gewährleistung der Produktesicherheit ausschliesslich in der Selbstverantwortung der Hersteller.¹⁵⁹

Auch in der wissenschaftlichen Literatur wird davon ausgegangen, dass bei der Fahrzeugzulassung im Zuge der weitergehenden Automatisierung Verfahren an Bedeutung gewinnen werden, die sich bei der Zulassung technischer Systeme in anderen risikobehafteten Bereichen oder bei anderen Verkehrsträgern (z.B. Luftfahrt) bewährt haben. Stichworte sind Produktregulierung, Konformitätsbewertung (für softwarebasierte Sicherheitssysteme durch zertifizierte Prüfstellen), Produktbeobachtung durch die Hersteller zur kontinuierlichen Weiterentwicklung der Fahrzeuge und Marktüberwachung zur zentralisierten Entwicklung von Best Practice (bedingt Datenübermittlung an Marktüberwachungsbehörden und Unfalluntersuchungsstellen).¹⁶⁰

Im Zulassungsbereich wird es bei weitem nicht nur darum gehen, (technische) Normen anzupassen. Vielmehr werden die Entwicklung und die Umsetzung neuer Verfahren und Prozesse mit neuen Akteuren und Zuständigkeiten notwendig sein.

Auf EU-Ebene ist die Diskussion um die Zulassung von Assistenzsystemen von grosser Aktualität: Nach Absicht von EU-Parlament und -Kommission soll ab 2022 der Einbau von zahlreichen Sicherheitseinrichtungen für leichte und schwere Fahrzeuge Pflicht sein.¹⁶¹ Wird die Einführung der entsprechenden Verordnung¹⁶² definitiv beschlossen und umgesetzt, wird innerhalb der EU auch ein wichtiger Schritt in Richtung vollautomatisiertes Fahren unternommen.

- Eine weitere Herausforderung betrifft das Aufstellen von **Regeln für «Dilemma Situationen»**, die ein Computer eindeutig umsetzen kann. Dilemma-Situationen sind dadurch gekennzeichnet, dass Schäden unvermeidlich sind und entschieden werden muss, wer geschädigt oder eventuell sogar getötet wird. In Deutschland hat sich die Ethik-Kommission der Bundesregierung mit diesem Thema auseinandergesetzt.¹⁶³ Der Bericht der Kommission, der international viel Beachtung gefunden hat, kommt zum

¹⁵⁸ UNECE-Reglemente

¹⁵⁹ Schweizerischer Bundesrat (2016), S. 26

¹⁶⁰ Einen Überblick über neue Ansätze in der Fahrzeugzulassung enthält Schnieder und Hosse (2018).

¹⁶¹ Vgl. [http://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20190410IPR37528/sicherer-strassenverkehr-lebensrettende-technik-fur-neufahrzeuge_besucht_am_08.07.19_Die_Fahrerassistenzsysteme,_die_in_alle_neuen_Fahrzeuge_eingebaut_werden_müssen_sind_die_folgenden:_Intelligenter_Geschwindigkeitsassistent,_Vorrichtung_zum_Einbau_einer_alkoholempfindlichen_Wegfahrsperrre,_Warnsystem_bei_Müdigkeit_und_nachlassender_Aufmerksamkeit_des_Fahrers,_Warnsystem_bei_nachlassender_Konzentration_des_Fahrers,_Notbremslicht,_Rückfahrassistent_und_ereignisbezogene_Datenerfassung_\(Black_Box\)](http://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20190410IPR37528/sicherer-strassenverkehr-lebensrettende-technik-fur-neufahrzeuge_besucht_am_08.07.19_Die_Fahrerassistenzsysteme,_die_in_alle_neuen_Fahrzeuge_eingebaut_werden_müssen_sind_die_folgenden:_Intelligenter_Geschwindigkeitsassistent,_Vorrichtung_zum_Einbau_einer_alkoholempfindlichen_Wegfahrsperrre,_Warnsystem_bei_Müdigkeit_und_nachlassender_Aufmerksamkeit_des_Fahrers,_Warnsystem_bei_nachlassender_Konzentration_des_Fahrers,_Notbremslicht,_Rückfahrassistent_und_ereignisbezogene_Datenerfassung_(Black_Box)).

¹⁶² Verordnung (EU) 2019/... des europäischen Parlamentes und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge im Hinblick auf ihre allgemeine Sicherheit und den Schutz der Fahrzeuginsassen und von ungeschützten Verkehrsteilnehmern, zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/858 und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 78/2009, (EG) Nr. 79/2009 und (EG) Nr. 661/2009.

¹⁶³ Ethik-Kommission (2017)

Schluss, dass echte dilemmatische Entscheidungen «nicht eindeutig normierbar und auch nicht ethisch zweifelsfrei programmierbar» sind.¹⁶⁴ Die Kommission fordert, dass die Technik so ausgelegt sein muss, dass es gar nicht erst zu Dilemma-Situationen kommt. In der Umsetzung könnte das bedeuten, das vollautomatisierte Fahren auf kontrollierbare Verkehrsumgebungen zu beschränken (Stichwort ODD bei Level-4-Fahrzeugen) oder zusätzlich eine intelligente Strasseninfrastruktur zu verwenden. Fahrzeuge müssten grundsätzlich auf eine defensive und vorausschauende Fahrweise programmiert werden.¹⁶⁵ Aus heutiger Sicht resultieren daraus zwei Konsequenzen:¹⁶⁶

- Vollautomatisierte Fahrzeuge würden nur mit tiefen Geschwindigkeiten unterwegs sind, was die Attraktivität ihrer Nutzung reduziert.
- Defensive Fahrweise könnte bei vollautomatisierten Fahrzeugen bedeuten, dass sie häufig abbremsen und wieder beschleunigen¹⁶⁷, eine Fahrweise, die für den Menschen nicht angenehm ist.

Inwieweit mit künstlicher Intelligenz bzw. «Machine Learning» basierend auf einer riesigen Zahl von gefahrenen Fahrzeugkilometern (Stichwort «miles driven») die Programmierung dilemmatischer Entscheidungen umgangen werden kann, wird sich zeigen.

- Hinzu kommen **zeitliche Abhängigkeiten**. Wegen den grossen potenziellen Auswirkungen von vollautomatisierten Fahrzeugen der Automatisierungsstufe 5 und den neuen Möglichkeiten, die sie für Shared-Mobility-Konzepte eröffnen, muss zeitlich parallel zur Klärung der Zulassungsfrage auch das Regulativ für ihren Einsatz entwickelt werden (vgl. dazu Abschnitt 6.6), inkl. die dafür benötigte Infrastruktur (vgl. Abschnitt 6.5).¹⁶⁸ Das hört sich nach einer Binsenwahrheit an, ist in der Umsetzung aber sehr anspruchsvoll, weil es seitens des Regulators ein gesamthafes und nicht auf einzelne Fragestellungen (z.B. Fahrzeugzulassung) fokussiertes Verständnis der Chancen und Risiken von autonomen Fahrzeugen braucht. Das kann zumindest aktuell noch nicht vorausgesetzt werden.¹⁶⁹ Darum haben Pionierländer wie bspw. Finnland viel in den Aufbau einer gemeinsamen Vision einer automatisierten Verkehrswelt investiert, z.B. über die Organisation von Online-Diskussionsforen.¹⁷⁰

Schienenfahrzeuge

Auch auf der Schiene stellen sich Zulassungsfragen im Zuge des Übergangs zu automatisiertem Fahren.¹⁷¹ Allerdings ist die Ausgangslage für den Schienenverkehr eine günstigere, da sich das geschlossene System Schienennetz grundsätzlich besser als das Strassennetz für den Einsatz von vollständig automatisierten bzw. autonomen Fahrzeugen eignet:¹⁷²

- Die Automatisierung ist einfacher, weil das Fahrzeug durch die Spurführung **nur einen Freiheitsgrad in der Bewegung** hat (vorwärts oder rückwärts), während es auf der Strasse zwei sind (zusätzlich seitwärts).

¹⁶⁴ Ethik-Kommission (2017), S. 11

¹⁶⁵ Rees (2018), S. 175

¹⁶⁶ ITF (2018), S. 24

¹⁶⁷ Diese Fahrweise könnte auch durch missbräuchliches Verhalten z.B. von Fussgängerinnen und Fussgänger ausgelöst werden, indem Verkehrshindernisse «simuliert» werden.

¹⁶⁸ Für eine weitergehende Diskussion für den urbanen Verkehr vgl. z.B. Voegelé (2019), S. 82

¹⁶⁹ Dazu Mladenovic (2019), S. 108: When we turn towards public institutions in relation to the technology development process, we must recognise that emerging technologies, such as SDVs, typically face the challenge of institutional void (Hajer, 2003) and organized irresponsibility (Beck, 1992). Basically, this means that none of the current institutions has a full understanding or control of undesirable consequences associated with SDVs.

¹⁷⁰ Mladenovic (2019), S. 111

¹⁷¹ Zulassungsbehörde ist gemäss Art. 24 VPB der Bund bzw. das BAV.

¹⁷² Rees (2018), S. 194

- Schienenfahrzeuge können bei höheren Geschwindigkeiten schon heute nicht «auf Sicht» gefahren werden. Aus diesem Grund bestehen schon **Leit- und Sicherungssysteme**, die als Basis für den automatisierten Betrieb dienen können und entsprechend erweitert und angepasst werden müssen und können.

So hat bspw. SNCF autonome bzw. fahrerlose TGV angekündigt, deren Zugsteuerung nach wie vor über eine Zentrale laufen soll. Ziel ist eine Reduktion der Zugfolgezeiten, Tests sind ab 2019, die Umsetzung dann ab 2023 vorgesehen.¹⁷³ Autonomes bzw. fahrerloses Fahren ist auch für Strassenbahnen ein Thema, wie bspw. das Forschungs- und Entwicklungsprojekt «Autonome Strassenbahn im Depot» illustriert.¹⁷⁴

Entsprechend sind im Unterschied zum Strassenverkehr im Schienenverkehr bereits umfangreiche Erfahrungen mit vollautomatisiertem fahrerlosem Fahren gemacht worden: Inzwischen gibt es weltweit rund 60 U-Bahn-Linien, die fahrerlos betrieben werden. Die Zulassung von fahrerlos betriebenen Rollmaterial kann auf diesen Erfahrungen und auf den auf internationaler Ebene bereits entwickelten Standards für automatisierte Zugsysteme¹⁷⁵ aufbauen. Im Zentrum der Zulassung steht die Einhaltung von auf hoher Ebene gehaltenen Sicherheitsanforderungen. Dies gilt grundsätzlich auch für die Zulassung von neuen Transportsystemen wie Cargo Sous Terrain oder Hyperloop.

Allerdings: Die Herausforderung für die Regulierung besteht nicht in der Zulassung von Schienenfahrzeugen, die in einem geschlossenen System (z.B. eine U-Bahn) fahrerlos unterwegs sind. Sie liegt darin, fahrerloses Fahren in schienengebundene Systeme zu überführen bzw. zu integrieren, in welchen heute noch nicht fahrerlos gefahren wird (vgl. dazu Abschnitt 6.6 unten).

Luftfahrzeuge

Im Luftverkehr sind die internationalen und nationalen Zulassungsstellen im Zeitverlauf immer wieder mit Fragen des Umgangs mit neuartigen Flugobjekten und deren Zulassung konfrontiert worden. Unbemannte bzw. vollautomatisiert fliegende Luftfahrzeuge sind weit entwickelt und haben ihre Jungfernflüge bereits hinter sich, und dies nicht nur im Güter-, sondern für kleine Flugobjekte auch im Personenverkehr.¹⁷⁶

Die aktuell laufenden Arbeiten an einem Luftverkehrsmanagement für Unmanned Aircraft Systems¹⁷⁷ sowie die Diskussionen zur Regulierung von Drohnen¹⁷⁸ und die bereits erfolgten Umsetzungen konkreter Bestimmungen machen deutlich, dass die Frage der Regulierung vollautomatisierter Flugobjekte im Luftverkehr deutlich weiter fortgeschritten ist als jene von vollautomatisierten Fahrzeugen im Strassen- und im Schienenverkehr.

Bezogen auf die drei Szenarien der Programmleitung resultieren auch bei dieser Zulassungsfrage keine grundsätzlichen Unterschiede. Eine weitere Vertiefung im vorliegenden Projekt bringt keinen Mehrwert, da es sich um ein «technisches» Thema handelt, das in entsprechenden Expertengremien auf internationaler und nationaler Ebene angegangen werden muss.¹⁷⁹

¹⁷³ Projekt «train drone», vgl. https://www.francetvinfo.fr/economie/transports/sncf/sncf-le-train-sans-conducteur-bientot-sur-les-rails-en-france_2236131.html, besucht am 14. November 2019

¹⁷⁴ Z.B. das Projekt «Autonome Strassenbahn im Depot (AStrid)», vgl. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/astrid.html>, besucht am 14. November 2019

¹⁷⁵ So gibt es bspw. eine Norm zu den Sicherheitsanforderungen für automatische städtische schienengebundene fahrer- oder begleiterlose Systeme und selbst fahrende Züge, die auf einem vom übrigen Verkehr unabhängigen Fahrweg verkehren.

¹⁷⁶ Z.B. Die Passagierdrohne Ehang 184 im Jahr 2018 oder Volocopter 2017 in Dubai

¹⁷⁷ SBFI (2019), S. 74/115

¹⁷⁸ Für einen umfassenden Überblick über die Herausforderungen und Lösungsansätzen im Umgang mit Drohnen vgl. BMVI (2019), Kapitel 2 «Regulatorische Herausforderungen und Perspektiven».

¹⁷⁹ Vgl. dazu auch die Ausführungen zum Aktionsfeld 4 «Rechtsetzung und gesellschaftliche Akzeptanz von KI in Automatisierter Mobilität der interdepartementalen Arbeitsgruppe «Künstliche Intelligenz» (SBFI (2019), S. 75)

6.5 Regulierungsfeld Verkehrsinfrastruktur

Im Landverkehr, weniger ausgeprägt auch im Luftverkehr, entsteht verkehrliche Mobilität aus dem über Jahrzehnte hinweg entwickelten Zusammenspiel von Infrastruktur und Verkehrsmittel. Die zunehmende Automatisierung der Verkehrsmittel hat immer schon Rückwirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur und deren Ausrüstung gehabt. Im Bahnverkehr konnten durch die Digitalisierung gewisse Aufgaben, die bisher die Infrastruktur erfüllte, in die Fahrzeuge verlagert werden. So braucht es bei der funkbasierten Leit- und Sicherungstechnik ETCS (European Train Control System) ab einer bestimmten Entwicklungsstufe (Level 3) keine streckenseitigen Signale mehr¹⁸⁰, im Strassenverkehr nimmt die Bedeutung der streckenseitigen Signalisation und hier insbesondere der Wegweisungssignalisation wegen Navigations- und Assistenzsystemen in den Fahrzeugen laufend ab.

Im Strassenverkehr führten die bisherigen Automatisierungen (z.B. die laufende Weiterentwicklung von Assistenzsystemen) im Zusammenspiel von Infrastruktur und Fahrzeugen nicht zu einer grundsätzlich neuen Ausgangslage. Bei den nächsten Automatisierungsschritten bis hin zu vollautomatisierten Fahrzeugen wird dies aus verschiedenen Gründen anders sein:

- Durch die potenziell **effizientere Nutzung** der Infrastruktur ergibt sich ein veränderter, grundsätzlich geringerer Infrastrukturbedarf bei gleichem Verkehrsvolumen.
- Vollautomatisierte Fahrzeuge werden zur Wahrnehmung dessen, was im Strassenumfeld passiert, nicht nur untereinander **Informationen austauschen** («C2C-Kommunikation»), sondern auch mit der Umgebung, anderen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur («C2X-Kommunikation»). Dafür muss die Infrastruktur entsprechend ausgerüstet sein (vgl. dazu Abschnitt 6.5.2 unten).
- Es werden sich **Standortfragen** für intermodale Umsteigestationen / Mobilitäts-Hubs sowie kleinräumig für Ein-/Aussteigzonen und Abstellplätze für die verschiedenen Verkehrsmittel stellen. Das Design der Infrastruktur wird neuen Anforderungen genügen müssen.
- Gewisse bestehende **Infrastrukturen** werden nicht mehr oder zumindest nicht mehr im aktuellen Umfang benötigt und könnten **umgenutzt** werden (z.B. Zielparkplätze). Die Frage von Umnutzungen könnte sich aber auch in grösserem Umfang zwischen den Verkehrsträgern stellen: Könnten Schienentrassen auf Strecken mit geringem Verkehrsaufkommen zu Fahrwegen für vollautomatisierte Fahrzeuge umgenutzt werden?

Im Schienenverkehr stellen sich grundsätzlich die gleichen Herausforderungen. Mit der ETCS-Einführung sind Erfahrungen gemacht worden, wie international koordiniert neue Standards in der Zugsbeeinflussung geplant und umgesetzt werden können. Die nächste Generation von Zugbeeinflussungssystemen ist mit NGTC (Next-Generation Train Control) bereits in Entwicklung.

Aus den beschriebenen Entwicklungen resultieren für den Regulator sowohl bei der Infrastrukturplanung als auch bei der konkreten Umsetzung von Infrastrukturvorhaben grosse Herausforderungen.

6.5.1 Infrastrukturplanung

Bei der Infrastrukturplanung resultieren die Herausforderungen im Kern aus einem derzeit noch nicht gelösten Dilemma:

- Die **Langlebigkeit der Verkehrsinfrastruktur** bewirkt, dass die aktuell geplante und anschliessend umgesetzte Infrastruktur über den Zeithorizont hinaus in Betrieb sein wird, für welchen sich mit dem Einsatz von vollautomatisierten und schliesslich vollautomatisierten Fahrzeugen eine grundlegende Veränderung in der Verkehrsabwicklung abzeichnet. In einer solchen Situation empfiehlt sich gemäss «Lehrbuch», dass man

¹⁸⁰ Für einen Überblick über die Digitalisierung bei Fahrzeugen und Infrastruktur sowie deren Auswirkungen vgl. z.B. Rees (2018), Abschnitt 4.2

«frühzeitig einen Zielzustand des Automatisierungsgrads festlegt, um Fehlinvestitionen zu vermeiden».¹⁸¹

- Die Festlegung eines Zielzustandes ist aktuell nicht möglich, weil noch **nicht klar** ist, wie der **Verkehr der Zukunft aussehen** wird:
 - Ist bspw. im Schienenverkehr dank den Möglichkeiten der Digitalisierung von einer evolutionären Weiterentwicklung des bestehenden Systems (z.B. immer stärkerer Einsatz von digitalen Stellwerken, aber Verkehrssteuerung nach wie vor über Betriebszentralen) auszugehen, oder soll von einem zukünftigen Zustand ausgegangen werden, bei welchem sich intelligente autonome Schienenfahrzeuge ihren Weg selber suchen, über die Kommunikation mit der Infrastruktur eigenständig Weichen und Bahnübergänge schalten und mittels ausgefeilter Sensorik und Kommunikation zwischen den Fahrzeugen (C2C) Kollisionen vermeiden. Heute ist offen, ob sich im Schienenverkehr langfristig hochautomatisiert oder komplett autonom durchsetzt.¹⁸²
 - Im Strassenverkehr konkurrieren ebenfalls zwei unterschiedliche Ansätze bzw. Strategien für die Entwicklung in Richtung Verkehr der Zukunft. Die Strategie «**Something everywhere**», die von den Fahrzeugherstellern verfolgt wird, geht von einer schrittweisen Entwicklung entlang der Automatisierungslevels der Fahrzeuge aus. Einzelne Teile der Verkehrsinfrastruktur können Vorreiterfunktionen in der Umsetzung übernehmen (z.B. vollautomatisiertes Fahren vorerst nur auf Autobahnen). Anders sieht die Strategie «**Everything somewhere**» aus. Hier wird für definierte Gebiete (z.B. Innenstadt, Flughafen, Einkaufsmeile) möglichst rasch ein Einsatz von Fahrzeugen mit Automatisierungsgraden 4 oder 5 angestrebt (Kleinbusse, Robo-Taxis). Entsprechend resultieren bei diesem Ansatz unterschiedliche Pfade für die Entwicklung von der menschengesteuerten zur vollautomatisierten bzw. autonomen Mobilität.¹⁸³

Trotz dieser Unsicherheiten wird sich die künftige Verkehrsinfrastrukturplanung mit folgenden Fragen auseinandersetzen müssen:

- Will bzw. soll die Schweiz eine **Vorwärtsstrategie** fahren, um möglichst frühzeitig eigene Erfahrungen im Umgang mit dem Verkehr der Zukunft zu sammeln (z.B. über die Lancierung von grösseren Pilotversuchen in urbanen Gebieten oder über die Einrichtung von Teststrecken auf Autobahnen oder Bahnstrecken)? Oder ist es sinnvoller, in dieser Frage die **internationalen Entwicklungen abzuwarten** und von diesen zu lernen?

Die Frage wird verkehrsträgerspezifisch zu beantworten sein, weil die weiteren Automatisierungsschritte auf Strasse und Schiene nicht notwendigerweise im zeitlichen Gleichschritt erfolgen werden. Wie in Abschnitt 6.4.2 erwähnt, eignet sich der Schienenverkehr wegen der Schienenführung grundsätzlich besser für Automatisierungen als der Strassenverkehr. Im Zeitverlauf haben sich aber in Europa eine Vielzahl von unterschiedlichen Regelwerken, Signal-, Sicherungs- und Bahnstromsystemen entwickelt, was standardisierte Automatisierungslösungen erschwert. Trotz der technisch günstigeren Ausgangslage ist bspw. für den Güterverkehr gut denkbar, dass der Strassengüterverkehr im Zeitverlauf früher Effizienzvorteile aus Automatisierungsschritten erzielen wird. Kommt hinzu, dass die Einsparpotenziale bei den Betriebskosten beim Strassengüterverkehr höher sind als beim Schienengüterverkehr, weil aktuell die Chauffeurkosten viel stärker ins Gewicht fallen als die Kosten für die Zugführer.¹⁸⁴ Wenn beim Verkehr der Zukunft Modal-Split-Fragen immer noch eine wichtige Rolle spielen (wenn der Strassenverkehr der Zukunft massgeblich elektrisch ist, ergibt sich eine andere Ausgangslage als heute), sind solche unterschiedlichen Geschwindigkeiten in der Automatisierung verkehrspolitisch bedeutsam.

¹⁸¹ Stark (2019), S. 21

¹⁸² Rees (2018), S. 184

¹⁸³ Vgl. dazu bspw. ITF and CPB (2015a), Kapitel 2

¹⁸⁴ Skopek (2019), S. 58

- Welcher «gesicherte» Wissensstand über die Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft muss erreicht sein, damit dessen Effizienzpotenziale und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die benötigten Kapazitäten in den **Infrastrukturplanungsprozessen** für Strasse und Schiene berücksichtigt werden können bzw. müssen? Bisher ist dieser Planungsprozess auf den Infrastrukturausbau ausgerichtet. In (ferner) Zukunft werden möglicherweise auch Infrastrukturrückbauten bzw. -umnutzungen ein Thema werden.

Für die Beantwortung dieser Frage müsste klar sein, wie mit dem noch längerfristig vorhandenen Mischverkehr umgegangen werden wird, also dem Einsatz von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsstufen auf der gleichen Verkehrsinfrastruktur. Je nach Regulierung (vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 6.6 unten) fallen die Kapazitätsgewinne aus einer effizienteren Nutzung der Infrastruktur sehr unterschiedlich aus: Sie sind viel höher, wenn die Infrastruktur ausschliesslich von Fahrzeugen benutzt werden darf, die über einen im Regulativ festzulegenden Automatisierungsgrad verfügen müssen.

- Auf dem Verkehrsmarkt werden **neue Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen** (u.a. auch mit vollautomatisierten **Kleinstfahrzeugen** wie Lieferroboter) auftreten. Sie werden Ansprüche an die Verkehrsinfrastruktur haben (bspw. spezielle Fahrspuren für Premium-Angebote, Ein- / Aussteigestellen im Personenverkehr oder Pick-Up-Punkte im Güterverkehr). Es wird sich die Frage stellen, ab wann und wie diese neuen Akteure in den Infrastrukturplanungsprozess eingebunden werden.

In der Schweiz erfolgt die Planung des Infrastrukturausbaus für den Landverkehr auf Bundesebene massgeblich über «Strategische Entwicklungsprogramme (STEP)». Mit den Realisierungshorizonten 2030 und 2040 bei der Strasse und dem Ausbauschnitt 2035 bei der Schiene mit seinen klar definierten Infrastrukturprojekten muss über Zeitpunkte und insbesondere über Zeiträume nach Realisierung der Vorhaben diskutiert werden, für welche aus heutiger Sicht noch Unsicherheiten bestehen, wie sich die zunehmende Automatisierung im Landverkehr auf den Infrastrukturbedarf auswirken wird. Mit der eingetragenen langfristigen Optik bei der Infrastrukturplanung, v.a. aber mit der rollenden Planung mit den periodischen Ausbauschnitten besteht eine gewisse Flexibilität, auf technologische sowie wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklungen reagieren zu können. Angesichts der heute herrschenden Uneinigkeit bzw. Unsicherheit bezüglich der Ausgestaltung des automatisierten Verkehrs der Zukunft kann aber auch bei diesem Vorgehen nicht ausgeschlossen werden, dass der Bedarf für einzelne Ausbauten dereinst anders als heute eingestuft werden wird. Die Herausforderung sollte aber auch nicht überbewertet werden: Entscheidungssituationen unter Unsicherheit bezüglich der langfristigen Entwicklung hat es auch in der Vergangenheit immer wieder gegeben, und das inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs. Und schliesslich werden auch viele Verkehrsinfrastrukturen «nicht für die Ewigkeit» gebaut, in der langen Sicht bleiben Rückbauten oder Umnutzungen möglich.

6.5.2 Bau, Ausrüstung und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur

Wie eingangs erwähnt, verliert die **Signalisation** entlang der Infrastruktur an Bedeutung. Verkehrssysteme mit vollautomatisierten Fahrzeugen brauchen grundsätzlich keine Signalisation mehr. Irgendwann wird es eine Vorstellung für den Umgang mit dieser Änderung im Zeitverlauf brauchen. Wiederum wird mitentscheidend sein, ob als Strategie «**Something everywhere**» oder «**Everything somewhere**» verfolgt wird.

Der Verkehr der Zukunft ist letztlich durch die fortschreitende Digitalisierung getrieben. Aus diesem Grund gewinnen **IT- und Kommunikationseinrichtungen** gegenüber «Beton» im Infrastrukturbereich an Bedeutung, dies insbesondere für die C2I-, aber auch für die C2C-Kommunikation.¹⁸⁵ Diese Verschiebung der Gewichte kann Rückwirkungen auf die Rolle des Staates im Infrastrukturbereich haben: Ein zentrales Merkmal des IT- und Kommunikationsbereichs sind rasante technologische Weiterentwicklungen im Zeitverlauf. Zum Nutzen des Mobilitätsbereichs müssten diese Weiterentwicklungen rasch «bei den Nutznießenden» ankommen. Die möglichst rasche Umsetzung von technologischen Entwicklungen ist typischerweise eine Stärke des privaten und nicht des öffentlichen Sektors. Es ist

¹⁸⁵ BMVI (2015), S. 4, 6 und 14, 15

deshalb gut denkbar, dass der Staat dereinst nur noch für die «Hardware» zuständig ist, Private aber für die Nutzung dieser Hardware.¹⁸⁶ Auch für die Ausrüstung, also für die Hardware, sind neue Lösungen denkbar, z.B. Franchising-Systeme oder Public-Private-Partnership-Modelle.

Wenn der Verkehr der Zukunft massgeblich elektrisch ist (vgl. dazu Abschnitt 6.4.1), wird das Verkehrssystem Teil des noch umfassenderen Energiemarktes. Akteure aus dem **Energiemarkt** (v.a. Energieversorgungsunternehmen) werden an Bedeutung gewinnen. Sie könnten im Infrastrukturbereich ebenfalls Aufgaben übernehmen (vgl. dazu Abschnitt 6.11.4).

Die Digitalisierungs- und Ausrüstungsfrage stellt für den Strassen- und für den **Schieneverkehr**. Auf den ersten Blick scheint die Herausforderung für die Schiene kleiner, weil mit der Einführung des Zugbeeinflussungsstandards ETCS der Stufe 3 und weiteren von der Digitalisierung getriebenen Umsetzungen bereits Erfahrungen damit gemacht worden sind, wie bisher von der Infrastruktur wahrgenommene Aufgaben in die Fahrzeuge verlagert worden sind.¹⁸⁷ Dem ist aber nicht so, weil das europäische Schienensystem wie weiter oben schon erwähnt seit je her von einer hohen Zahl an unterschiedlichen nationalen Lösungen geprägt ist und das auch in technischen Systemen wie der Signalisation und Zug-sicherung.¹⁸⁸ Hier werden insbesondere noch viele Interoperabilitätsproblem zu lösen sein. Eine weitere Einschränkung stellt die fehlende «Internetfähigkeit des Schienenverkehrs» dar. Der Datenaustausch erfolgt noch massgeblich über Kabel.¹⁸⁹ Aus verkehrspolitischer Sicht wird sich die Frage stellen, ob diesen unterschiedlichen Geschwindigkeiten in der Digitalisierung mit regulatorischen bzw. Fördermassnahmen entgegengewirkt werden soll und kann.

6.6 Regulierungsfeld Mobilitätsangebote

Während es im Regulierungsfeld «Organisationen und Institutionen» (vgl. Abschnitt 6.3) darum ging, wer die Transportdienstleistungen zur Umsetzung solcher Angebote anbieten darf, geht es in diesem Regulierungsfeld darum, wie das Anbieten von Mobilitätsdienstleistungen reguliert wird, was seinerseits mitbestimmt, welche neuen Verkehrsformen (z.B. Robo-Taxis) und Geschäftsmodelle am Markt auftreten. Letztlich geht es um die Effekte dieser neuen Verkehrsformen und Geschäftsmodelle auf die Struktur des Mobilitätsmarkts (Anzahl und Art der Akteure, Rolle der Akteure etc.) sowie um deren Einfluss auf die Funktionsweise des Mobilitätsmarkts (Wettbewerb etc.).

Zentrale Themen aus Sicht des Regulativs sind die folgenden:

- **Wettbewerbsverhältnis zwischen dem öffentlichen Verkehr und neuen gewerbsmässigen Mobilitätsdienstleistungsangeboten von privaten Akteuren** (z.B. Anbieter Robo-Taxi-Dienstleistungen): Wie in Abschnitt 6.3 beschrieben, benötigen Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs heute für den Betrieb ihrer Angebote eine Konzession. Neue Angebote von privaten Mobilitätsdienstleistern können komplementär zu den Angeboten des ÖV sein (Zubringer zu ÖV-Knoten) und damit dessen Nutzung fördern. Sie können aber auch in Konkurrenz zu diesen stehen. Es stellt sich die Frage, wie mit solchen neuen Konkurrenzsituationen umgegangen werden soll? Es muss geregelt werden, inwiefern und wo ein solcher Wettbewerb zugelassen werden soll. Soll man ihn nicht (bzw. nur über die Erteilung von Betriebsbewilligungen, vgl. Abschnitt 6.3) zulassen oder braucht es eine Anpassung, sprich Flexibilisierung und Differenzierung des Konzessionswesens im Bereich des Wettbewerbsschutzes? Sollte sich

¹⁸⁶ Jermann (2017) macht den Vergleich zur Festnetztelefonie: Das Netz ist noch in den Händen der Nachfolgeunternehmen der einstigen Telefonverwaltungen, Telefonieren / Nutzen ist mit verschiedenen Anbietern möglich.

¹⁸⁷ Einen umfassenden Überblick enthält bspw. Rees (2018), Abschnitte 4.2 «Digitalisierung bei Fahrzeugen und Infrastruktur» und 4.3 «Digitale Steuerung».

¹⁸⁸ Vgl. z.B. Skopek (2019), S. 56 f.

¹⁸⁹ Rees (2018), S. 143 f.

dieser bspw. auf den Regional- und Ortsverkehr beschränken, weil der Fernverkehr ohnehin ein Wettbewerbsverkehr ist und auch in einer automatisierten Verkehrswelt seine Stärken wie Geschwindigkeit, Komfort und Kapazitäten ausspielen kann? Müssen zur allfälligen Vergabe von Gebiets- oder Streckenkonzessionen spezifische Auktionsverfahren entwickelt werden?¹⁹⁰

- **Integration in das Bestellwesen:** Eng mit der vorangehenden Frage verbunden ist jene, wie das Bestellwesen künftig aussehen soll. TU erbringen heute von der öffentlichen Hand bestellte, nicht-wirtschaftliche Leistungen im Sinne der Grundversorgung und erhalten dafür von den Bestellern Abgeltungen. Automatisierte Fahrzeuge schaffen neue Möglichkeiten für Mobilitätsangebote. Es stellt sich die Frage, inwiefern die staatliche Bestellung solcher Angebote noch notwendig ist bzw. angepasst werden muss. Aus heutiger Sicht ist schwer vorstellbar, dass der Markt sämtliche Angebote bereitstellen wird, die politisch gewünscht sind. Es könnte aber sein, dass vollautomatisierte Fahrzeuge neue und kostengünstigere Erschliessungen von Gebieten ermöglichen, und das allenfalls zu Lasten des klassischen ÖV (bspw. durch Umnutzung von Schieneninfrastrukturen abseits der Hauptverkehrsachsen). Das Bestellwesen wird sich auf solche neuen Situationen ausrichten müssen.
- **Voraussetzungen für multimodale Angebote:** Ein bereits jetzt sehr aktuelles Thema sind Mobilitätsplattformen, über welche neue Mobilitätsangebote vermittelt und verkauft werden. Es gibt verschiedene Formen von Plattformen. Diese sind das Umsetzungsinstrument sowohl für unimodale kollektive Angebote, aber auch für multimodale integrierte Angebote. Die Digitalisierung ist der «Ermöglicher» und damit der Treiber, dass viele der neuen Mobilitätsangebote multimodal sein werden. Damit sich diese Angebote entwickeln können, müssen die nötigen Voraussetzungen gegeben sein. Es braucht einerseits Zugang zu den relevanten Daten zur Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmodi (siehe Regulierungsfeld «Daten») und andererseits offene Vertriebssysteme, damit neue Anbieter ihre Angebote in Mobilitätsketten integrieren können.¹⁹¹

Die Öffnung von Vertrieb und Datenzugang ist aus regulatorischer Sicht kein einfaches Unterfangen. Es stellt sich die Frage, um welche Daten es geht und inwiefern staatliches Handeln oder gar ein Zwang zur Öffnung von Datenzugang und Vertrieb nötig sind. Insbesondere würde ein Zwang für nicht-öffentliche kommerzielle Akteure möglicherweise einen Eingriff in die Wirtschaftsfreiheit bedeuten, was seinerseits neue Geschäftsmodelle verhindern könnte, weil diese im Zeitalter der Digitalisierung massgeblich auf der Nutzung von Daten aufbauen. Solche Eingriffe müssten sich mit Argumenten aus der Regulierungstheorie rechtfertigen lassen (vgl. Abschnitt 6.1 zu Beginn dieses Kapitels).¹⁹²

- **Neue Monopolsituationen im Verkehrsbereich durch Plattformen:** Plattformen weisen häufig grosse Skalen- und Netzwerkeffekte auf.¹⁹³ Hauptwirkung dieser Effekte: Je grösser das Angebot auf einer Plattform, desto mehr Nutzerinnen und Nutzer zieht diese an, was seinerseits die Plattform für die Anbieterseite attraktiver macht. Dadurch kann eine Plattform schnell an Bedeutung gewinnen und einen Markt dominieren. Aus diesem Grund gibt es in Plattformmärkten eine Monopoltendenz bzw. häufig eine starke Konzentration.¹⁹⁴ Dies zeigen auch die Beispiele von Airbnb oder booking.com¹⁹⁵ etc. Das heisst aber nicht zwingend, dass ein regulatorischer Eingriff nötig ist. Die Anreize Innovation zu betreiben und nach Marktmacht zu streben sollten erhalten bleiben. Da die Fixkosten für die Entwicklung von Online-Plattformen nicht überaus hoch sind, sind es auch die Markteintrittshürden nicht. Etablierte Plattformen können damit bei fairen Wettbewerbsbedingungen grundsätzlich auch von neuen Anbietern verdrängt werden.

¹⁹⁰ Einen aktuellen Überblick über Verfahren beim Zugang zu geschlossenen Märkten enthält Abegg et al. (2019).

¹⁹¹ Auf die datenseitigen Voraussetzungen für die Förderung von multimodalen Mobilitätsdienstleistungen geht ein spezifisches Einzelprojekt ausführlich ein (vgl. Ecoplan, 2019).

¹⁹² Abklärungen dazu sind in Massnahmenplänen des UVEK vorgesehen (Massnahme MV-2, UVEK (2018a), S. 45).

¹⁹³ OECD (2019), S. 22 ff.

¹⁹⁴ Deloitte und ZHAW (2016), S 8

¹⁹⁵ Hasselwander M. (2019)

Ein Eingriff ist nur dann sinnvoll, wenn tatsächlich erhebliche Markteintrittshürden entstehen und diese auch im Zeitverlauf bestehen bleiben (z.B. durch eingeschränkten Datenzugang für neu in den Markt eintretende Plattformen).

- **Regulatorische Einordnung von Plattformen und Regulierungsspielraum:** Plattform ist nicht gleich Plattform. Gewisse Plattformen sind reine Vermittler, andere erbringen selbst Leistungen. Eine «universelle» Plattformregulierung ist daher schwierig. Das Regulativ muss daher flexibel auf verschiedenen Typen von Plattformen anwendbar sein.

Plattformen sind oft international tätig. Bevor man sie regulieren kann, muss eine Grundlage für den Regulierungszugriff gelegt werden. Das ist beispielsweise über eine Niederlassungspflicht des Plattformbetreibers denkbar.

Auf Bundesebene ist die Diskussion um den regulatorischen Umgang mit (multimodalen) Mobilitätsvermittlern bzw. -plattformen mit der Eröffnung eines Vernehmlassungsverfahrens zu Anpassungen im Personenbeförderungsgesetz im Dezember 2018 lanciert worden. Im Vordergrund steht die Ermöglichung des Zugangs zum ÖV-Ticketvertrieb für Dritte (z.B. Mobilitätsvermittler). Die zentralen Stossrichtungen:¹⁹⁶

- Die Grundsätze des Zugangs zum ÖV-Ticketvertrieb werden auf Gesetzesstufe im Personenbeförderungsgesetz reguliert.
- Wer multimodalen Mobilitätsdienstleistungen die einen ÖV-Teil beinhalten vermitteln will, muss den Sitz oder eine Niederlassung in der Schweiz haben und sich bei der RailCom registrieren lassen.
- Die Vermittler von Mobilitätsdienstleistungen sind in ihrer Preisgestaltung frei.
- Der Bund will auch weitere Rahmenbedingungen so setzen, dass die Entwicklung von multimodalen Mobilitätsdienstleistungen gefördert wird (insbesondere über den Zugang zu den nötigen Daten).

6.7 Regulierungsfeld Verkehrsorganisation und -ablauf

In diesem Regulierungsfeld geht es um die Bestimmungen, die den Fahrzeugeinsatz und -betrieb regeln.¹⁹⁷

Strassenverkehr

Die Verkehrsorganisation und -abwicklung wird massgeblich durch

- die Verkehrsplanung
- das Verkehrsmanagement und
- die konkreten von den Verkehrsteilnehmenden einzuhaltenden Verkehrsregeln

bestimmt. Aus den mit dem Verkehr der Zukunft verbundenen grundsätzlichen Veränderungen resultieren für diesen Teil des Regulativs grosse Herausforderungen:

- Mit dem Verkehr der Zukunft tauchen **neue Verkehrsmittel und Mobilitätsdienstleistungen** auf, die in die Verkehrsorganisation und den Verkehrsablauf integriert werden müssen. Dazu gehören u.a. auch verschiedenste Arten von vollautomatisierten Kleinstfahrzeugen wie etwa Lieferroboter, automatisiert fahrende Abfallbehälter, Rollstühle mit automatisierten Fahrfunktionen oder digitale Blindenhunde.¹⁹⁸ Die Konkurrenz um den knappen Strassenraum wird zunehmen, und hier insbesondere auch auf der «Letzten Meile», wo auch Shared-Mobility-Konzepte aufgrund ihrer Eignung für die Feinerschliessung ansetzen werden.¹⁹⁹ Es werden sich neue Sicherheits-, aber auch Akzep-

¹⁹⁶ UVEK (2018b), S. 12

¹⁹⁷ Im Sinn von «Use of the vehicle» und «Operation of the vehicle», vgl. NTC Australia (2016a)

¹⁹⁸ Eine weitergehende Diskussion zur Frage der Integration von autonomen Kleinstfahrzeugen das Verkehrssystem und den Verkehrsablauf enthält bspw. Wille et al. (2019).

¹⁹⁹ Voegelé (2019), S. 82 f.

tanzfragen stellen. Letztere können beispielsweise bei weitergehenden Angebotsdifferenzierungen (z.B. Premium-Angebote mit deutlich kürzeren Fahrzeiten als Standard-Angebote dank exklusiven Fahrspuren, Zeitslots, etc.) durch private Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen relevant werden.²⁰⁰ Für die Konfliktlösung wird es eine konkrete Vorstellung über Funktionsteilung im Strassenraum brauchen (welche Fahrzeuge wann wo unterwegs sein dürfen).²⁰¹

- Die heute geltenden Verkehrsregeln gehen alle davon aus, dass die verkehrenden Verkehrsmittel **von einem Menschen gesteuert** werden. Bereits mit den laufenden Automatisierungsschritten ergibt sich ein laufender Anpassungsbedarf, weil bisher vom Menschen wahrgenommene Funktionen an das Fahrzeug ausgelagert werden und die technologischen Systeme der Fahrzeuge diese Funktionen anders wahrnehmen können als bisher der Mensch. Auch die veränderten Aufgaben der Fahrzeuglenkenden spielen regulatorisch eine Rolle. Was ist bspw. in hochautomatisierten Güterverkehrsfahrzeugen noch Lenkzeit und was ist Arbeits- oder sogar Ruhezeit? In einer hochautomatisierten Welt muss das Verständnis von Fahrzeuglenker neu definiert und im Verkehrsregulativ festgehalten werden.²⁰²

Bei vollautomatisierten Fahrzeugen wird der Anpassungsbedarf grundlegender Art. Die Einhaltung von Verkehrsregeln kann nicht mehr von den Fahrzeuglenkenden eingefordert und bei Nichteinhaltung bestraft werden, sondern muss auf Steuerungssysteme bzw. auf die Betreiber solcher Steuerungssysteme übertragen werden. Das wird zu einer völlig anderen Situation bei der Sanktionierung von Zuwiderhandlungen gegen Verkehrsregeln führen, weil nicht mehr einzelne Personen für ein einzelnes Vergehen zur Rechenschaft gezogen werden, sondern Betreiber von Flotten. Die Frage, was eine verhältnismässige Busse für ein Fehlverhalten ist, wird anders als heute zu beantworten sein.

- Mit der Annäherung von Individual- und öffentlichem Verkehr sowie der Entwicklung von multimodalen Mobilitätsdienstleistungen stellt sich die Frage von **Ein- / Ausstiegstellen** (Einstieg in / Ausstieg aus vollautomatisierten Fahrzeugen nur in festgelegten Zonen oder überall, wo kein Halteverbot besteht?) und **Umsteigepunkten** neu bzw. gewinnt sie stark an Bedeutung. Die zentralen Knotenpunkte des Verkehrs der Zukunft werden noch viel stärker als heute «multimodale Hubs» sein.
- Aus dem hohen und weiterwachsenden Digitalisierungsgrad der technischen Systeme innerhalb der Fahrzeuge, aber auch der Verkehrsinfrastruktur resultieren riesige Datenmengen, die nicht nur zur Verkehrsplanung und zum Verkehrsmanagement, sondern auch zur Verkehrsregulierung verwendet werden kann. Unter dem Stichwort «**Data Led Regulation**» ergeben sich völlig neue Möglichkeiten, Verkehrsregeln umzusetzen und deren Einhaltung zu überwachen.²⁰³ Das kann sich sowohl auf das Fahrzeug (bspw. über Sensoren, die den zulässigen Fahrzeugzustand überwachen, was auch periodische Fahrzeuginspektionen überflüssig machen könnte) als auch – solange es sie noch gibt – auf die Fahrzeugführenden (bspw. über Sensoren, die Fahrermüdigkeit erkennen) beziehen. Der Fokus der Regulierung würde sich ändern: vom aktuellen «ex-post criminal enforcement» in Richtung eines «ex-ante product safety approach».²⁰⁴ Ein Wechsel, der sich spätestens beim Einsatz von vollautomatisierten Fahrzeugen ohnehin aufdrängen wird.

Im Fall von «Data Led Regulation» stellen sich Datenschutzfragen in einer neuen Dimension: Mit dem Einbau moderner Assistenzsysteme wird grundsätzlich die Möglichkeit geschaffen werden, jederzeit jedes beliebige Fahrzeug und die Lenkerin bzw. den Fahrgast zu überwachen. Die Überwachung könnte auch permanent erfolgen, das System würde also jedes Fehlverhalten registrieren. Die Reaktionen auf die Absicht der EU-Kommission und des EU-Parlaments, ab 2022 den Einbau von rund 30 neuen Fahrerassistenzsystemen gesetzlich zu verlangen (vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt

²⁰⁰ Jermann (2017)

²⁰¹ Vgl. dazu bspw. Altenburg et al. (2018), S. 26

²⁰² Vgl. dazu bspw. die umfassende Diskussion in Australien wiedergeben in NTC (2016a).

²⁰³ Für eine ausführliche Diskussion der Möglichkeiten und Gefahren von Data Led Regulation vgl. z.B. ITF / CPB (2017)

²⁰⁴ Voegelé (2019), S. 97

6.4.2), zeigt die gesellschaftliche Relevanz solcher Sicherheits- bzw. Überwachungssysteme. Gesellschaft und Politik werden gefordert sein, beim «Enforcement» Augenmass zu behalten. Längst nicht alles was technisch möglich sein wird, ist gesellschaftspolitisch auch erwünscht.

Auch Datensicherheitsfragen würden im Fall von «Data Led Regulation» weiter an Bedeutung gewinnen, da vollautomatisierte Fahrzeuge (Automatisierungsstufe 5) höchste Anforderungen an die Qualität und Verfügbarkeit von Daten stellen, viel höhere als automatisierte Fahrzeuge (Automatisierungsstufen bis und mit 4), bei welchen der Mensch noch Steuerungs- und Überwachungsfunktionen übernimmt.²⁰⁵

Für die **Verkehrsplanung** wird es darum gehen, für die optimale Gestaltung und möglichst effiziente Nutzung des Verkehrssystems die neuen Verkehrsformen und -mittel «mitzudenken», sobald ein gewisser gesicherter Wissensstand über deren Entwicklung und Einsatz vorliegt. In der Literatur finden sich Ansätze, wie ausgehend von grundlegenden Prinzipien die Verkehrs(raum)gestaltung und – organisation in einer Welt mit vollautomatisierten Fahrzeugen aussehen könnte.²⁰⁶ Eine zentrale Herausforderung ist dabei der **Umgang mit Mischverkehr**, also die gleichzeitige Benutzung der Verkehrsinfrastruktur durch automatisierte und vollautomatisierte Fahrzeuge. Soll dieses Nebeneinander möglichst vermieden oder möglichst effizient geregelt werden? Aus Effizienzsicht müssten auf stark ausgelasteten Verkehrsinfrastrukturen (v.a. Autobahnen zwischen den grossen Zentren und Strassen in Agglomerationen) Mischverkehre von Fahrzeugen mit grossen Unterschieden beim Automatisierungsgrad möglichst vermieden werden, weil Mischverkehre nur eine weniger effiziente Nutzung der Infrastruktur zulassen. Es resultiert ein negativer Kapazitätseffekt, ohne Mischverkehr liesse sich ein grösseres Verkehrsvolumen abwickeln. Über Regulierungen zur Nutzung der Verkehrsinfrastruktur kann auf die Mischverkehrsproblematik eingewirkt werden.

Im **Verkehrsmanagement** eröffnen sich dank immer mehr verfügbaren Real-Time-Daten, der intelligenten Vernetzung von Strassenschildern, Signalanlagen und Telematikeinrichtungen und den weitergehenden Kommunikationsmöglichkeiten mit Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur völlig neue Möglichkeiten der proaktiven Verkehrsbeeinflussung und -steuerung. Denkbar ist bspw. auch, dass im Strassengüterverkehr dereinst wie heute im Luftverkehr für die Infrastrukturnutzung ein Zeitslot-Management-System eingeführt wird.²⁰⁷

Es stellt sich die Frage, wie das Verkehrsmanagement der Zukunft am besten organisiert wird und wer dabei welche Rolle übernimmt. Dabei geht es nicht nur um die Frage der staatlichen Ebenen (Bund, Kanton, Gemeinden), sondern auch um die Aufgabenverteilung zwischen öffentlichen und privaten Akteuren (vgl. dazu auch die Ausführungen oben in Abschnitt 6.5.2), werden doch insbesondere auch letztere über umfangreiche «verkehrsmanagement-relevante» Daten verfügen. Der Aufbau und die gemeinsame Nutzung von Daten-Plattformen für Verkehrsmanagementzwecke wird an Bedeutung gewinnen.²⁰⁸ Wenn dereinst vollautomatisierte bzw. autonome, untereinander kommunizierende und mit künstlicher Intelligenz ausgestattete Fahrzeuge unterwegs sind, wird zu klären sein, welche Funktionen des Verkehrsmanagements überhaupt noch wahrgenommen werden müssen.²⁰⁹

Die Ausführungen oben machen deutlich, dass die **Ausgestaltung der künftigen Verkehrsregeln** – neben der Fahrzeugzulassung – massgeblich darüber entscheiden wird, ob

²⁰⁵ Ausführlich dazu UVEK (2018c)

²⁰⁶ So wird bspw. in NACTO (2017) aufgezeigt, wie der Verkehr der Zukunft in einem urbanen Umfeld künftig gestaltet werden könnte, welche Prinzipien dabei zu beachten wären und wie der Transitionspfad vom Heute zum Morgen und Übermorgen aussehen könnte.

²⁰⁷ ITF / CPB (2017), S. 21

²⁰⁸ Für die Bedeutung von «Third Party Data Platforms» vgl. z.B. NACTO (2017), Kapitel 2

²⁰⁹ Gemäss Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe «Künstliche Intelligenz» an den Bundesrat sollen von den zuständigen Verkehrsämtern Abklärungen für eine allfällige Pilotanwendung (Künstliche Intelligenz in den Betriebszentralen / im Verkehrsmanagement) durchgeführt werden (vgl. SBF1 (2019), S. 74).

und wie rasch sich vollautomatisierte Fahrzeuge in der realen Welt etablieren werden und welches die Auswirkungen ihres Einsatzes sind. Wichtige Hebel in diesem Kontext sind bspw.:

- **Regeln bezüglich der Nutzung der Verkehrsinfrastruktur:** Wo dürfen welche Fahrzeuge verkehren, wo dürfen sie anhalten und wo abgestellt werden? Letzteres gilt insbesondere auch für die Diskussion um den Umgang mit Kleinstfahrzeugen.
- **Tempolimiten:** Im Moment ist noch offen, wie für die in Abschnitt 6.4.2 beschriebene Dilemma-Situation eine Lösung gefunden werden kann und darauf basierend die aktuell sehr tiefen Tempolimiten von vollautomatisierten Fahrzeugen (10 km/h) erhöht werden können. Ohne substantielle Erhöhung²¹⁰ würde die Konkurrenzfähigkeit vollautomatisierter Fahrzeuge massiv sinken. Das gilt weniger in einem urbanen Kontext mit ohnehin tiefen Geschwindigkeiten, sondern in erster Linie im Überlandverkehr, wo insbesondere der öffentliche Fernverkehr mit hohen Reisegeschwindigkeiten auftrumpfen kann.
- **Harmonisierte Geschwindigkeiten** zwischen Güter- und Personenverkehr sind ein relevanter Hebel zur effizienteren Nutzung vorhandener Infrastrukturen. Im städtischen Raum kommt harmonisierten Geschwindigkeiten mit Blick auf die hohen Verkehrsanteile des Langsamverkehrs besondere Bedeutung zu. Bei engen Strassenverhältnissen und damit beschränkten Möglichkeiten der Verkehrstrennung können harmonisierte und tiefe Geschwindigkeiten (25 – 30 km/h) die Kapazität und die Sicherheit im Strassenverkehr erhöhen.²¹¹
- **Beeinflussung des Besetzungsgrades von vollautomatisierten Fahrzeugen:** Die Analyse der Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft hat gezeigt, dass es für das Verkehrsaufkommen und damit für den Infrastruktur- und Flächenbedarf des Verkehrs entscheidend sein wird, ob vollautomatisierte Fahrzeuge als Individualverkehrsmittel eingesetzt oder kollektiv genutzt werden. Für eine effizientere Nutzung der knappen Verkehrsinfrastruktur spielen entsprechend Verkehrsregeln eine Rolle, die den Besetzungsgrad der Fahrzeuge erhöhen (vgl. Abschnitt 7.4.1). Ohne solche Regeln kann substantieller Mehrverkehr nicht ausgeschlossen werden.²¹²

Schienerverkehr

Der Schienenverkehr hat in der Vergangenheit schon viel Erfahrungen mit zunehmender Automatisierung gemacht, z.B. im Zuge der Entwicklung und Umsetzung des einheitlichen europäischen Zugsführungs- und -sicherungssystem ERTMS/ETCS in mehreren Stufen. Aus Abschnitt 6.4.2 oben ist klar geworden, dass es im schienengebundenen Verkehr bereits fahrerlose Zugsysteme gibt.

Dennoch sind die regulatorischen Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft auch in der Verkehrsplanung und -abwicklung im Schienenverkehr gross:

- Automatisierte Züge fahren bisher nur in geschlossenen Systemen, in denen keine noch von Lokführern gesteuerte Züge verkehren.²¹³ Erfahrungen mit **Mischverkehr** gibt es nicht. Es gibt aber Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die bspw. die Rahmenbedingungen für vollautomatisierte bzw. autonom fahrende Strassenbahnen untersuchen.²¹⁴
- Heute wird die Schienenverkehrsinfrastrukturnutzung über die Vergabe von Trassen gesteuert. Die Digitalisierung hat im Zeitverlauf zahlreiche Verbesserungen und Effizienzsteigerungen ermöglicht. So soll es zukünftig bei der Deutschen Bahn bspw. möglich sein, Gelegenheitstrassen (nicht in fixe Fahrpläne eingebundene Trassen) mittels

²¹⁰ In seiner Strategie zum automatisierten und vernetzten Fahren strebt das deutsche Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur bspw. ein Tempolimit von 130 km/h auf internationaler Ebene an (vgl. BMVI (Hrsg.) (2015), S. 16).

²¹¹ Für eine ausführliche Diskussion dieser Thematik vgl. das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft» (Transitec et al., 2020)

²¹² Vgl. dazu Hörl et al. (2018)

²¹³ NTC (2016a), S. 52

²¹⁴ Z.B. das Projekt «Autonome Strassenbahn im Depot (AStrid)», vgl. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/astrid.html>, besucht am 14. November 2019

«Click & Rail» in wenigen Minuten zu buchen.²¹⁵ Von dieser neuen Möglichkeit ist es aber noch ein langer Weg bis zum weiter oben in Abschnitt 6.5.1 beschriebenen System, wo sich Schienenfahrzeuge ihren Weg durch das Schienennetz selber suchen und dank sehr enger Zugfolgezeiten auf einen Taktfahrplan verzichtet werden kann, und dies zu Gunsten regelmässig zirkulierender Waggons / Zugseinheiten («**Railway on demand**»)²¹⁶

Wie das Regulativ eines solchen Schienenverkehrssystems der Zukunft aussehen könnte bzw. müsste, ist genauso offen wie die Frage, ob sich der Schienenverkehr überhaupt in diese Richtung entwickeln wird.

Luftverkehr

Im Luftverkehr bestehen konkrete Vorstellungen, wie sich unbemannte bzw. autonom fliegende Luftfahrzeuge in die bemannte Luftfahrt integrieren lassen:

- In Europa hat die EU-Kommission das Konzept des U-Space eingeführt. Dabei handelt es sich um eine Reihe dezentraler Dienste, die mit dem Ziel geschaffen wurden, **Drohnen** in den Luftraum zu integrieren und den Flugbetrieb mit Drohnen neben der bemannten Luftfahrt zu ermöglichen. Am 28. Februar 2019 verständigten sich die EU-Staaten auf eine Reihe von Regeln und Verfahren für den Betrieb von Drohnen. Diese Regeln werden die heute geltenden nationalen Regelwerke ersetzen und müssen von den Mitgliedstaaten und der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA) bis Mitte 2020 umgesetzt werden.²¹⁷
- In der Schweiz werden die verschiedenen erforderlichen Technologien zur Umsetzung von U-Space bereits implementiert («Swiss U-Space²¹⁸»).
- Bis **autonom fliegende Drohnen im Personentransport** verkehren werden, sind noch viele anspruchsvolle Probleme zu lösen: Wer sorgt für die technische Sicherheit? Wie kommunizieren die Drohnen mit Flugzeugen? Wie wird mit Notfällen umgegangen?
- Im Güterverkehr wird die Integration von **unbemannten Frachtflugzeugen** im Langstreckenflug in das Luftverkehrssystem sogar als technisch und organisatorisch machbar eingestuft.²¹⁹

6.8 Regulierungsfeld Pricing und Finanzierung

Die zentralen Fragestellungen dieses Regulierungsfeldes lauten:

- Wie sieht eine verursacherorientierte und anreizgerechte Preissetzung im Verkehr der Zukunft aus?
- Wie kann über diese Preissetzung eine auch im Zeitverlauf gesicherte und faire Verkehrsfinanzierung erreicht werden?

Die Herausforderungen für das Regulativ im Bereich Verkehrspricing und -finanzierung resultieren massgeblich aus vier Entwicklungen des Verkehrs der Zukunft:

- Die Analysen in Kapitel 5 haben gezeigt, dass die heutige Verkehrsfinanzierung angepasst werden muss. Je nach unterstelltem Szenario ist die absehbare **Finanzierungslücke** unterschiedlich gross. Im Zentrum dieser Anpassungen stehen:

²¹⁵ Rees (2018), S. 130

²¹⁶ Für einen kurzen Beschrieb vgl. z.B. Bettzieche (2018)

²¹⁷ BAZL, <https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/gutzuwissen/drohnen-und-flugmodelle/u-space.html>, besucht am 27. Juni 2019.

²¹⁸ U-Space is a federated set of services designed to ensure safe, secure and efficient integration of multiple manned and unmanned aircrafts in the airspace in collaboration among all involved parties.

²¹⁹ Vgl. z.B. Schultz et al. (2018) oder Meincke (2019) zur Frage der Integration von unbemannten Frachtflugzeugen in das Luftverkehrssystem bzw. in die Logistikkette.

- Im Zuge der weitergehenden Elektrifizierung des Verkehrs bzw. der weitergehenden Reduktion beim Mineralölkonsum durch den (Strassen)Verkehr wird die massgebliche Besteuerung des Verkehrs künftig über fahrleistungsabhängige Steuern und Abgaben erfolgen. Aus Finanzierungs-, aber insbesondere auch aus Fairnessgründen, wird mit zunehmender Durchdringungsrate mit Elektrofahrzeugen der Druck steigen, diese gleichermassen wie fossil betriebene Fahrzeuge, und nicht über eine pauschale Jahresabgabe, in die Verkehrsfinanzierung einzubinden. Es ergibt sich ein gewisser Widerspruch zur ökologisch motivierten Förderung der E-Mobilität.
- Klärung, ob und wie die neuen Verkehrsmittel (z.B. Kleinstfahrzeuge), die ebenfalls Strassenraum beanspruchen, in die Verkehrsfinanzierung eingebunden werden sollen und können. Wie könnten entsprechende Steuern oder Abgaben ausgestaltet sein?
- Es wird nicht nur um die Finanzierung der «Beton-Verkehrsinfrastruktur» gehen, sondern auch um die vom Verkehr der Zukunft benötigte IT- und Kommunikationsinfrastruktur.

Die Ausführungen zu «Data Led Regulation» in Abschnitt 6.6 gelten grundsätzlich auch für das Pricing im Verkehrsbereich: Die Datenproduktion durch moderne Fahrzeuge²²⁰ bietet grundsätzlich **völlig neue Möglichkeiten für differenzierte Pricingstrategien im Verkehr**. Für alle in der Vergangenheit in Zusammenhang mit Mobility Pricing vorgeschlagenen sinnvollen Differenzierungen (nach benützter Infrastruktur, nach Tageszeit, nach Gebiet, nach Emissionsverhalten) werden die benötigten Daten für eine Abgabenerhebung grundsätzlich vorliegen. Selbstredend stellt auch die Erfassung der Fahrleistung (Fzkm) keine technische Herausforderung mehr dar.

Die Möglichkeiten gehen aber noch viel weiter:²²¹

- Wegen des ständigen Datenflusses wird **Real-Time-Pricing** grundsätzlich möglich sein.²²² Die Abgabenhöhe kann auf Basis laufend aktueller Werte abgeleitet werden. Voraussagen über die wahrscheinliche Abgabenhöhe bleiben möglich.
- Es könnten **viele weitere Differenzierungen** in unterschiedliche Abgabenhöhen umgesetzt werden: Besetzungsgrad im Fahrzeug, Leerfahrten im Fall der Automatisierungsstufe 5 (Bemessungsgrundlage könnten Km oder der Anteil der Leerfahrten an der gesamten Fahrleistung sein), Merkmale der Insassen (z.B. Senior/innen, Kinder), Fahrverhalten, etc.

Die Diskussion zur Umsetzung von Mobility Pricing bzw. genereller von fahrleistungsabhängigen Pricings im Verkehrsbereich kann unter neuen Voraussetzungen geführt werden. Es wird aber nicht einfach gelten «je differenzierter, je besser». Die mit der Differenzierung verfolgten Zielsetzungen müssen eine gewisse Kohärenz aufweisen, damit sinnvolle Anreizwirkungen erhalten und für die Verkehrsteilnehmenden erkennbar bleiben.

Das wird aber auch für die Datenschutzfrage gelten, weil die aus Persönlichkeitsschutz sehr heikle Kombination von Bewegungs- und Personendaten möglich wird (vgl. dazu Abschnitt 6.10.3 unten).

²²⁰ Bereits heute befinden sich in einem PW bis zu 200 Sensoren und sind Datentransfers von mehreren Gigabyte möglich («25 gigabytes per hour» gemäss <https://drivingtowardsdriverless.com/2020/04/20/the-car-transformations-that-will-greatly-influence-driverless-vehicles/>, besucht am 28. April 2020). Die Daten fliessen bislang an die Autobauer, die zusätzliche Wertschöpfung aus der Nutzung dieser Daten anstreben werden. Eine Übersicht über die aktuell durch moderne PW produzierten Daten enthält bspw. TCS (2018), S. 28.

²²¹ Detaillierte Überblicke enthalten ITF / CPB (2017), S. 15 ff. und ITF / CPB (2016a), Kapitel 4.

²²² In Sao Paulo ist bereits 2016 ein System für ein dynamisches Pricing von Fahrten, die über einen Mobilitätsdienstleistungsvermittler bzw. über eine Verkehrs-App generiert werden, entwickelt worden (Kurzbeschreibung in ITF / CPB (2016a), S. 34).

- Im Personenverkehr ist davon auszugehen, dass private Anbieter mit **neuen Geschäftsmodellen** (vgl. dazu das Projekt E2²²³) an Bedeutung gewinnen werden, zumindest in Räumen mit hoher Mobilitätsnachfrage. Private Akteure werden gegenüber ihrer Kundschaft eine **nachfrageorientierte** und **personalisierte Preissetzung** verfolgen. Ziel ist maximale die Abschöpfung von Zahlungsbereitschaften zur Ertragsmaximierung.

Es wird sich die Frage stellen, welche Konsequenzen die heute für neue multimodale Mobilitätsdienstleister angedachte Preisgestaltungsfreiheit²²⁴ in einem Verkehrssystem mit klassischem öffentlichem Verkehr und privaten Angeboten von kollektivem Verkehr hat. Preisgestaltungsfreiheit bedeutet bspw., dass die Preissignale eines Mobility Pricing, das als Bemessungsgrundlage die Fahrleistung von Verkehrsmitteln heranzieht, nicht beim Endkunden, sondern nur beim Verkehrsdienstleistungsanbieter ankommen. Was dieser Anbieter seinen Kundinnen und Kunden für die Dienstleistung verrechnet, kann, weil nicht einer kosten-, sondern nachfrageorientierten Pricing-Logik folgend, anders aussehen und entsprechend die staatlich angestrebte Lenkungswirkung beeinträchtigen.

Eine nachfrageorientierte Pricing-Logik wäre auch aus Sicht der Mobilitätsgrundversorgung ein relevantes Thema. Aus ökonomischer Sicht ist aber klar, dass eine solche Preissetzung nur in einem Wettbewerbsumfeld, nicht aber im Fall einer bestellten Grundversorgung zugelassen werden kann.

Exkurs: Relevanz der Preisgestaltungsfreiheit

Die Tarifgestaltung im Flugverkehr illustriert, zu welchen nicht kostengetriebenen Preisfluktuationen eine nachfrageorientierte Preissetzung führen kann. Wie konsequent private Anbieter Zahlungsbereitschaften abschöpfen, zeigte sich aber auch beim Fahrdienstvermittler Uber in den USA. Bei hoher und inelastischer Nachfrage (z.B. in der Silvesternacht) sind Preisaufläge gegenüber dem Basistarif, um den Faktor 10 anzutreffen. Hohe Preisaufläge resultierten auch in Notfallsituationen (z.B. während des Wirbelsturms Sandy), weshalb für naturbedingte und vom Menschen verursachte Notsituationen ein Preisobergrenze (Faktor 3.5 gegenüber dem Basistarif) vereinbart wurde.²²⁵ Die beiden Beispiele machen deutlich, wie zentral die Preisgestaltungsfreiheit für private Akteure ist. Regulatorische Eingriffe beeinträchtigen rasch die Attraktivität einer Präsenz am Markt, weil sie die aus unternehmerischer Sicht so wichtige nachfrageorientierte Preissetzung einschränken und den Fokus auf eine kostenorientierte Bepreisung legen.

- Hinzu kommt, dass bei der Preisgestaltung gegenüber den Endkunden erhobene **Kundendaten** eine wichtige Rolle spielen werden. Vielleicht werden private kollektive Mobilitätsdienstleistungen dereinst werbefinanziert sein und gratis angeboten werden, bzw. die Endkunden «bezahlen» über die Preisgabe ihrer Personen- und Bewegungsdaten. Dies kann ebenfalls Rückwirkungen auf die vom Staat angestrebte Lenkungswirkung eines Mobility Pricing haben: Fahrten zu Spitzenzeiten werden evtl. zu einem günstigeren Tarif angeboten, weil sie länger dauern (was einer Qualitätseinbusse für den Endkunden bedeutet), dafür aber mehr Zeit für Werbung ermöglichen.

Der öffentliche Verkehr wird aus Akzeptanzgründen, und weil teilweise staatlich finanziert und im staatlichen Eigentum, im Tarifbereich weniger Freiheiten aufweisen. Denkbare Entwicklung ist, dass im Zeitverlauf die Unternehmen des öffentlichen Verkehrs in erster Linie noch als Transporteure agieren, dass aber der Verkauf von Mobilitätsdienstleistungen massgeblich durch private Akteure erfolgt.

- Ähnlich wie bei der Erhöhung der Gewichtslimiten im Strassengüterverkehr in den Jahren 2001 (von 28 auf 34t) und 2005 (von 34 auf 40t) werden beim Übergang zu vollautomatisierten Fahrzeugen **Produktivitätseffekte** anfallen. Im kommerziellen Verkehr aus dem Wegfall des Chauffeurs, im nicht-kommerziellen privaten Verkehr aus der Möglichkeit, während der Fahrt andere Arbeiten auszuführen. Sollen diese Produktivitätseffekte ausschliesslich dem Privatsektor und damit möglicherweise ausländischen

²²³ Rapp Trans (2020)

²²⁴ Vgl. UVEK (2018b), S. 12

²²⁵ ITF / CPB (2016a), S. 26

Grossunternehmen, die u.a. in der Schweiz kollektive Mobilitätsdienstleistungen anbieten, oder soll ein Teil über ein Mobility Pricing abgeschöpft und bspw. zur Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur eingesetzt werden?

Obige Ausführungen machen klar, dass sich beim Verkehr der Zukunft zwar die Voraussetzungen für ein differenziertes Pricing, sprich für Mobility Pricing, zwar verbessern. Die Weiterentwicklung des Regulativs wird sich aber als sehr anspruchsvoll erweisen:

- Wie könnte ein sinnvoller **Transitions Pfad** vom aktuellen zu einem künftigen Verkehrspricing und -finanzierungssystem aussehen, welche Etappen sind im Zeitverlauf umzusetzen?
- Welche der vielen **Differenzierungsmöglichkeiten** sollten angestrebt werden?
- Wie soll bei der **Finanzierung** der veränderten «Kostenbasis» Rechnung getragen werden:
 - Wenn die Reisezeit in vollautomatisierten Fahrzeugen für andere Zwecke als Steuern genutzt werden kann, verlieren Stauzeiten als Pricing-Argument an Bedeutung. Gleiches gilt beim Strassenverkehr für die externen Kosten, wenn der Strassenverkehr v.a. elektrisch und viel sicherer unterwegs sein wird.
 - Im Infrastrukturbereich wird Finanzierung von IT- und Kommunikationsausrüstungen zu finanzieren sein. Aus ökonomischer Sicht nicht ganz trivial, da die Grenzkosten der Nutzung dieser Infrastruktur nahe bei Null liegen werden (Grund ist die Nichtrivalität bei der Datennutzung), was einen sehr tiefen Nutzungspreis nahelegt, der zu wenig Mittel für die Finanzierung der hohen Fixkosten dieser Infrastrukturen generiert.²²⁶
- Wie soll mit den unterschiedlichen **Preisgestaltungsfreiheiten** von privaten Akteuren und Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrs umgegangen werden, wenn private kollektive Mobilitätsdienstleistungen in Konkurrenz zu Angeboten des öffentlichen Verkehrs stehen?

6.9 Regulierungsfeld Folgeeffekte, Auswirkungen

6.9.1 Konsumentenrechte

Im Bereich der Konsumentenrechte stellen sich im Verkehr der Zukunft grundsätzlich dieselben Herausforderungen, die bereits heute bewältigt werden. Durch die denkbare Verketzung von (öffentlichem) Fahrplanverkehr mit privaten Bedarfsverkehr stellen sich aber neue Fragen:

- Müssen neue Mobilitätsangebote Anschlüsse und Ankunftszeiten gewährleisten? Diese Frage ist insbesondere dann ein Thema, wenn eine aus einer Hand angebotene Mobilitätsdienstleistung aus einer Kette besteht, die sowohl Bedarfs- wie auch Fahrplanverkehre beinhaltet.
- Wer haftet für Verspätungen in solchen Mobilitätsketten und daraus entstehende Folgekosten?
- Wie sieht die Verantwortungsteilung aus? Leistungserbringer und Verkäufer werden möglicherweise immer häufiger zwei verschiedene Unternehmen sein.

Zusätzlich wird es mit neuen Verkehrsmitteln auch neue, spezifische Herausforderungen geben. Beispiele sind:

- Beobachtungsschutz bei Drohnen:²²⁷ Es ist denkbar, dass sich bei anderen Verkehrsmitteln ebenfalls solche Fragen stellen (z.B. Verwendung von durch Fahrzeuge aufgezeichnetem Bild- oder Audiomaterial).

²²⁶ Vgl. CERRE (2016)

²²⁷ Der Schutz vor Beobachtung durch Drohnen wird im Datenschutzgesetz bereits geregelt.

- Ebenfalls zu klären wird sein, inwiefern eine Transportleistung von anderen Geschäftsinteressen beeinflusst werden darf (z.B. Routenwahl entlang bestimmter Geschäfte) und ob Anbieter Kunden darüber informieren müssen. Da dies potenziell negative verkehrliche Auswirkungen (z.B. Stau an bestimmten Orten) führen kann, ist zu regeln, inwiefern dies überhaupt zulässig ist.

Das zentralste Thema im Bereich Konsumentenrechte ist der Umgang mit den Daten, welche von Mobilitätsanbietern, Fahrzeugherstellern über Ihre Kunden gesammelt werden. Auch stellt sich die Frage, wie von automatisierten Fahrzeugen aufgenommene Daten verwendet werden dürfen (vgl. dazu auch die Ausführungen in Abschnitt 6.6.). Die regulatorischen Herausforderungen, welche sich daraus ergeben, werden in Abschnitt 6.10 diskutiert.

6.9.2 Ratings

Ratings sind bereits heute gang und gäbe. Auf unzähligen Webseiten wie TripAdvisor, Booking.com, yelp etc. kann fast alles bewertet werden. Heute werden grösstenteils Anbieter von Produkten und Dienstleistungen bewertet. Dies führt in einem gewissen Masse zu einer «Selbstregulierung» des Marktes, da Anbieter, die gewisse Standards nicht erfüllen, aufgrund der schlechten Bewertungen aus dem Markt ausscheiden sollten. Ratings bauen Informationsasymmetrien ab und fördern den Wettbewerb.²²⁸ Sie reduzieren einen der Gründe für Marktversagen und damit einen der Gründe für Staatseingriffe. Ratings eröffnen damit grundsätzlich die Chance von Deregulierungen bei Qualitätsvorgaben an Dienstleistungserbringer (aber nicht bei Sicherheitsvorgaben), auch im Verkehrsbereich.

In den letzten Jahren gibt es vermehrt auch Anbieter, die Kunden bewerten (z.B. Uber). Bezogen auf den Mobilitätsmarkt stellen sich, insbesondere wenn der Anteil privat erbrachter Mobilitätsdienstleistungen zunimmt, deshalb Herausforderungen.

- **Mindestdienstleistung:** Was passiert, wenn eine Person aufgrund zu schlechter Ratings im Mobilitätsangebot eingeschränkt oder im Extremfall sogar ausgeschlossen wird? Sind Ratings ein Grund, auch für vollständig privat erbracht Mobilitätsdienstleistungen eine Transportpflicht zu verlangen, so wie dies heute teilweise bei Taxis der Fall ist (vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 6.2.3)? Für welche Dienstleistungen sollte dies der Fall sein, für welche nicht?
- **Verknüpfung von Bewertungen:** Dürfen verschiedene Anbieter Kundenbewertungen untereinander austauschen und so Profile von Personen erstellen?

Die zweite Frage ist eng mit den in Abschnitt 6.10.3 diskutierten Fragen zum Datenschutz verknüpft.

Ratings führen zu einem Gewinn an Information und könnten damit Auslöser sein, bestehende Regulierung auf ihre Zeitmässigkeit hin zu überprüfen.²²⁹ An Bewilligungen geknüpfte Auflagen und Vorschriften – insbesondere jene zur Sicherung der Qualität der Dienstleistung – können dadurch gestrichen werden (vgl. Abschnitt 6.3). In diesem Zusammenhang ist es aber auch eine grosse Herausforderung, die Zuverlässigkeit von Ratings sicherzustellen.

6.9.3 Haftung und Strafbarkeit

Bei automatisiert fahrenden Verkehrsmitteln muss geklärt werden, wer bei Unfällen und ähnlichen Ereignissen haft- bzw. strafbar ist.

Heute muss ein Halter eines Motorfahrzeugs für Unfälle haften (Art. 58 Abs. 1 SVG). Es besteht ein Versicherungszwang für Fahrzeughalter. Der Geschädigte hat ein unmittelbares Forderungsrechts gegenüber der Versicherung des Halters. Diese Versicherung kann

²²⁸ Deloitte / ZHAW (2016), S. 20

²²⁹ Vgl. OECD (2018)

– unter bestimmten Umständen – Regress auf den Versicherungsnehmer nehmen. Es ist allerdings nicht möglich, Regress auf Fahrzeughersteller zu nehmen. Forderungen, dies zu ermöglichen, stehen bereits im Raum.²³⁰ Klar ist auch, dass es eine internationale Koordination brauchen wird. Dies ist vor allem deshalb wichtig, um die Versicherung im Falle von Unfällen im Ausland zu gewährleisten.²³¹ Heute bestehen zu diesem Zweck multilaterale Verträge, die in der Regel auf den gleichen Haftungsgrundsätzen beruhen. Potenzielle Änderungen dieser Grundsätze müssen daher berücksichtigt werden.

Im Bereich der Strafbarkeit stellen sich sehr ähnliche Frage wie bei der Haftbarkeit. Heute gilt die Beherrschungspflicht für Fahrzeuglenker (Art. 31 Abs. 1 SVG). Bei vollautomatisierten Fahrzeugen der Stufe 5 muss der Passagier von dieser Pflicht befreit werden. Bei automatisierten Fahrzeugen bis und mit Stufe 4, die dem Fahrer noch Möglichkeiten und Pflichten zur Einflussnahme geben, muss feststellbar sein, ob der Fahrer oder das Fahrzeug für einen Unfall verantwortlich ist. Zu diesem Zweck bräuchte es Regulierungen wie beispielsweise die Pflicht zur Mitführung einer «Blackbox» oder eines vergleichbaren Geräts. Zu regeln ist auch, was passiert, falls das Fahrzeug ohne Einflussnahme des Fahrzeuglenkers einen Unfall verursacht. In diesem Fall ist zu regeln, ob und unter welchen Umständen der Fahrzeughersteller belangt werden kann. Statt Strafbarkeit aus menschlichem Fehlverhalten rückt Strafbarkeit aus Produktheftpflicht in den Vordergrund. Denkbar ist auch die Schaffung komplett neuer Strafnormen.²³²

Die regulatorischen Fragen im Bereich Haftbarkeit und Strafbarkeit werden bis ins Jahr 2060 kein Thema mehr sein. Diese Fragen stellen sich heute, und werden entsprechend bereits von den Fachstellen geklärt. Auch im Ausland wurden in gewissen Ländern wurden bereits konkrete Lösungsvorschläge für diesen Sachverhalt präsentiert. In Australien wird beispielweise in Betracht gezogen, den bestehenden Versicherungsschutz für Unfälle einfach auf automatisierte Fahrzeuge auszuweiten.²³³

6.10 Regulierungsfeld Daten

Die bisherigen Ausführungen machen klar, dass der Umgang mit Daten in vielen Regulierungsfeldern eine zentrale Rolle spielt. Daten werden durch die Digitalisierung immer mehr (Stichwort «Big Data») und immer wichtiger. Sie bilden die Grundlage für neue Mobilitätsangebote, spielen eine immer wichtigere Rolle für die private und öffentliche Sicherheit und haben erheblichen Einfluss auf die Privatsphäre. Und sie bieten unter dem Stichwort «Data Led Regulation» (vgl. Abschnitt 6.6) neue Optionen für das Regulativ im Verkehrsbereich.

Die Merkmale von Big Data lassen sich in vier «V» zusammenfassen:²³⁴

- Volume (Volumen) für den grossen und ständig steigenden Umfang der Datenbestände
- Velocity (Geschwindigkeit) als Beschreibung für die Schnelligkeit der Datenverarbeitung
- Variety (Vielfalt) für die Abwesenheit von festen Strukturen – die Daten kommen aus vielen Quellen und werden durch unterschiedlichste Algorithmen zugänglich gemacht.
- Veracity (Echtheit) für die Herausforderung an die Datenqualität

Das Feld «Daten» ist ein zentrales Regulierungsfeld für den Verkehr der Zukunft. Wird der Austausch und die Nutzung von Daten erschwert, sind viele der in den vorangehenden Kapiteln gezeigten Chancen nicht realisierbar. Dies hängt auch damit zusammen, dass die Datenverfügbarkeit in einer digitalen Welt für viele Innovationen und Entwicklungen zwingend gegeben sein muss.

²³⁰ Häberli S. und Müller T. (2018); Lohmann (2018)

²³¹ Vgl. Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2016)

²³² Vgl. bfu (2016).

²³³ National Transport Commission Australien (2018), S.2

²³⁴ Rees (2018), S. 12

6.10.1 Daten als Ressourcen

Die Digitalisierung ermöglicht es innovativen Anbietern, unterschiedliche Verkehrsmodi wie den öffentlichen Verkehr, den Auto-, Taxi-, Velo- und Fussverkehr einfacher und gezielter als bisher zu kombinieren. Diese Kombination ist ihrerseits eine Grundlage für die Gestaltung eines effizienteren, multimodalen Gesamtmobilitätssystems. Voraussetzung für die Verwirklichung dieser Potenziale ist die Zugänglichkeit zu den dafür notwendigen Mobilitätsdaten und Vertriebsdaten respektive Vertriebssystemen.²³⁵

Heute gibt es keine zentrale Plattform oder Schnittstelle, auf der sämtliche zur Schaffung multimodaler Mobilitätsangebote nötigen Daten verfügbar sind. Da die Verfügbarkeit dieser Daten für die Entwicklung und den Betrieb von Mobilitätsplattformen sowie multimodaler Mobilitätsdienstleistungen von zentraler Bedeutung ist, bestimmt das Regulativ in diesem Bereich den Mobilitätsmarkt der Zukunft entscheidend mit.²³⁶

Konkret gilt es auf folgende Fragen regulatorische Antworten zu finden:

- Ist der Austausch aller für eine effiziente Funktionsweise des Verkehrssystems benötigter Daten gegeben?
- Welche Daten werden dafür benötigt und wer liefert die Daten? Reicht das Eigeninteresse oder muss die Datenlieferung über das Regulativ eingefordert werden (z.B. als Kriterium bei der Vergabe von Betriebsbewilligungen (vgl. Abschnitt 6.3)?)
- Sind Daten, und wenn ja welche, als Infrastruktur resp. als öffentliches Gut zu betrachten?
- Welche Rolle soll der Staat in der Bereitstellung von Mobilitätsdaten spielen, oder wird dies der Privatwirtschaft überlassen?
- Ist staatliches Handeln nötig? Muss der Staat eine «Dateninfrastruktur» bereitstellen oder Rahmenbedingung zum Datenaustausch festlegen?
- Wie müsste eine solche Dateninfrastruktur in Bezug auf Inhalte, Dienstleistungen und Governance ausgestaltet sein?
- Wo müssen allfällige staatliche Massnahmen zum Tragen kommen? Muss nur der Austausch von Daten mit dem Staat reguliert werden, oder muss z.B. auch die Kommunikation zwischen privaten Fahrzeugen geregelt werden?
- Wie stark muss die Abstimmung mit dem Ausland sein? Muss der Datenzugang für alle oder nur für Schweizer Akteure gewährleistet sein? Welche Daten müssen zugänglich sein, damit neue Mobilitätsangebote grenzüberschreitend möglich sind?

Neben der Datennutzung durch neue Mobilitätsanbieter respektive Plattformen stellt sich auch die Frage, inwiefern der Staat selbst diese Daten aus dem Verkehrsbereich nutzen soll. In den Bereichen Infrastrukturentwicklung und Verkehrsmanagement gibt es hier grosse Potenziale. Das UVEK hat deshalb Massnahmenpläne zur Verbesserung dieser Rahmenbedingungen vorgelegt.²³⁷ Einige dieser Massnahmen sind bereits umgesetzt, andere befinden sich derzeit in der Umsetzung.

Wie bereits in *Abb. 10* dargestellt, sind Daten nicht nur für Mobilitätsanbieter eine zentrale Ressource, sondern für den digitalisierten bzw. automatisierten Verkehr der Zukunft generell. Sie spielen in praktisch allen bisher analysierten Regulierungsfeldern eine bedeutende Rolle (über C2C- und/oder C2X-Kommunikation):

- Daten(austausch) für mehr Sicherheit
- Daten für die Umsetzung von Mobility Pricing
- Daten für die Umsetzung und Überwachung von Regulierungen

²³⁵ Vgl. UVEK (2018b)

²³⁶ Zu dieser Frage laufen aktuell Abklärungen. Ecoplan (2019) stellt einen Grundlagenbericht zur Thematik dar.

²³⁷ UVEK (2018a)

6.10.2 Datensicherheit und Cybersecurity

Mit der Digitalisierung bzw. Automatisierung der Fahrzeuge und des Verkehrssystems ergeben sich grosse Sicherheitsrisiken, denen es vorzubeugen gilt. Es gilt insbesondere zu verhindern, dass die einzelnen Fahrzeuge oder das Verkehrssystem manipuliert oder missbraucht werden kann. In der Literatur erwähnte Szenarien sind beispielweise das «entführen» automatisierter Fahrzeuge, deren Verwendung als Waffe oder die Lahmlegung eines gesamten Verkehrsnetzes.²³⁸ Mit der immer stärker werdenden Automatisierung nehmen die Anforderungen an die Datenqualität und damit insbesondere auch -sicherheit substantiell zu (vgl. Abschnitt 6.6). Für das ASTRA ist denn auch absehbar, dass sich der Umfang und die Intensität der Cyber-Security Probleme mit der zunehmenden Vernetzung und Automatisierung weiter verschärfen werden.²³⁹

Da diese Risiken den Schutz der Gesellschaft und der Infrastruktur betreffen, ist der Staat in einer seiner Kernfunktionen gefordert. Denkbar sind Massnahmen, wie z.B. den Austausch sicherheitsrelevanter Informationen zwischen den Akteuren zu fördern, einen Standard bezüglich der Aktualität verwendeter Software zu setzen, das Bewusstsein für Cyber-Risiken zu fördern und Vorkehrungen zu deren Reduktion einzufordern.²⁴⁰

Auf internationaler Ebene sind Bestrebungen im Gang, die Cybersicherheit zu gewährleisten. Die UN-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) erarbeitet Grundlagen dazu. Die entsprechenden Normen (z.B. ISO-Norm 26262 für die funktionale Sicherheit von sicherheitskritischen elektrischen und elektronischen Komponenten/Systeme in Fahrzeugen) erweitert und angepasst werden.²⁴¹ Aktuell findet ein internationaler Austausch statt, an dem die Schweiz aktiv teilnimmt. Es ist davon auszugehen, dass zur Datensicherheit viele Regelungen auf internationaler Ebene getroffen werden.²⁴²

Eng verbunden mit diesen Risiken ist die Frage nach dem Schutz der persönlichen Daten, wie der nächste Abschnitt zeigt.

6.10.3 Datenschutz

Aus der umfangreichen Erhebung und Nutzung verschiedenster Daten ergeben sich grosse Vorteile für das Verkehrssystem. Gleichzeitig erhöht sich mit Big Data aber das Konfliktpotenzial zum Datenschutz respektive zum Schutz der Privatsphäre. Daten aus dem Mobilitätsbereich sind dabei besonders heikel, da sie sowohl personen- wie auch ortsbezogen sind.²⁴³ Die Kombination von personen- und ortsbezogenen Daten ist für den Schutz der Privatsphäre eine der kritischsten Punkte überhaupt.

Durch die Digitalisierung des Verkehrs ergeben sich unzählige neue fahrzeugseitige Datenquellen. Ebenso ist denkbar, dass die Infrastruktur zukünftig Daten erhebt. Neue Technologien ermöglichen die Erhebung von Daten, die früher nicht zur Verfügung standen. Diese Daten sind Unternehmen aus verschiedensten Bereichen des Verkehrsbereich (Transporteure, Mobilitätsdienstleister, etc.) kommerziell interessant. Wie vielfach gezeigt, kann auch der Staat aus der Datenschwemme z.B. für die Verkehrsplanung und -lenkung Nutzen ziehen. Dies birgt aber auch Gefahren. Gerade weil die Daten für viele Zwecke interessant sind, gibt es Befürchtungen, dass sich für den Staat hier ein aus Sicht Schutz

²³⁸ Deloitte (2018), S. 11

²³⁹ Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2016)

²⁴⁰ Für Prinzipien zur Sicherstellung der Cybersicherheit von automatisierten Fahrzeugen vgl. z.B. <https://www.acea.be/publications/article/acea-principles-of-automobile-cybersecurity>, besucht am 10. Juli 2019.

²⁴¹ BMVI (2015)

²⁴² UVEK (2018c)

²⁴³ BMVI (2015), S. 24

der Privatsphäre gefährliche Möglichkeiten ergeben (vgl. dazu die Ausführungen zu «Data Led Regulation in Abschnitt 6.6»).²⁴⁴

Im Regulativ muss deshalb umfassend geklärt werden

- welche Daten es gibt,
- welche Daten (im öffentlichen Raum) erhoben werden dürfen,
- vom wem sie erhoben werden dürfen,
- wer diese auswerten darf,
- in welcher Form sie ausgewertet werden dürfen,
- in welche Kategorien Daten eingeteilt werden können und was dies zur Folge hat,²⁴⁵
- ob der Handel mit Daten ebenfalls reguliert werden muss,
- wie die relevanten Akteure Zugang zu den nötigen Daten erhalten.

Die regulatorische Herausforderung ist sehr gross, da neben dem Staat eine Vielzahl von privaten Akteuren (Autoherstellen, Mobilitätsanbieter, Versicherer etc.) eine Rolle spielen, für die der Umgang mit von Personen freiwillig zur Verfügung gestellten Daten anders geregelt ist als für öffentliche Stellen.²⁴⁶ Viele dieser Akteure könnten ihren Sitz zudem im Ausland haben, was die Umsetzung von Datenschutzanliegen erschwert.

Klar ist, dass die Verkehrsteilnehmenden darüber informiert werden müssen, was mit Ihren Daten passiert. Dazu hält der Bundesrat fest: «*Laut europäischem Datenschutz und der vergleichbaren Regelung der Schweiz müssen Verkehrsteilnehmende wissen, welche persönlichen Daten gesammelt werden, und sie sollen selber bestimmen können, ob und wie diese Daten verwendet werden. Die von den Fahrzeugen erfassten Daten können leicht zu personenbezogenen Daten verarbeitet werden, was die Einwilligung der Betroffenen erfordert.*».²⁴⁷

Der Bund hat den grossen Handlungsbedarf zu diesem Thema erkannt und einen Massnahmenplan im Bereich Daten erstellt, der unter anderem die Massnahme MD-5 «Datenschutzfolgeabschätzung(en) Mobilitätsdaten» enthält.²⁴⁸

6.11 Regulierungsfelder ausserhalb des Verkehrsbereichs

Schon heute spielen Regulierungsfelder ausserhalb des Verkehrsbereich für die Ausgestaltung und Nutzung des Verkehrssystems eine grosse Rolle. Das Zusammenspiel von Raum- und Verkehrsplanung ist ein Paradebeispiel für diese Interaktion. Im Zeitverlauf bzw. im Verkehr der Zukunft wird die Interaktion zwischen Regulierungsfeldern inner- und ausserhalb des Verkehrsbereich an Bedeutung gewinnen, wie die Ausführungen in den folgenden vier Abschnitten zeigen.

6.11.1 Raumplanung und Baugesetzgebung

In einem separaten Forschungsprojekt sind im vorliegenden Forschungspaket «Verkehr der Zukunft 2060» die Wechselwirkungen zwischen Verkehr und Raum aufgearbeitet worden.²⁴⁹ Die Analyse zeigt, in welchen Feldern der Verkehr der Zukunft zu Herausforderungen des entsprechenden Regulativs führen wird:

²⁴⁴ Schnieder und Hosse (2018), S. 26

²⁴⁵ Es muss definiert werden, was «persönliche Informationen» sind und welche davon sensibel sind, es wird eine Bedeutende Menge an neuen Daten geben, insb. mit den automatisierten Fahrzeugen, vgl. NTC 2018 S.29/32

²⁴⁶ Für die ÖV-Unternehmen soll diese Ungleichbehandlung gegenüber privaten Mobilitätsdienstleistern angepasst werden (vgl. UVEK (2018b), S. 15).

²⁴⁷ Bundesrat 2016

²⁴⁸ UVEK (2018a), S. 34

²⁴⁹ EPB (2019)

- Die potenziell sinkenden Transportkosten werden für die Raumplanung eine neue Ausgangslage für die räumliche **Verteilung von Wohn-, Arbeits- und Freizeitstandorten** schaffen. Ein steigender Druck auf den ländlichen Raum ist denkbar.
- Gleiches gilt für die Frage der angestrebten **Erschließungsqualitäten** von Gebieten und Räumen: Der automatisierte Verkehr und neue Mobilitätsdienstleistungen werden bewirken, dass die Diskussion unter veränderten Rahmenbedingungen geführt werden kann bzw. muss: Welche Erschließungsfunktionen können vollautomatisierte Fahrzeuge im privaten Individualverkehr übernehmen, welche On-demand-Angebote von kommerziellen Mobilitätsanbietern?
- Auch kleinräumiger ergeben sich gleiche Fragestellungen: Was sind in Zukunft geeignete **Standorte** für verkehrserzeugenden Anlagen wie Einkaufszentren oder Mobilitäts-Hubs, wo sind Haltestellen, Ent- / Zuladestellen sowie Abstellplätze für die verschiedenen Verkehrsmittel vorzusehen.²⁵⁰ Wie kann die Flächensicherung (z.B. für Logistikstandorte, für innerstädtische Vorfahrten, Veloparkierung, etc.) erfolgen?

Die Fragestellungen werden mit raumplanerischen Instrumenten (Richtplanung, Nutzungs- und Zonenplanung) anzugehen sein.

Es ergeben sich aber auch Auswirkungen und Herausforderungen für **Baugesetzgebung** in Bereichen wie bspw. den folgenden:

- Gestaltung von Quartieren: Planung und Anordnung von Pick-Up-Points für Personen und Güter
- Parkplatzerstellungspflicht bzw. generell Regulierungen im Bereich Parkierung sowohl für Wohn- als auch für Geschäftsliegenschaften im Zuge des Aufkommens vollautomatisierter Fahrzeuge, die viel weniger Zielparkplätze benötigen werden.
- Bauvorschriften zur konkreten Ausstattung von Quellparkplätzen mit Ladestationen oder von neu kollektivem und allenfalls von einem Betreiber gemanagtem Parkraum in Siedlungen, von Pick-Up-Points in Siedlungen, etc.

6.11.2 Kommunikationsinfrastruktur

Der sichere und leistungsstarke Datenaustausch ist eine unabdingbare Voraussetzung für den Verkehr der Zukunft. Um diesen zu ermöglichen, und insbesondere die ständig wachsende Datenmenge zu verarbeiten, ist eine belastbare und leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur notwendig.²⁵¹ Kurz- bis mittelfristig ist insbesondere die Einführung des 5G-Standards wichtig. Langfristig gesehen ist ungewiss, welche Technologien verwendet werden. Setzt sich die Entwicklung der letzten Jahre fort ist aber klar, dass es laufende Anpassungen und Erweiterungen brauchen wird.

Aus regulatorischer Sicht gilt es daher sicherzustellen, dass die Kommunikationsinfrastruktur mit dem Wachstum der produzierten Datenmengen mithalten kann bzw. deren Entwicklung nicht ausgebremst wird. Dies wird aktuell bereits getan indem neue Mobilfunkfrequenzen bereitgestellt werden und die 5G Nutzung international koordiniert wird.²⁵²

6.11.3 Arbeitsmarkt

Mit dem technologischen Fortschritt und der damit einhergehenden Digitalisierung werden Plattformen und Kommunikationskanäle entwickelt, die es erlauben, Arbeits- oder Dienstleistungen zeitlich und örtlich viel flexibler zu erbringen. Als Beispiele seien die Verbreitung von Onlinemarktplätzen, Crowdsourcing-Plattformen oder Buchungsportalen genannt. Es

²⁵⁰ Im Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft» (vgl. Transitec et al., 2020) wird im Detail auf diese Fragestellung eingegangen.

²⁵¹ UVEK (2018c), S. 16

²⁵² UVEK (2018c)

entstehen Alternativen zum klassischen Arbeitsmodell und im Bereich der Plattformökonomien neue Arbeitsformen.

Dies betrifft aktuell auch die Mobilitätsbranche stark, und dies noch solange als Fahrzeuge noch von Personen gelenkt werden. In der Schweiz wie auch international steht aktuell die Transportplattform Uber – vor allem wegen ihrem Angebot «Uber Pop» – im Fokus der medialen Aufmerksamkeit. Dabei geht es oftmals um Fragen der Konkurrenz für bestehende Taxiunternehmen und Vorschriften des Taxigewerbes (vgl. dazu Abschnitt 6.3), aber auch um den sozialversicherungsrechtlichen Status der Uber-Fahrer. Letzterer Punkt interessiert an dieser Stelle besonders: In der Schweiz geht es aktuell um die Frage, ob die Fahrer selbständig oder unselbständig erwerbend sind. Im Mai dieses Jahres hat ein Arbeitsgericht in Lausanne diesbezüglich einen möglicherweise wegweisenden Entscheid gefällt und einen Uber-Fahrer als Uber-Angestellten eingestuft (das Urteil ist noch nicht rechtskräftig).²⁵³ Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass kommerziell erbrachte Transportdienstleistungen immer innerhalb derselben Rahmenbedingungen stattfinden. Beispielsweise sollten dieselben Lenk- und Ruhezeiten für professionelle Fahrer wie für Gelegenheitsfahrer gelten, die über Plattformen ab und zu einen Transportauftrag wahrnehmen. Dies sicherzustellen wird aber immer schwieriger, da in der Sharing Economy die Unterscheidung zwischen Gewerbe und Privat nicht immer eindeutig ist.

Diese Fragen stellen sich aber nicht nur für Uber, sondern für andere Mobilitätsangebote und auch für die ganze Plattformökonomie. Der Bund hat dazu bereits vertiefte Abklärungen getroffen.²⁵⁴ Eine spezifisch auf den Mobilitätssektor ausgerichtete Lösung zu finden, ist nicht zielführend. Es gilt daher generell, das Arbeits- und Sozialversicherungsrecht so weiterzuentwickeln, dass es einerseits den Ansprüchen einer digitalen Wirtschaft gerecht wird, und andererseits keine Abstriche im arbeitsrechtlichen Schutz und der sozialversicherungsrechtlichen Absicherung vorgenommen werden müssen. In Bezug auf Mobilitätsdienstleistung muss aber geregelt werden, unter welchen arbeitsrechtlichen Umständen eine Person oder ein Anbieter Teil von multimodalen Mobilitätsdienstleistungen werden darf.

Da das vorliegende Forschungspaket bzw. -projekt von einem Zeitpunkt ausgeht, in dem autonom verkehrende Fahrzeuge im Einsatz sind, spielen die hier aufgeworfenen arbeits- und sozialversicherungsrechtlichen Fragestellungen keine Rolle mehr. Sie müssen – und werden – vorher gelöst werden. Beim Übergang zu einer Welt mit vollautomatisierten Fahrzeugen wird sich vielmehr die Frage stellen, was die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt sind, wenn einerseits keine Fahrzeugführende mehr benötigt werden, andererseits aber für den Betrieb vollautomatisierter Fahrzeuge neue Beschäftigungsfelder entstehen werden (z.B. in der Einsatzplanung, im Kundendienst, in der Überwachung, im Fahrzeugunterhalt).

6.11.4 Energiemarkt

Der Verkehr der Zukunft wirkt sich auch auf den Energiemarkt aus. Zentral ist die angenommene umfassende Elektrisierung des Verkehrsbereichs. Dabei geht es nicht nur um den steigenden Stromverbrauch durch Elektroautos oder um das Auftreten neuer Akteure im Energie- wie auch im Mobilitätsmarkt (z.B. Stromproduzenten als Tankstellenbetreiber). Vielmehr wird es zu einer viel stärkeren Interaktion zwischen Verkehrs- und Energiebereich kommen. U.a. könnten Elektrofahrzeuge zukünftig eine wichtige Rolle im Stromnetz wahrnehmen, indem sie ab einer gewissen Marktdurchdringung als Stromspeichermedien genutzt werden können. Der Bedarf für solche Zwischenspeicher nimmt aufgrund der zunehmend dezentralen Stromerzeugung tendenziell zu.²⁵⁵ Eine solche Entwicklung würde bewirken, dass Akteure aus dem Energiebereich im Verkehrsbereich eine viel wichtigere

²⁵³ Vgl. z.B. <https://www.tagesanzeiger.ch/wirtschaft/standardschweizer-gericht-anerkennt-uberfahrer-als-angestellter/story/20670194>, besucht am 7. Mai 2019. oder <https://www.handelszeitung.ch/digital-switzerland/uber-verliert-erneut-vor-europaischem-gericht>, besucht am 6. August 2019.

²⁵⁴ Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2017)

²⁵⁵ Frei (2017). Verschiedene dieser Herausforderungen werden bereits im Rahmen der Roadmap Elektromobilität 2022 angegangen (z.B. Verbinden von Pufferbatterien zu virtuellen Kraftwerken).

Rolle spielen werden als dies heute der Fall ist. Es sind auch neue Partnerschaften denkbar, wie bspw. der Betrieb von elektrifizierten Robo-Taxi-Flotten als Joint Venture von Energieversorgern mit (neuen) Akteuren aus dem Verkehrsbereich.

Konsequenz einer solchen Entwicklung ist, dass Regulierungen in beiden Bereichen enger aufeinander abgestimmt werden müssen. Es wird Rahmenbedingungen brauchen, die es erlauben, die Potenziale der Elektromobilität für die Stromversorgung zu nutzen, und umgekehrt. Gleichzeitig muss der Umgang mit den neuen Akteuren aus dem Energiemarkt geregelt werden, so bspw. bei der anstehenden weitergehenden Elektrifizierung der Strassenverkehrsinfrastruktur. Das Regulativ wird – wie auch in anderen Bereichen des Verkehrs der Zukunft – Einfluss auf die Geschwindigkeit des Aufbaus der benötigten Infrastrukturen (z.B. über die Festlegung von Normen und Standards oder über Förderung). Die Kantone werden als Eigner von Energieversorgern eine wichtige Rolle spielen.²⁵⁶

6.12 Fazit

Die vorangehenden Abschnitte haben gezeigt, dass die Herausforderungen, die der Verkehr der Zukunft für das Regulativ bereithält, sehr gross sind. In Kürze zusammengefasst lassen sich die folgenden zentralen Feststellungen machen:

- Durch den **Wegfall von Fahrzeugführern** im Fall von vollautomatisierten Fahrzeugen ändert sich die Ausgangslage für den Regulator im Verkehrsbereich grundsätzlich. Die – internationale und nationale – Regulierung im Verkehr geht von der Grundannahme aus, dass Fahrzeuge von Personen gelenkt oder zumindest überwacht werden. Mit dem Übergang zu vollautomatisierten bzw. autonomen Fahrzeugen erfolgt ein eigentlicher Systemwechsel, vollautomatisierte Fahrzeuge sind *der* «Game Changer», weil mit ihnen der Wegfall eines bedeutenden Kostenblocks, den Personalkosten für die Fahrzeugführer/innen, verbunden ist. Entsprechend grundsätzlich ist der Anpassungsbedarf im Regulativ.
- Dieser grundsätzliche Anpassungsbedarf kann nicht mit Anpassungen an einzelnen Stellschrauben des Regulativs wahrgenommen werden. Es braucht eine **neue Governance für das Gesamtverkehrssystem**. Der Bedarf nach einer neuen Governance resultiert auch aus dem Verwischen der Grenzen zwischen privatem und öffentlichem Verkehr auf der Strasse. Aufgrund des disruptiven Charakters der Entwicklungen muss das Gesamtverkehrssystem «neu gedacht» werden, es wird noch stärker eine gemeinsame Infrastrukturoptik von «Strasse» und «Schiene» brauchen. Wo nötig werden bestehende Strukturen und hoheitliche Zuständigkeiten (insbesondere zwischen den Staatsebenen) angepasst werden müssen.
- Es braucht ein **neues Verständnis von ÖV und «privatem Kollektivverkehr»**. Mit zunehmender Relevanz des privaten Kollektivverkehrs muss ein Weg gefunden werden, für die beiden Verkehre faire Wettbewerbsbedingungen zu schaffen. Dies betrifft Themen wie z.B. Vertriebszugang, Transport- und Betriebspflicht, Datenschutz etc. Mit dem schwindenden ökologischen Vorteil des ÖV stellt sich letztlich auch die Frage, welche Rolle der Staat aus welchem Grund für die Erbringung von Mobilitätsdienstleistungen noch spielen soll.
- Grundsätzlich braucht es möglicherweise ein **neues Rollenverständnis Staat – Private**. Die heutige Aufgabenteilung wird herausgefordert werden. Beispielsweise könnten Private, die entsprechend relevante Daten, generieren zukünftig in der Verkehrsplanung oder im Verkehrsmanagement eine wichtigere Rolle spielen. Aber auch im Infrastrukturbereich stellt sich Aufgabenteilungsfrage neu.
- Wegen der fortschreitenden Digitalisierung im Verkehr wird sich eine **Verschiebung des Fokus von der Transport- zur Datenkompetenz** ergeben. Das hat nicht nur für die Akteure des Verkehrsmarkts Auswirkungen, wo die Karten teilweise neu gemischt werden (zwischen Akteuren aus dem «traditionellen» Verkehrsbereich und solchen aus dem IT-Bereich), sondern auch für den Regulator. Für die Umsetzung von «Data-led-regulation» wird es neue Kompetenzen brauchen.

²⁵⁶ Vgl. dazu bspw. die Berichte zu den Chancen und Risiken der Elektromobilität für die Kantone Schaffhausen und Thurgau (Kanton Schaffhausen, 2020).

- Derzeit wird im Themenfeld bei verschiedensten Akteuren auf unterschiedlichsten Ebenen «Orientierungswissen» zum Thema «Verkehr der Zukunft» aufgebaut. Trotz diesem Wissensaufbau ist davon auszugehen, dass Anpassungen des Regulativs in einer Situation mit **viel Unsicherheit und wenig Erfahrungswerten** vorgenommen werden müssen. «Trial and Error» und **Pilotumsetzungen** werden wichtig sein, um mehr Sicherheit zu gewinnen.
- Schliesslich führt der Verkehr der Zukunft zu grossen **gesellschaftlichen Herausforderungen**, weil er sich in zahlreichen und gesellschaftspolitisch relevanten Bereichen auch ausserhalb des Verkehrsbereichs auswirken wird. Ausgelöst durch Themen wie Datensicherheit, Anwendungen von künstlicher Intelligenz im Verkehrsbereich (z.B. bei der Routenplanung), Konsequenzen für den *Individualverkehr*. Die Anpassungen des Regulativs werden vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen erfolgen müssen.

Aus diesen Feststellungen lassen sich die in der folgenden Abbildung wiedergegebenen Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft für das Regulativ ableiten.

Tab. 9 Chancen- und Risiken des Verkehrs der Zukunft für das Regulativ

Chancen	Risiken
<p>Die grundsätzlichen Veränderungen im Verkehrsbereich verursachen nicht nur Handlungsbedarf, sie eröffnen auch neue Handlungsoptionen für das Regulativ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Deregulierungen im sehr stark regulierten Verkehrsbereich (z.B. weniger Qualitätsregulierungen im Taxiverkehr dank Ratings) – «Reregulierungen» und damit Möglichkeiten für «bessere» Regulierungen als die aktuellen (z.B. bessere Rahmenbedingungen für die Entstehung neuer Märkte) 	<p>Die grossen Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung des Verkehrs der Zukunft, fehlende Erfahrungen aus der Praxis bei vielen kommenden Fragestellungen und die teilweise hohe Komplexität dieser Fragestellungen können</p> <ul style="list-style-type: none"> – zu inhaltlich «schlechten» Regulierungen und / oder – zu zeitlich zu frühen oder zu späten Regulierungen führen, so dass sich erwünschte Entwicklungen nicht einstellen bzw. unerwünschte Entwicklungen resultieren.

7 Strategische Optionen für ausgewählte Regulierungen des Verkehrs der Zukunft

7.1 Einleitung

Das vorangehende Kapitel hat für zahlreiche Regulierungsfelder Herausforderungen beschrieben, die der Verkehr der Zukunft mit sich bringen wird. In den meisten Fällen führen diese Herausforderungen auch zu einem regulatorischen Handlungsbedarf. Welche «strategischen Handlungsoptionen» der Regulator zur Wahrnehmung dieses Handlungsbedarfs hat, ist Gegenstand des vorliegenden Kapitels.

Der Terminus «**strategische Handlungsoptionen**» soll verdeutlichen, dass es angesichts der vielen Unsicherheiten bezüglich der Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft nicht um die Entwicklung von Empfehlungen für die konkrete Ausgestaltung von einzelnen Regulierungen geht. Ziel ist vielmehr, grundsätzliche Optionen aufzuzeigen, die dem Regulator offenstehen.

Die Analyse beschränkt sich auf **ausgewählte Regulierungsfelder**. Nicht im Fokus stehen Regulierungsfelder, in denen

- die Regulierung massgeblich auf internationaler Ebene erfolgen wird und muss
- es in erster Linie darum geht, bestehende Regulierungen auf neue Verkehrsarten auszuweiten, so dass sich für die definierte und eingerichtete Regulierungsstelle keine grundsätzlich neue Situation ergibt (z.B. die Regulierung von Drohnen durch das BAZL oder der Konzessionierungsprozess im Fall von Cargo Sous Terrain)
- bereits umfangreiche Aktivitäten im Gang oder zumindest aufgegleist sind (z.B. der gesamte Bereich zur Förderung der E-Mobilität²⁵⁷)
- nur beschränkt strategische Handlungsoptionen offenstehen.

Damit stehen Regulierungsfelder nicht im Vordergrund, bei welchen es massgeblich um Sicherheitsfragen und um technische Standardisierungen gehen, weil hier die Regulierung häufig auf internationaler Ebene angesiedelt ist und sich schweizerische Alleingänge nicht aufdrängen. Das gilt insbesondere für Zulassungsfragen.

Der Schwerpunkt der folgenden Vertiefungen liegt bei den in *Abb. 12* markierten Regulierungsfeldern.²⁵⁸

²⁵⁷ Einen umfassenden Überblick über die geplanten Massnahmen von staatlichen und privaten Akteuren enthält BFE und ASTRA (2018).

²⁵⁸ Die Vertiefungsschwerpunkte sind auf Basis der Erkenntnisse von Kapitel 6 gemeinsam mit der Begleitkommission des Forschungspakets beschlossen und in einem Experten-Workshop diskutiert worden. Der Experten-Workshop fand am 27. November 2019 statt. Es nahmen folgende Personen teil: Marta Kwiatkowski Schenk, Gottlieb Duttweiler Institut, Michel J. Simon, S-ce consulting, Markus Maibach, Paketeleitung/Infras und Daniel Kilcher, ASTRA.

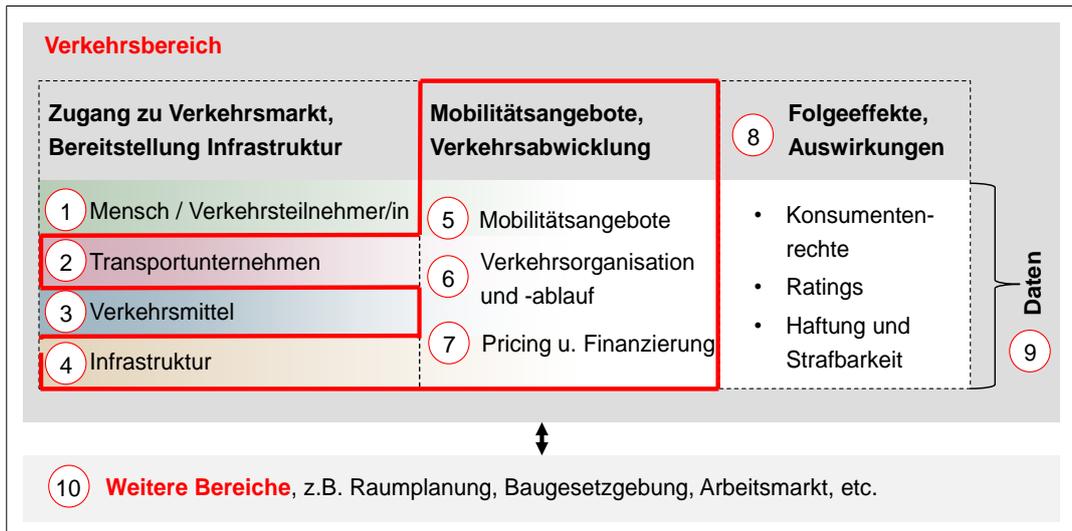


Abb. 12 In Kapitel 7 vertiefte Regelungsfelder

Regulierungsfeld «Transportunternehmen» 2: In diesem Regulierungsfeld steht das Verhältnis zwischen neuen privaten Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen und dem klassischen ÖV im Vordergrund. Es geht um die Regulierung von privaten kommerziellen Anbietern von Kollektivverkehren und die damit verbundenen Rahmenbedingungen (vgl. Abschnitt 6.3).

- **Regulierungsfeld «Mobilitätsangebote»** 5: Der Umgang mit neuen Mobilitätsangeboten ist zentral für die Weiterentwicklung des Verkehrssystems. Die Klärung des wettbewerblichen Verhältnisses zum ÖV und die Integration in das Bestellwesen sind Kernfragen dieses Regulierungsfeldes. In diesem Kontext ist auch der im Regulierungsfeld «Verkehrsteilnehmende» diskutierte «Zugang zu Mobilität» ein relevanter Aspekt.
- Die Analyse in Abschnitt 6.6 hat deutlich gemacht, dass Regulierungen im Bereich «**Verkehrsorganisation und -ablauf**» 6 wirksame Hebel sind, um auf die Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft einzuwirken. Insbesondere eröffnen sich Optionen einer kleinräumigen Beeinflussung.
- **Regulierungsfeld «Pricing und Finanzierung»** 7: Die neuen technologischen Möglichkeiten eröffnen neue Optionen zur Bepreisung des Verkehrs. Diese können auf unterschiedliche Arten genutzt werden. Mit der Preissetzung direkt verbunden ist Frage nach der künftigen Verkehrsfinanzierung.
- **Regulierungsfeld «Infrastruktur»** 4: Das Regulierungsfeld Infrastruktur weist starke Bezüge zu den vier im Vordergrund stehenden Regulierungsfeldern auf. Auf diese Bezüge wird in der Analyse eingegangen, die Infrastruktur wird aber nicht als separates Regulierungsfeld behandelt.

Gleiches gilt grundsätzlich für die **übrigen Regulierungsfelder** von Abb. 12. Sie stehen im vorliegenden Projekt nicht im Vordergrund, werden aber angesprochen, wenn wichtige inhaltliche Bezüge zu ihnen bestehen.

Die Analyse fokussiert auf den **Landverkehr** und auf den in den Diskussionen um den Verkehr der Zukunft im Vordergrund stehenden **Personenverkehr**. Verschiedene der im Folgenden angesprochenen Regulierungen (v.a. in den Regulierungsfeld «Verkehrsorganisation und -abwicklung» und «Pricing und Verkehrsfinanzierung») sind auch für den **Güterverkehr** relevant. Es erfolgt aber keine Vertiefung von güterverkehrsspezifischen Fragestellungen.

Wenn «strategische Handlungsoptionen» beschrieben werden sollen, geht es eigentlich um die Beantwortung von Grundfragen, die sich dem Regulator stellen:

- **Warum:** Anpassungen im Regulativ müssen begründet werden können. Die ökonomische Theorie, aber auch politische Ziele (z.B. im Bereich der Grundversorgung) liefern solche. Die Begründung sollte transparent gemacht werden.

- **Wann:** Es stellt sich die Frage des richtigen Zeitpunkts einer Regulierung. Soll bzw. kann mit der Regulierung zugewartet werden («regulation behind of the curve» oder «ex-post-regulation») oder muss frühzeitig interveniert werden («regulation ahead of the curve»), damit sich eine gewünschte Entwicklung einstellt?
- **Wie:** Ist begründeter Handlungsbedarf gegeben, muss geklärt werden, mit welchem regulatorischen Instrumentarium dieser wahrgenommen werden soll. Auch im Verkehrsbereich steht dem Regulator ein ganzes Spektrum von Regulierungsinstrumenten unterschiedlicher Interventionsstärken zur Verfügung, also von freiwilliger Selbstregulierung über Anreize bis hin zu Ver- und Geboten.
- **Wer:** In einem föderalen System wie der Schweiz stellt sich zudem die Frage, welche Staatsebene gefordert ist. Da der Verkehrsbereich eine klassische Verbundaufgabe aller drei Staatsebenen ist, muss diese Frage früher oder später beantwortet werden.

«**Strategische Handlungsoptionen**» sind letztlich Wahlmöglichkeiten für den Regulator, die sich von ihrer strategischen Ausrichtung her grundsätzlich unterscheiden. Entsprechend werden in den folgenden Abschnitten jeweils zwei unterschiedliche strategische Stossrichtungen beschrieben, um den Handlungsbedarf wahrzunehmen.

- Stossrichtung «**laissez-faire**»
- Stossrichtung «**proaktiv steuern**»

«Grundsätzlich unterscheiden» bedeutet, dass hier bewusst eine möglichst grosse Bandbreite von Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden soll. In der Umsetzung muss sich der Regulator auch nicht integral auf eine Stossrichtung festlegen. Eine Kombination von Elementen aus beiden Stossrichtungen bleibt offen.

Stossrichtung «laissez-faire»

Bei dieser ausgeprägt liberalen Stossrichtung setzt der Regulator prioritär auf die Marktkräfte und entsprechend auch im Verkehrsbereich auf möglichst privatwirtschaftliche Lösungen und kommerzielle Leistungserbringungen. Mit ex-ante-Regulierungen wird in erster Linie angestrebt, neue potenzielle Wettbewerbsfelder rasch zu öffnen, damit sich für private Akteure neue Möglichkeiten für kommerzielle Geschäftsmodelle ergeben. Der Fokus liegt auf der Schaffung einer geeigneten Marktordnung, was bedeutet, dass für die im Wettbewerb stehenden Akteure grundsätzliche «gleich lange Spiesse» geschaffen werden und auf Regulierungen zur Korrektur von Marktversagen. Für letzteres orientiert sich die Stossrichtung an den klassischen Gründen für Marktversagen (vgl. dazu Abschnitt 6.1).

Auf die Marktkräfte setzen und private Lösungen anstreben heisst auch, dass der Abbau von Regulierungen und dass Privatisierungen angestrebt werden, wenn sich dafür im Verkehr der Zukunft neue Möglichkeiten eröffnen.

Ansonsten reguliert er grundsätzlich zurückhaltend. Als Grundhaltung gilt «regulation behind the curve», was konkret bedeutet, dass Entwicklungen abgewartet und Regulierungen v.a. «korrigierend» eingesetzt werden, wenn die Entwicklungen unerwünscht ausfallen, also wichtigen Zielen des Zielsystems des Verkehrs der Zukunft von Kapitel 2 zuwiderlaufen. Die zurückhaltende Regulierung hat zum Ziel, Raum für neue innovative, und wo möglich private Lösungen zu schaffen, für Lösungen, die im Voraus für den Regulator nicht absehbar sind. Er setzt die Grundhaltung aber nur dort um, wo die eingetretenen Entwicklungen reversibel sind und wo es nicht um relevante Sicherheitsfragen geht. Mit Blick auf die vielen Unsicherheiten ist sich der Regulator der Gefahr von Folgekosten falscher und/oder zu früher Regulierungen bewusst.

Zurückhaltende Regulierung bedeutet auch, dass bei den Instrumenten zuerst auf Selbstregulierung und Anreizinstrumente (marktwirtschaftliche Instrumente wie Pricing) gesetzt wird und erst nachgelagert auf vergleichsweise harte Regulierungsinstrumente wie Ver- und Gebote, eine Grundhaltung, wie sie im Ansatz «Smart Regulation» zu finden ist (vgl. Kasten).

Exkurs: Smart Regulation

Die Grundidee von Smart Regulation ist, dass nicht nur harte Regulierungsinstrumente wie z.B. Verbote eingesetzt werden, sondern mehr flexiblere, kreative und innovative Instrumente unter Einbezug der Akteure und unter Berücksichtigung ihrer Anreize eingesetzt werden. Zusammenfassend können unter der Ursprungsidee von «Smart Regulation» die folgenden Prinzipien verstanden werden:

- Optimaler Instrumenten- und Institutionenmix: verschiedene Instrumente können sich unterstützen, neutralisieren oder zunichte machen. Gefragt ist der optimale Mix von komplementären Instrumenten, welche sich bezüglich Wirkung, Effizienz, Akzeptanz, Gerechtigkeit (Verteilungswirkung) und agierenden Institutionen und Stakeholdern optimal ergänzen.
- Stufenweises Ansteigen entlang einer Instrumentenpyramide von wenig zu zunehmender staatlicher Intervention, solange Umweltziele nicht erreicht werden können (kaskadenartige Regulierung). Durch den Beginn mit Instrumenten mit geringem Interventionsgrad soll übermäßigen staatlichen Eingriffen, Bürokratien und dem Versagen von Instrumenten vorgebeugt werden.
- Bemächtigung von Drittparteien/Akteuren als Quasi-Regulatoren an Stelle von alleiniger Top-down-Regulation des Staates (bedeutet auch, dass der Staat selber als handelnder Akteur nicht im Vordergrund steht, sondern andere und hier insbesondere auch private Akteure).
- Maximierung von Möglichkeiten für Win-Win-Outcomes durch Erweiterung der Systemgrenzen.



Abb. 13 Theoretisches Kaskadenregulierungs-Konzept im Sinne der «enforcement pyramid» im Kontext von Smart Regulation

Quelle: Eigene Abbildung, gestützt auf Braithwaite in Gunningham und Grabosky (1998)

Stossrichtung «proaktiv steuern»

Bei dieser Stossrichtung wird stärker die Position eingenommen, dass die öffentliche Hand durch sinnvoll gesetzte Anreize und durch konkrete Förderungen die identifizierten Chancen unterstützen und Risiken eindämmen kann. Es werden Optionen für proaktives Agieren gesucht, damit sich erwünschte Entwicklungen einstellen, entsprechend ist «Regulation ahead of the curve» häufiger anzutreffen. Dies auch, weil denkbare unerwünschte Entwicklungen kritischer gesehen werden, weshalb «Regulation behind of the curve» als zu risikoreich eingestuft wird. Die Regulierung erfolgt ausgeprägter als bei der Stossrichtung «laissez-faire» auch über vergleichsweise restriktive Instrumente wie Ver- und Gebote. Weiter tritt der Staat ausgeprägter auch als selber handelnder Akteur (z.B. als Infrastruktureigner). Konzeptionell stellt die Stossrichtung «proaktiv steuern» insgesamt einen gewissen Gegenpol zur Stossrichtung «laissez-faire» dar. Bei letzterer ist der Staat in erster Linie «klassischer Regulator», bei Stossrichtung «proaktiv steuern» viel stärker auch «Steuermann» und handelnder Akteur.

7.2 Strategische Handlungsoption Transportunternehmen bzw. Mobilitätsanbieter

Eine der grossen Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft für das Regulativ besteht darin, dass sich die Grenzen zwischen öffentlichem und privatem Verkehr vermischen werden, weil die Digitalisierung neue Möglichkeiten für Geschäftsmodelle in der Mobilität eröffnet (vgl. Abschnitt 3.4) und entsprechend On-demand-Angebote an Bedeutung gewinnen werden. On-demand-Angebote sind an der Schnittstelle von öffentlichem und privatem

Verkehr anzusiedeln²⁵⁹, sie können von ÖV- oder von privaten Transportunternehmen erbracht werden. Diese Schnittstelle ist an sich nicht neu, sie besteht heute schon zwischen dem klassischen ÖV, ÖV-ähnlichen On-demand-Angeboten und von privaten Unternehmen bereitgestellten Taxi-Angeboten. Im heutigen Regulativ sind diese unterschiedlichen Angebotsformen denn auch wiederzufinden, wie die Ausführungen in Abschnitt 6.3 gezeigt haben.

Mit vollautomatisierten Fahrzeugen verändert sich aber das Konkurrenzverhältnis zwischen den Angebotsformen. Aktuell sind On-demand-Angebote in erster Linie ergänzende Angebote zum klassischen ÖV²⁶⁰, in Zukunft könnten sie viel stärker als heute in Konkurrenz zu diesem stehen, weil die Transportdienstleistungen mit fahrerlosen Fahrzeugen viel günstiger werden erbracht werden können und auch andere Nachteile des On-demand-Verkehrs (z.B. das komplizierte Bestellwesen) abnehmen werden.²⁶¹ Dieser neuen Konkurrenzsituation wird das Regulativ Rechnung tragen müssen. Nimmt die Konkurrenzsituation zu, wären die neuen Angebote gemäss der Logik des bestehenden Regulativs im Personenverkehr dem Personenbeförderungsregal des Bundes zu unterstellen (vgl. dazu Abschnitt 6.3).

Für die Art und Weise, wie diese Unterstellung regulatorisch umgesetzt wird, sind die beiden Dimensionen «öffentlich» und «privat» von zentraler Bedeutung. Wird eine Mobilitätsdienstleistung von privaten Akteuren ohne (Mit)Finanzierung durch die öffentliche Hand im Wettbewerb erbracht, ist sie anders zu regulieren, als wenn die Dienstleistung mit öffentlichen Mitteln unterstützt wird oder einen öffentlichen Wettbewerbsschutz genießt.

Mit Blick auf die im Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion»²⁶² beschriebenen «generischen Angebotstypen» unterscheiden wir im Folgenden entlang der Dimensionen «öffentlich» und «privat» fünf Angebots- bzw. Verkehrsformen, die aus regulatorischer unterschiedlich zu behandeln sind. Die folgende Abbildung zeigt sie im Überblick.

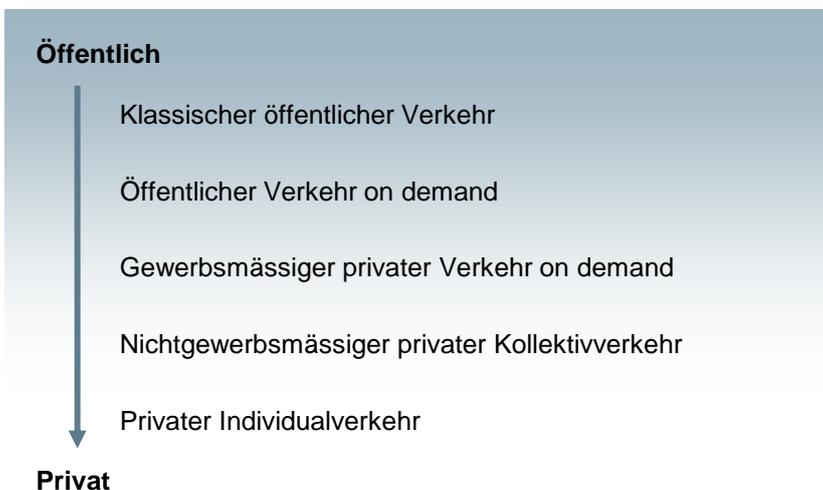


Abb. 14 Mögliche Abgrenzung von öffentlichen und privaten Angebots- bzw. Verkehrsformen für das Regulativ des Verkehrs der Zukunft

²⁵⁹ Für einen ausführlichen Überblick vgl. das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion» des vorliegenden Forschungsprogramms (Rapp Trans, 2020)

²⁶⁰ Für eine ausführliche Auslegeordnung zum Thema «Öffentlicher Verkehr und Taxis» vgl. z.B. Kummer und Stefanov (2019)

²⁶¹ Ein Überblick über die Vor- und Nachteile enthält z.B. Viergutz et al. (2019).

²⁶² Rapp Trans (2020)

7.2.1 Klassischer öffentlicher Verkehr

Im Projekt «Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion» ist eine Definition getroffen worden, die sich aus den Vorgaben des Personenbeförderungsgesetzes des Bundes (PBG)²⁶³ herleitet. Folgende Kernaspekte machen gemäss dieser Definition den klassischen ÖV aus:²⁶⁴

- Ausführung von Personenbeförderungen auf konzessionierten **Linien/Routen**
- **Transportpflicht:** Allgemeine Zugänglichkeit für jeden Nutzer
- **Fahrplanpflicht:** Aufstellung und Publikation eines Fahrplans
- **Betriebspflicht:** Durchführung des publizierten Angebots unabhängig von den äusseren Bedingungen und der momentanen Nachfrage
- **Tarifpflicht:** Fixierung und Veröffentlichung der Beförderungsbedingungen und Preise
- **Direkter Verkehr:** Zusammenfassung der Beförderungsleistungen mehrerer Unternehmen in einem einzelnen Transportvertrag

Hinzukommen die Vorgaben aus der Behindertengesetzgebung²⁶⁵, die vom klassischen ÖV bis 2023 umzusetzen sein werden.

Eng mit obigen Kernaspekten verbunden ist weiter, dass die Erbringung der Transportleistungen mit Ausnahme von spezifischen Angeboten im Fernverkehr von der öffentlichen Hand bestellt und über Abgeltungen mitfinanziert wird. Zusätzlich trägt die öffentliche Hand massgeblich zur Finanzierung der Schienenverkehrsinfrastruktur bei.

Konzessionen sowie eidgenössische oder kantonale Bewilligungen (beim grenzüberschreitenden Verkehr und bei Beförderungsangeboten von geringerer Bedeutung, vgl. dazu Abschnitt 6.3) sind neben den bestellten und abgegoltenen Verkehrsdienstleistungen die massgeblichen Instrumente zur Regulierung der Angebote des klassischen ÖV.

7.2.2 Öffentlicher Verkehr on demand

Vom klassischen ÖV sind «ÖV-ähnliche» Angebote abzugrenzen. Für diese Kategorie sind die Kernaspekte des klassischen ÖV ebenfalls merkmalsprägend, ihnen wird aber nicht vollständig entsprochen. Öffentliche On-demand-Angebote sind gegenüber dem klassischen ÖV räumlich und zeitlich flexibilisiert, weil nicht zwingend eine fix vorgegebene Route zurückgelegt wird (z.B. im Fall eines Richtungsbandbetriebs mit Linienabweichungen) und nicht ein vorgegebener Fahrplan, sondern die Nachfrage über die erbrachten Transportdienstleistungen entscheidet. Naturgemäss entfällt damit die Pflicht, einen Linien- und einen Fahrplan aufzustellen, zu publizieren und einzuhalten. Dafür sind die Regeln zu publizieren, unter welchen Bedingungen das On-demand-Angebot erbracht wird. Die übrigen Kernaspekte des klassischen ÖV sind auch für den ÖV on demand relevant.

Die Nähe zum klassischen ÖV ergibt sich weiter daraus, dass die Erbringung der Transportleistungen des ÖV on demand durch die öffentliche Hand unterstützt wird. Das kann in Form einer Mitfinanzierung des bestellten Angebots sein oder durch einen gewährten Wettbewerbsschutz mittels Gebietskonzession oder -bewilligung.

7.2.3 Gewerbmässiger privater Verkehr on demand (Robo-Taxi-Angebote)

Diese Verkehrsform stellt die eigentliche Herausforderung für das Regulativ dar. Aus heutiger Sicht fallen insbesondere Taxidienstleistungen unter diese Verkehrsform, aber auch weitere von privaten Akteuren ohne staatliche Unterstützung oder Wettbewerbsschutz bereitgestellte Transport- bzw. Mobilitätsangebote. Wie in den Abschnitt 6.2.3 und 6.3 be-

²⁶³ Bundesgesetz über die Personenbeförderung, SR 745.1

²⁶⁴ Rapp Trans (2020)

²⁶⁵ Konkret aus dem Bundesgesetz über die Beseitigung von Benachteiligungen von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz BehiG) vom 13. Dezember 2002

schrieben, sind Taxidienstleistungen nicht über das Personenbeförderungsgesetz geregelt, sie stellen eine Ausnahme zum Personenbeförderungsregal des Bundes dar. Die für den ÖV (klassisch und on demand) oben beschriebenen Kernaspekte sind für Taxidienstleistungen nicht massgebend. In den kantonalen und kommunalen Regulierungen finden sich aber Festlegungen, die sich an einzelnen der Kernaspekte orientieren (z.B. Festlegung einer gewissen Transportpflicht).

Relevant ist der oben beschriebene potenziell grosse Bedeutungszuwachs dieser Verkehrsform im Verkehr der Zukunft. Es stellt sich die Frage, wie private gewerbsmässige Betreiber von Robo-Taxi-Flotten dereinst reguliert werden sollen. Aus heutiger Sicht würden sie bei einem Bedeutungszuwachs auf Basis von Art. 8 Abs. 2 der Verordnung über die Personenbeförderung (VPB) unter das Personenbeförderungsregal des Bundes fallen.²⁶⁶ Entsprechend wäre neu der Bund und wären nicht mehr die Kantone (oder die Gemeinden) für die Regulierung zuständig, weil die Kantone gemäss Personenbeförderungsgesetz²⁶⁷ nur für Beförderungsangebote von geringer Bedeutung Bewilligungen erteilen.

Grundsätzlich könnte sich die Regulierung an der Regulierung des ÖV on demand ausrichten, da es sich ebenfalls um nicht streckengebundenen On-demand-Verkehr handelt. Das entscheidende Abgrenzungsmerkmal ist aber, dass es sich bei gewerbsmässigen Robo-Taxi-Angeboten um ein kommerzielles und von der öffentlichen Hand nicht unterstütztes Mobilitätsdienstleistungsangebot handelt. Entsprechend muss die Regulierung deutlich zurückhaltender ausfallen als beim ÖV on demand. Wichtiger ist dafür – wie für private Akteure in anderen Wirtschaftsbranchen – die Wirtschaftsfreiheit.

Wird von dieser Grundhaltung ausgegangen, könnte eine Regulierung des gewerbsmässigen privaten On-demand-Verkehr folgende Punkte abdecken bzw. Merkmale aufweisen:

- Der Betreiber einer Robo-Taxi-Flotte – oder auch einer anderen Flotte von Verkehrsmitteln – braucht eine **Zulassungsbewilligung** als Strassentransportunternehmen. Wie aktuell über das Bundesgesetz über die Zulassung als Strassentransportunternehmen (STUG) wird eine Zulassungsbewilligung nur dann erteilt, wenn gewisse **Voraussetzungen** erfüllt werden. Heute beziehen sich die Voraussetzungen auf drei Punkte:
 - Zuverlässigkeit (STUG Art. 5)
 - Finanzielle Leistungsfähigkeit (STUG Art. 6)
 - Fachliche Eignung (STUG Art. 7)

Wie alle rechtlichen Grundlagen zur Verkehrsregulierung geht das STUG nicht von Strassentransportunternehmen aus, die eine Flotte von vollautomatisierten Fahrzeugen betreiben. An die «fachliche Eignung» werden für den Verkehr der Zukunft entsprechend andere Anforderungen gestellt werden als dies heute der Fall ist. Bei der fachlichen Eignung werden **Sicherheitsfragen**, verstanden sowohl im Sinn von «Safety» (Unfallrisiko, funktionale Sicherheit) als auch von «Security» (Persönlichkeitsschutz), eine zentrale Rolle spielen. Eine Zulassungsbewilligung erhält nur, wer den Nachweis erbringen kann, dass er bzw. sein Angebot definierte Standards im Sicherheitsbereich einhält.

Die Zulassungsbewilligung ist auch das relevante rechtliche Gefäss, um Grundsätze über den **Datenaustausch** (Lieferung bzw. Öffnung des Zugriffs auf relevante anonymisierte Mobilitätsdaten) zu regeln. Dies u.a., weil Robo-Taxis auch Glied von multimodalen Transportketten sein werden.

Bei der Ausrichtung des STUG auf den Verkehr der Zukunft mit vollautomatisierten Fahrzeugen wird ein weiterer wichtiger Punkt zu klären sein, die Frage der **Niederlassungs- und Meldepflicht** für Flottenbetreiber. Mit der Niederlassungspflicht kann gewährleistet werden, dass die dazumal in der Schweiz geltenden Regulierungen auch gegenüber

²⁶⁶ Folgende Bedingung der VPB wäre erfüllt: «Sind die Fahrten in Bezug auf ihre Funktionalität und Kapazität mit bestehenden Fahrten oder Fahrtenketten des Linienverkehrs vergleichbar und auf deren Benutzerinnen und Benutzer ausgerichtet, so unterstehen sie dem Personenbeförderungsregal.»

²⁶⁷ Art. 7 Abs. 2 PBG

ausländischen Unternehmen durchgesetzt werden können.²⁶⁸ Zu diesen Regulierungen gehört auch die Besteuerung der Unternehmen. Über die Niederlassungspflicht kann angestrebt werden, dass Gewinne aus der in der Schweiz erzielten Wertschöpfung auch in der Schweiz versteuert werden. Über die Meldepflicht erfolgt eine öffentliche Registrierung der Unternehmen mit Zulassungsbewilligung, wie dies mit dem «Register der Strassen-transportunternehmen» bereits heute der Fall ist (vgl. STUG Art. 9).

Selbstredend muss nicht nur der Betreiber, sondern müssen auch die eingesetzten Verkehrsmittel über eine gültige Zulassung verfügen (vgl. dazu Abschnitt 6.4). Kein Wesensmerkmal ist, ob sich die eingesetzten vollautomatisierten **Fahrzeuge im Eigentum** des Betreibers befinden oder von privaten Eigentümern **zugemietet** sind, die ihr Fahrzeug temporär oder permanent dem Betreiber zur Verfügung stellen. Es gilt die Analogie zum in Abschnitt 6.3 beschriebenen UBER-Urteil: Ein Betreiber einer Robo-Taxi-Flotte vermittelt nicht nur vollautomatisierte Fahrzeuge, sondern er bietet Mobilitätsdienstleistungen an. Auch die zugemieteten privaten vollautomatisierten Fahrzeuge sind untrennbar mit der Mobilitätsdienstleistung verbunden.

- Die eingangs erwähnte, für Taxidienstleistungen relevante Ausnahme vom Personenbeförderungsregal gilt nur für «...Fahrzeuge, die nach ihrer Bauart und Ausstattung nicht dazu bestimmt und geeignet sind, mehr als neun Personen einschliesslich der Fahrerin oder des Fahrers, zu befördern». Es wird sich die Frage stellen, ob eine solche **Bestimmung zur maximalen Gefässgrösse** dereinst auch für Betreiber von Robo-Taxi-Flotten gelten soll. Es gibt Argumente dafür und dagegen:
 - Werden Robo-Taxis wie heute normale Taxis als Ergänzung zum ÖV verstanden, drängt sich die Festlegung einer maximalen Gefässgrösse auf. Eine Robo-Taxi-Flotte würde entsprechend nur Robo-Cabs (Platz für ca. 4 Personen) und Robo-Vans (bis ca. 10 Personen), nicht aber Robo-Busse (mehr als ca. 10 Personen) umfassen. Auch verkehrstechnische Aspekte sprechen dafür: Der gewerbsmässige private On-demand-Verkehr verfügt, anders als der ÖV (klassisch und on demand), über keine eigenen Haltestellen, was das Ein- und Aussteigen bei grossen Gefässen wie Robo-Bussen schwierig machen würde.
 - Werden Robo-Taxis als grundsätzlich neue Möglichkeit verstanden ein Gebiet zu erschliessen, sollten dem Betreiber die Freiheit gelassen werden, über den wichtigen Parameter «Gefässgrösse» selber entscheiden zu können. Er wird den aus seiner kommerziellen Sicht besten Mix von Robo-Caps, Robo-Vans und Robo-Bussen anstreben.

Möglicherweise drängt sich hier eine flexible Lösung auf, weil die Bedeutung der beiden Argumente unterschiedlich ist, je nachdem was für ein Raum bzw. Verkehrssystem (städtisch, ländlich) betrachtet wird (mehr dazu in Abschnitt 7.3 unten).

- Heute finden sich in der Taxi-Regulierung häufig **Qualitätskriterien**, die eingehalten werden müssen, damit eine Bewilligung erteilt wird. Statt auf solche Qualitätskriterien könnte bei nichtsicherheitsrelevanten Punkten konsequent auf die Selbstregulierung durch **Ratings** gesetzt werden.
- Wenn gewerbsmässig betriebene Robo-Taxis konsequent als **private Verkehrsform** verstanden werden, dürften die oben erwähnten Kernaspekte des ÖV grundsätzlich keine Rolle spielen, allenfalls mit gewissen Einschränkungen, wie sie heute in der Taxiregulierung zu finden sind:
 - **Transportpflicht:** Im Sinne eines Ausgleichs von Rechten und Pflichten findet sich Taxiregulierungen v.a. dann eine (abgeschwächte) Transportpflicht (z.B. Pflicht zur Beförderung falls «zumutbar»), wenn Taxis öffentliche Standplätze zur Verfügung stehen, was eigentlich einem «gesteigerten Gemeingebrauch von öffentlicher Fläche» gleichkommt. Das könnte nach wie vor vorgesehen sein.
 - **Fahrplanpflicht:** Für diesen On-demand-Verkehr nicht relevant.

²⁶⁸ Eine solche Niederlassungspflicht ist vom UVEK 2018 mit dem gleichen Zweck für Mobilitätsvermittler vorgeschlagen worden (vgl. UVEK (2018b), S. 12).

- **Betriebspflicht:** Wie bei der Transportpflicht könnte eine Betriebsbereitschaft dann eingefordert werden, wenn öffentliche Standplätze genutzt werden.
 - **Tariffpflicht:** Sofern die Dienstleistungen im Wettbewerb erbracht werden, gilt für Robo-Taxi-Betreiber die Preisgestaltungsfreiheit. Vorbehalten bleiben die Bestimmungen für Preisangaben gemäss Bundesgesetz über den unlauteren Wettbewerb (UWG)
 - **Direkter Verkehr:** Direkter Verkehr muss nicht angeboten werden. Die in Abschnitt 6.6 beschriebenen offenen Vertriebssysteme stellen die Integration von Robo-Taxi-Angeboten in Mobilitätsketten sicher.
- **Behindertengesetzgebung:** Analysen in den USA haben gezeigt, dass private Mobilitätsdienstleister ohne Regulierung nur sehr beschränkt Angebote für Personen mit Mobilitätseinschränkungen bereitstellen.²⁶⁹ In diesem Bereich könnten im Rahmen der Zulassungsbewilligung Vorgaben gemacht werden (z.B. X% der eingesetzten Fahrzeuge müssen BehiG-Vorgaben entsprechen).
 - **Arbeitsrechtliche Fragestellungen** spielen in der «fahrerlosen» Welt mit Robo-Taxis keine Rolle mehr.

7.2.4 Nichtgewerbsmässiger privater Kollektivverkehr

Diese Kategorie ist heute nicht reguliert, sondern vollständig dem Privatsektor überlassen. Es handelt sich um Arrangements, die zwischen privaten Akteuren abgeschlossen werden und keinen kommerziellen Zweck verfolgen. Den Arrangements ist kein Geschäftsmodell hinterlegt, regulatorische Abgrenzung zum Betrieb von Robo-Taxis ist die fehlende Gewerbsmässigkeit.²⁷⁰ Erscheinungsform können private Fahrzeug-Sharings sein, bei welchem die Fahrzeugkosten gemeinsam getragen werden oder nicht-kommerzielle Fahrgemeinschaften (Ride-Sharings), bei welchen die Fahrkosten auf die Teilnehmenden aufgeteilt werden.

Die Rahmenbedingungen für diese Verkehrsform werden sich durch die Digitalisierung und durch vollautomatisierte Fahrzeuge verbessern. Es wird gegenüber heute viel einfacher sein, solche Verkehre zu organisieren und umzusetzen. Ein weitergehender Regulierungsbedarf wie eine Unterstellung unter das Personenbeförderungsregal entsteht daraus aber nicht, weil die Verkehrsform nicht gewerbsmässig betrieben wird. Denkbar ist, dass der Staat, und hier vor allem die Kantone und die Gemeinden, diese Verkehrsform über Anreize fördert, weil sie zu einem höheren Besetzungsgrad der Fahrzeuge führt, was seinerseits die Verkehrsleistung bei gleicher Mobilitätsleistung reduziert. Anreize können bspw. spezifische Fahrspuren oder Parkplätze für Fahrzeuge dieser Verkehrsform sein (vgl. dazu auch Abschnitt 7.4). Auch über die Ausgestaltung eines künftigen Mobility Pricing können Anreize zu Gunsten von privaten nichtgewerbsmässigen Kollektivverkehren gesetzt werden (vgl. dazu Abschnitt 7.5).

7.2.5 Privater Individualverkehr

Im Verkehr der Zukunft ist unter privatem Individualverkehr die ausschliesslich private und individuelle Verwendung des eigenen, selbst finanzierten Verkehrsmittels zu verstehen. Das (vollautomatisierte) Verkehrsmittel wird weder an Betreiber von Fahrzeugflotten vermietet noch Fahrgemeinschaften zur Verfügung gestellt. Im Fall von vollautomatisierten Fahrzeugen ist es diese Verkehrsform, die massgeblich zum Risiko von Mehrverkehr beiträgt, indem die Fahrzeuge ihre wenigen Insassen zum Zielort fahren und leer zurück zum Ausgangsort der Fahrt fahren (und umgekehrt).

Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, kann die Regulierung auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlicher Intensität ansetzen:

²⁶⁹ ITF (2019), S. 15 ff.

²⁷⁰ Für die aktuelle Definition von Gewerbsmässigkeit vgl. Art. 2 Ziffer b. PBG und Art. 3 VPB

- Denkbar sind Anreize für Eigentümerinnen und Eigentümer, ihre Fahrzeuge in private Fahrzeug-Sharings und/oder Fahrgemeinschaften einzubringen oder sie kommerziellen Betreibern von Flotten vollautomatisierter Fahrzeuge zur Verfügung zu stellen. Monetäre Anreize könnten bspw. über eine unterschiedliche Besteuerung der Fahrzeuge gesetzt werden, also über eine Differenzierung der Fahrzeugsteuern (z.B. ein Bonus bei der Fahrzeugsteuer für Fahrzeuge, die in einem definierten Umfang «kollektiv» eingesetzt werden).
- Eine schärfere Regulierung wäre ein Mindest-Vermietungszwang für vollautomatisierte Fahrzeuge im Privatbesitz oder als Extremmassnahme gar ein Besitzverbot für Private für den individuellen Gebrauch.
- Auch in der Verkehrsorganisation eröffnen sich Möglichkeiten zur Regulierung dieser Verkehrsform (vgl. Abschnitt 7.4.).

7.3 Strategische Handlungsoption Mobilitätsangebote

7.3.1 Regulierung des Wettbewerbs zwischen den verschiedenen Verkehrsformen

Die Konkurrenzverhältnisse auf dem Personenverkehrsmarkt der Zukunft werden anders sein als heute. Bisher ist der Wettbewerb auf diesem Markt massgeblich über Konzessionen und Bewilligungen reguliert worden (vgl. dazu die Abschnitte 6.3 und 6.6). Bei dieser Regulierung geht es um zwei unterschiedliche Formen des Wettbewerbs:

- Wettbewerb *im* Personenverkehrsmarkt, also zwischen den unterschiedenen Verkehrsformen und innerhalb dieser (z.B. Wettbewerb zwischen ÖV und Taxis)
- Wettbewerb *um* den Personenverkehrsmarkt, also Wettbewerb um Konzessionen und Bewilligungen

Mit Blick auf das Marktvolumen ist klar, dass sich die Konkurrenz- bzw. **Wettbewerbssituation je nach betrachtetem Raum anders** stellt: So ergibt sich in einem interurbanen Korridor mit hoher und teilweise stark gebündelter Personenverkehrsnachfrage eine ganz andere Ausgangslage als in einem ländlichen Gebiet mit einer dispersen und vergleichsweise geringen Nachfrage. Diesen Unterschieden wird bereits heute in der Regulierung Rechnung getragen, indem bei der Erteilung von Konzessionen oder Bewilligungen u.a. die Konkurrenzsituation zum bestehenden öffentlichen Verkehrsangebot berücksichtigt werden muss. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die strategischen Handlungsoptionen zur Regulierung des Wettbewerbs für drei «Archetypen» von Räumen diskutiert:

- Urbane, städtische Räume
- Interurbane Korridore / Hauptlinien
- Ländliche Gebiete / Nebenlinien

Wettbewerbsregulierung im urbanen, städtischen Verkehr

Tab. 10 Strategische Optionen für die Regulierung des Wettbewerbs zwischen den Verkehrsformen im urbanen, städtischen Verkehr

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Konzessionen nur noch für den schienenengebundenen ÖV (Bahn, Metro) – Auf der Strasse freier Wettbewerb unter definierten Rahmenbedingungen (u.a. zum Verkehrsablauf) – Erteilung von Zulassungsbewilligungen ohne weitere Einschränkungen für gewerbsmässige Anbieter von Robo-Taxi-Dienstleistungen – Bestellungen / Abgeltungen im ÖV: Von Marktentwicklung abhängig 	<ul style="list-style-type: none"> – ÖV als «Backbone» des urbanen, städtischen Verkehrssystems – Konzessionen für leistungsstarken schienen- und strassengebundenen ÖV, mit Zulassungswettbewerb – Zulassungsbewilligung plus Betriebsbewilligung für gewerbsmässige Anbieter von Robo-Taxi-Dienstleistungen mit Auflagen (z.B. maximale Gefässgrösse, Einschränkungen bei den Betriebszeiten, keine Benutzung von Busspuren und Haltestellen des ÖV)

Setzt der Regulator auf die **Stossrichtung «laissez-faire»**, wird er insbesondere im urbanen, städtischen Raum mit seinem hohen Verkehrsaufkommen anstreben, neue Möglichkeiten für private Akteure zu schaffen. Er glaubt an das grosse Potenzial von kommerziellen Robo-Taxi-Angeboten. Diese wird nicht wie heute der Taxiverkehr als Ergänzung zum ÖV gesehen, sondern als grundsätzlich neue und andere Möglichkeit, urbane und städtische Räume zu erschliessen. Ein Wettbewerb zwischen den Anbietern ist möglich, weil Produktivitätseffekte (Wegfall der Fahrerkosten, geringere Fahrzeugkosten) anders als heute im ÖV kostendeckende und damit ohne Steuergelder bereitgestellte Angebote ermöglichen. Entsprechend werden durch das Regulativ günstige Rahmenbedingungen für einen Wettbewerb *im* Verkehrsmarkt geschaffen. Dies bedeutet, dass Robo-Taxi-Anbieter nur eine Zulassungsbewilligung als Unternehmen benötigen. Ihre Mobilitätsdienstleistungen können sie ohne Einschränkungen erbringen. Ob es in einer solchen Welt noch Fahrpläne und definierte Linien gibt, entscheiden die Anbieter selber. Der Verkehrsteilnehmende bucht nur noch Mobilitätsdienstleistungen von A nach B.

Wettbewerbsschutz gibt es noch auf der Schiene, zumindest solange auf der Schiene noch fahrplanmässiger Systemverkehr gefahren wird und sich nicht intelligente autonome Schienenfahrzeuge ihren Weg durch das Schienennetz selber suchen (vgl. dazu Abschnitt 6.7).

Eine konsequente Schaffung von Wettbewerb im strassengebundenen Verkehr (inkl. Trams) bedeutet, dass keine Konzessionen mehr für strassengebundene ÖV-Angebote erteilt werden. Konsequenterweise würde für Robo-Taxi-Angebote auch die heute bestehende Beschränkung der maximalen Gefässgrösse für Taxidienstleistungen (vgl. Abschnitt 7.2) entfallen. Betreiber von Robo-Taxi-Flotten könnten auch vollautomatisierte Fahrzeuge in Busgrösse einsetzen (oder «Platooning-Lösungen» für kleinere Gefässe auf Hauptverbindungsstrecken vorsehen). Die Haltestellen des bisherigen ÖV können von Robo-Taxis benutzt werden, bleiben aber grossen Fahrzeugen (Robo-Bussen) vorbehalten.

Auch für Randzeiten wird von der öffentlichen Hand kein Angebot bestellt. Die Lösung wird dem Markt überlassen, plus der Transportleistung, die von vollautomatisierten Fahrzeugen im privaten Kollektiv- und Individualverkehr erbracht wird. Nur wenn sich im Zeitverlauf zeigen sollte, dass die Marktlösung aus Sicht der angestrebten Grundversorgung nicht befriedigt, werden Service-public-Angebote (z.B. ÖV on demand) bestellt und abgeboten.

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** glaubt der Regulator nicht daran, dass die Stossrichtung «laissez-faire» erfolgreich umgesetzt werden kann.

- Er sieht im ÖV einen kapazitätsstarken Mobilitätsdienstleister, der für eine effiziente Verkehrsabwicklung in einem urbanen, städtischen Raum unerlässlich ist. Die Kombination von leistungsstarkem ÖV und Robo-Taxi-Angeboten wird als sinnvollster Lösungsansatz betrachtet, um die Leistungsfähigkeit eines urbanen, städtischen Verkehrssystems insgesamt zu erhalten.²⁷¹
- Der Regulator befürchtet, dass bei der Stossrichtung «laissez-faire» früher oder später Monopollösungen entstehen, und zwar weniger auf Seiten der Erbringung der Mobilitätsdienstleistung als auf Seiten der Vermittlung dieser Dienstleistungen. Gründe sind Netzwerkeffekte, zunehmende Skalenerträge und Verbundeffekte bei Online-Buchungsplattformen auch im Mobilitätsbereich (vgl. dazu Abschnitt 7.3.2).²⁷²
- Der Regulator geht schliesslich davon aus, dass die Stossrichtung «laissez-faire» im Bereich der Grundversorgung nicht zu einer befriedigenden Lösung führt (z.B. zu hohe Preise, zu lange Wartezeiten bei Robo-Taxis).

²⁷¹ Zu diesem Schluss sind bspw. Modellanalysen für eine mittelgrosse europäische Stadt gekommen. Die Kombination schneidet bzgl. Entwicklung der Verkehrsleistung gemessen in Fahrzeugkilometern am besten ab (vgl. ITF (2015b), S. 5).

²⁷² Die Monopolfahrer wird unterschiedlich beurteilt. Eine Untersuchung für den Fernreisemarkt in Deutschland kommt zum Schluss, dass in praktisch allen Segmenten im Zeitverlauf Quasi-Monopolstellungen entstanden sind (vgl. Krämer et al. (2019), S. 20). Andere sehen insbesondere für volumenstarke Märkte mit vielen Transaktionen (Buchungen von Mobilitätsdienstleistungen über Online-Plattformen) beschränkte Monopolfahren (vgl. Montero (2019), S. 32).

Entsprechend sind bei diesem Strategiefokus auch für den strassengebundenen ÖV mit vollautomatisierten Bussen und Trams nach wie vor Konzessionen vorgesehen. Ein Wettbewerb um die Konzessionen, also ein Wettbewerb *um* den Markt, bleibt vorbehalten.

Kommerzielle Robo-Taxi-Angebote werden – wie heute Taxidienstleistungen und weitere Mobilitätsangebote (z.B. eBike-Angebote) – als Ergänzung zum «Backbone» ÖV gesehen. Robo-Taxi-Anbieter dürfen entsprechend nur kleinere Fahrzeuge einsetzen (Robo-Cabs und Robo-Vans). Die Haltestellen des ÖV bleiben dem ÖV vorbehalten. Über eine entsprechende Ausgestaltung von Verkehrsmanagement und Verkehrsregeln kann die Wettbewerbsposition des ÖV weiter gestärkt werden (vgl. dazu Abschnitt 7.4). Noch einschneidendere Regulierungen zu Gunsten des ÖV wären räumliche und zeitliche Einschränkungen beim Betrieb von Robo-Taxis, also eingeschränkte Betriebsperimeter und/oder Betriebszeiten.

Wettbewerbsregulierung im interurbanen Verkehr

Tab. 11 Strategische Optionen für die Regulierung des Wettbewerbs zwischen den Verkehrsformen im interurbanen Verkehr

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
– Streckenkonzessionen für den schienengebundenen ÖV	– ÖV als «Backbone» des interurbanen Verkehrssystems
– Erteilung von Zulassungsbewilligungen ohne weitere Einschränkungen für gewerbsmässige Anbieter von Robo-Taxi-Dienstleistungen	– Streckenkonzessionen für den schienengebundenen ÖV und für gewerbsmässige Anbieter von Robo-Taxi-Dienstleistungen mit grossen Gefässen (Robo-Bussen)
– Umnutzungen von Schienentrassen: Von Marktentwicklung abhängig	– Bestellungen / Abgeltungen im ÖV: Von Marktentwicklung abhängig

Bei der **Stossrichtung «laissez-faire»** gilt die gleiche Logik wie beim urbanen, städtischen Verkehr. Konzessionen werden nur noch für den Schienenverkehr vergeben, solange der Schienenverkehr noch fahrplanmässiger Systemverkehr ist. Mit der Konzession sind keine Abgeltungen verbunden, es wird nur ein Wettbewerbsschutz auf der Schiene gewährt. Für die Nutzung der Schieneninfrastruktur muss nach wie vor ein Trassenpreis entrichtet werden.

Die Angebote von gewerbsmässigen Robo-Taxi-Betreibern werden nicht weiter reguliert. Sie können auch im Fernverkehr ohne Einschränkung, also insbesondere auch mit Robo-Bussen, erbracht werden. Die Anbieter müssen nur über eine Zulassungsbewilligung verfügen. Es wird die Haltung eingenommen, dass der Schienenverkehr der Zukunft im interurbanen Verkehr über systemimmanente Vorteile verfügt, die er ausspielen kann und die ihn im Wettbewerb mit kommerziellen Robo-Taxi-Betreibern auch ohne Abgeltungen bestehen lassen:

- Es sind einerseits die leistungsstarken Kapazitäten dank der grossen Gefässgrösse. Platooning-Lösungen auf der Strasse mit vergleichbaren Kapazitäten sind zumindest aus heutiger Sicht schwer vorstellbar.
- Weiter sind die vergleichsweise hohen Reisegeschwindigkeiten relevant. Da auf einem separaten Schienentrasse verkehrend, wird der automatisierte Schienenverkehr der Zukunft (ohne Lokführer) noch auf lange Sicht Geschwindigkeitsvorteile gegenüber dem Strassenverkehr mit vollautomatisierten Fahrzeugen aufweisen.
- Schliesslich führt die Automatisierung auch beim Schienenverkehr zur Produktivitätseffekten. Diese dürften mit ca. 10-20%²⁷³ allerdings geringer ausfallen als beim Strassenverkehr mit vollautomatisierten Fahrzeugen.

Diese Wettbewerbsvorteile des schienengebundenen Verkehrs gelten in erster Linie für aufkommensstarke interurbane Verbindungen. Sollte sich im Zeitverlauf zeigen, dass sich

²⁷³ Im ASTRA-Forschungspaket „Auswirkungen des automatisierten Fahrens“ getroffene Annahme: 20%.

der schienengebundene ÖV auf gewissen Strecken nicht behaupten kann, könnten Umnutzungen von Schienentrassen ein Thema werden, also der Um- bzw. Ausbau zu Infrastrukturen für den Verkehr mit vollautomatisierten Strassenfahrzeugen. Solche Umnutzungen könnten neue Möglichkeiten zur Vermeidung von Mischverkehr eröffnen: Die automatisierten Fahrzeuge (Level 4 und 5) würden die umgenutzte Infrastruktur benutzen, Fahrzeuge mit tieferem Automatisierungsgrad die bestehende Strasseninfrastruktur.

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** wird der Netzwerkcharakter des Schienenverkehrs und seine Komplementarität zum Strassenverkehr hervorgehoben.

- Auch wenig aufkommensstarke ÖV-Linien sollen aufrechterhalten werden, weil sie als Zubringerlinien für Hauptlinien dienen. Ein leistungsstarkes ÖV-System kann nicht nur aus Hauptlinien bestehen. Quersubventionierungen zwischen aufkommensstarken und -schwachen Linien ermöglichen ein erwünschtes Gesamtpaket.
- Aus einer Sicht Gesamtverkehrssystem kann es sinnvoll sein, in Korridoren sowohl eine Schienen- als auch eine Strasseninfrastruktur zu betreiben und zu unterhalten, weil der Wegfall eines Verkehrsträgers zu Umlagerungen auf den anderen führen würde, die dieser nicht oder nur zu höheren Kosten bewältigen könnte. Zudem ist wenig wahrscheinlich, dass Umnutzungen von Schienentrassen zu einer kostengünstigeren und von den Kapazitäten her vergleichbaren Gesamtlösung führen. Auch in diesem Fall wäre ein gewisser Wettbewerbsschutz für ÖV-Linien eine angezeigte Lösung.

Der Wettbewerbsschutz der Schiene könnte darin bestehen, dass der private kommerzielle Fernverkehr mit vollautomatisierten Bussen (Robo-Bussen) nur mit einer Streckenkonzession möglich ist, wie dies auch aktuell für Fernbuslinien der Fall ist.²⁷⁴ Entsprechend müsste für in der gesamten Schweiz operierende gewerbmässige Robo-Taxi-Anbieter eine Beschränkung der maximalen Gefässgrösse vorgesehen werden, wie dies heute für den Taxiverkehr der Fall ist. In welchem Umfang Platooning-Lösungen, also das Zusammenkoppeln von kleineren Fahrzeugen (Robo-Cabs und Robo-Vans) den angestrebten Wettbewerbsschutz für den schienengebundenen ÖV aushebeln, wird sich zeigen müssen.

Auch bei der Stossrichtung «proaktiv steuern» sollten Umnutzungen von Schieneninfrastrukturen mit geringem Verkehrsaufkommen im Zeitverlauf ein Thema sein. Dank des gewissen Wettbewerbsschutzes für die Schiene dürfte sich die Frage für weniger Strecken und/oder im Zeitverlauf später stellen.

Wettbewerbsregulierung im ländlichen Verkehr

Tab. 12 Strategische Optionen für die Regulierung des Wettbewerbs zwischen den Verkehrsformen im ländlichen Verkehr

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Marktentwicklung abwarten: Vollautomatisierte Fahrzeuge als Chance für den ländlichen Raum – Sicherung der Grundversorgung über nachfrageorientierte Ansätze wie Beiträge an vollautomatisierte Fahrzeuge, Fahrtengutscheine, Steuerabzüge für Mobilität, Anreize für den nichtgewerbmässigen privaten Kollektivverkehr – Gebietskonzessionen an mehrere kommerzielle Robo-Taxi-Anbieter, Vergabe im Wettbewerb, keine Abgeltungen – Exklusive Gebietskonzession kommerzielle Robo-Taxi-Anbieter in Gebieten mit sehr schwacher Nachfrage 	<ul style="list-style-type: none"> – Konzessions- bzw. Bestellerwettbewerb nur noch um Gebiete => Flächenkonzessionen, mit Abgeltungen für Angebote des klassischen oder des ÖV on demand

²⁷⁴ 2018 erhielt EUROBUS swiss-express vom BAV die Konzession für den Betrieb der ersten drei innerschweizerischen Fernbuslinien. Per 19. November 2019 wurde der Betrieb wegen zu geringer Nachfrageentwicklung wieder eingestellt. EUROBUS machte dafür auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen und die angewandte Praxis verantwortlich (vgl. https://swiss-express.ch/wp-content/uploads/2019/11/Information_Eurobus-swiss-express.pdf, besucht am 3. Januar 2020).

Verfolgt der Regulator für den ländlichen Raum eine Regulierungsstrategie mit der **Stossrichtung «laissez-faire»**, setzt er auch für den ländlichen Raum konsequent auf die Chancen des Strassenverkehrs mit vollautomatisierten Fahrzeugen:

- Er glaubt an hohe Produktivitätseffekte aus dem Wegfall des Fahrzeugführers, was neue Erschliessungsmöglichkeiten durch On-demand-Angebote von privaten Robo-Taxi-Betreibern eröffnet.²⁷⁵ Ob und wo sich solche kommerziellen Angebote im Zeitverlauf im ländlichen Raum etablieren, lässt sich heute noch nicht zuverlässig abschätzen, u.a. weil sich künftig denkbare Geschäftsmodelle heute noch gar nicht prognostizieren lassen.
- Für Gebiete, wo private kommerzielle Akteure kein aus Grundversorgungssicht befriedigendes Robo-Taxi-Angebot bereitstellen, greift der Regulator unterstützend ein. Da private Lösungen im Vordergrund stehen, setzt er aber nicht auf ein bestelltes und abgereguliertes Angebot des ÖV on demand – oder bei grösserem Nachfragepotenzial auch des klassischen ÖV, sondern auf andere Lösungsansätze wie bspw. die folgenden:
 - Denkbar sind Anreize zur Unterstützung des nichtgewerbsmässigen privaten Kollektivverkehrs, z.B. über dessen Fahrzeugen vorbehaltene Parkplätze bei Umsteigehubs oder auch über monetäre Anreize wie bspw. steuerliche Vorteile für private Fahrzeuge, die kollektiv genutzt werden.
 - Über «Fahrtengutscheine» könnte die Nachfrage gestärkt werden, so dass kommerzielle Robo-Taxi-Betreiber ein Angebot bereitstellen.
 - Schliesslich ist auch eine direkte Förderung des privaten Individualverkehrs mit vollautomatisierten Fahrzeugen denkbar, wenn die Mobilitätsnachfrage derart dispers und volumenmässig so gering ist, dass sich kommerziellen kollektive Angebote auch mit staatlicher Förderung nicht umsetzen lassen. Die direkte Förderung kann sich auf das Fahrzeuge selber (z.B. Beiträge an die Fahrzeugbeschaffung, Bonus bei der Fahrzeugbesteuerung) oder auf dessen Einsatz beziehen (z.B. über ein entsprechend differenziert ausgestaltetes Mobility Pricing oder über steuerliche Massnahmen analog dem heutigen Fahrkostenabzug).
- In der Logik der Stossrichtung «Laissez-faire» sind Gebietskonzessionen zwar denkbar, weisen als Lösungsansätze aber nicht Priorität auf:
 - Wo vom Nachfragepotenzial her machbar, könnte eine «administrierte Wettbewerbslösung» angestrebt werden, also die Vergabe von Konzessionen für die Erschliessung eines Gebietes an eine beschränkte Zahl von kommerziellen Robo-Taxi-Anbietern mit überzeugenden Erschliessungskonzepten. Ziel ist ein gewisser Wettbewerbsschutz zur Sicherung einer ausreichenden Nachfrage für kommerzielle Lösungen. Abgeltungen sind nicht vorgesehen.
 - Wo sich kommerzielle Lösungen ohne finanzielle Unterstützung durch den Staat nicht umsetzen lassen, bleiben exklusive Gebietskonzessionen für den ÖV on demand, inkl. staatliche Abgeltungen für die sichergestellte Grundversorgung. Im Sinne des Wettbewerbs *um* den Markt, wird die Konzession in einem Wettbewerbsverfahren vergeben.

Die **Stossrichtung «proaktiv steuern»** sieht im Verkehr der Zukunft v.a. die Möglichkeit, das aktuelle Grundversorgungsniveau im ländlichen Raum dank automatisierten Fahrzeugen kostengünstiger zu erreichen. Entsprechend stehen hier die oben beschriebenen nachfrageorientierten Ansätze nicht im Vordergrund. Der Fokus liegt auf dem Wettbewerb *um* den Markt: Exklusive Gebietskonzessionen für ÖV-On-demand-Lösungen und wo vom Nachfragevolumen her noch sinnvoll für den klassischen ÖV.

Mit dem absehbaren Bedeutungsgewinn von On-demand-Angeboten aufgrund des Aufkommens von vollautomatisierten Fahrzeugen werden Gebietskonzessionen gegenüber den heute dominierenden Linienkonzessionen an Bedeutung gewinnen. Klassische Merkmale zur Angebotsbeschreibung wie Takt, Gefässgrössen, Haltepolitik, etc. werden für die Mobilitätsversorgung durch den Verkehr der Zukunft an Relevanz verlieren. Der Regulator

²⁷⁵ Eine etwas ältere Analyse von Kostenersparnispotenzialen ÖV-Bedarfsangebote gegenüber Linienangeboten kam nur auf relativ geringe Einsparmöglichkeiten (5 – 10%). Dies war insbesondere auch auf den dominanten Kostenblock «Personalkosten» zurückzuführen, bei welchem sich keine substantziellen Reduktionen erzielen lassen, solange nach wie vor Fahrzeugführer benötigt werden (vgl. Ecoplan und Metron (2011), Abschnitt 6.5).

wird zuhanden des Bestellwesens neue konzeptionelle Ansätze entwickeln müssen, um für Gebiete angestrebte Mobilitätsversorgungslösungen zu umschreiben und damit zwischen Anbietern vergleichbar zu machen.

7.3.2 Wettbewerb zwischen Plattformen / Verkehrsvermittlern

Auch in diesem Regulierungsfeld lassen sich Unterschiede in der Regulierung ausmachen, je nachdem welche strategische Stossrichtung verfolgt wird.

Tab. 13 Strategische Optionen für die Regulierung des Wettbewerbs zwischen Mobilitätsvermittlungsplattformen

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Marktentwicklung abwarten – Regelung des Daten- und Vertriebszugang für Vermittler der Branche überlassen – Eingriff nur ex-post in begründeten Fällen 	<ul style="list-style-type: none"> – Verhinderung von Systemrisiken – Wettbewerb zwischen Vermittlungsplattformen aktiv fördern (Regulierung des Daten- und Vertriebszugangs)

Bei der **Stossrichtung «laissez-faire»** wird die Gefahr von Markteintrittshürden aufgrund von Netzwerk-, Skalen- und Verbundeffekte bei Plattformen zwar gesehen, es wird aber die Haltung eingenommen, dass die Fixkosten für die Entwicklung von Online-Plattformen nicht derart hoch sind, dass das Entstehen von Wettbewerb von vornherein ausgeschlossen werden muss. Selbst etablierte Plattformen können sich ihrer Position im Zeitverlauf nicht einfach sicher sein. Sie können von neuen Anbietern verdrängt werden, wenn deren Angebot überzeugender ausfällt. Für ein zurückhaltendes Regulieren spricht auch die Tatsache, dass Monopole in Plattformmärkten nicht nur negative Auswirkungen haben. So profitieren die Nutzerinnen und Nutzer einer Plattform ebenfalls von den erwähnten Netzwerkeffekten. U.a. verringern sich ihre Kosten für die Informationssuche, wenn sämtliche Angebote auf einer Plattform verfügbar sind.

Damit Mobilitätsangebote überhaupt von Vermittlungsplattformen angeboten werden können, brauchen diese einerseits Zugang zu notwendigen Daten und andererseits Zugang zu den Vertriebssystemen der jeweiligen Mobilitätsanbieter. Im Rahmen einer «laissez-faire» Regulierungsstrategie würde es grundsätzlich allen Mobilitätsanbietern freigestellt, ob sie ihre Angebote für Mobilitätsvermittler zugänglich machen. Es wird primär auf eine Branchenlösung gesetzt. Ein Eingriff ist daher nur dann sinnvoll, wenn tatsächlich erhebliche Markteintrittshürden entstehen (z.B. durch eingeschränkten Datenzugang für neu in den Markt eintretende Plattformen) und diese Situation durch einen Monopolisten ausgenutzt wird. Eine Ausnahme von diesem Grundsatz stellen die konzessionierten Transportunternehmen dar, soweit diese in über Konzessionen geschützten Märkten tätig sind. Um Wettbewerbsverzerrungen zu verhindern, muss der Zugang zu deren Vertrieb und Daten über das Regulativ gesteuert werden.

Allerdings finden sich auch Argumente für eine stärkere Rolle des Regulators im Sinne der **Stossrichtung «proaktiv steuern»**: Diese zuvor erwähnte Monopoltendenz könnte im Fall von Mobilitätsvermittlungsplattformen ausgeprägter sein als in anderen Märkten wie bspw. der Beherbergungsbranche. Der Grund dafür ist, dass sich bei multi- bzw. intermodalen Mobilitätsangeboten der Wert der vermittelten Mobilitätsdienstleistung durch die Kombination von Produkten verschiedener Mobilitätsanbieter erhöht. Die so entstehenden intermodalen Mobilitätsketten können von einer Konkurrenzplattform nur dann angeboten werden, wenn alle an dieser Kette beteiligten Mobilitätsanbieter auch mit der Konkurrenzplattform zusammenarbeiten. Ein möglichst starker Wettbewerb zwischen Plattformen lässt sich somit nur erreichen, wenn alle Daten zu allen bestehenden Mobilitätsangeboten für alle Vermittler zugänglich sind. Um das Entstehen monopolistischer oder marktmächtiger Vermittlungsplattformen zu verhindern sorgt das Regulativ aktiv für den Abbau von Markteintrittshürden. Dies kann über Regulierungen des Datenaustausches zwischen Mobilitätsvermittlern und Mobilitätsanbietern sowie in der Regulierung des Zugangs zu den Vertriebssystemen der Mobilitätsanbieter geschehen. Insbesondere müsste dabei der Datenzugang zu den Mobilitätsanbietern, die über ein Monopol bzw. eine Konzession verfügen, reguliert

werden. So kann sichergestellt werden, dass alle Mobilitätsvermittler auf derselben Basis aufbauen können.

Ein frühzeitiges Eingreifen des Regulators führt dazu, dass keine Systemrisiken entstehen können. Entstehen marktmächtige oder monopolistische Vermittler, ist denkbar, dass das gesamte Verkehrssystem von privaten Anbietern, und das könnten auch ausländische Unternehmen sein, beeinflusst werden kann oder sogar von solchen abhängig wird. Aufgrund der grossen Bedeutung eines funktionierenden Verkehrssystems würde in einem solchen Fall für die gesamte schweizerische Volkswirtschaft ein Systemrisiko entstehen.

7.4 Strategische Handlungsoptionen Verkehrsorganisation und -ablauf

Wie in Abschnitt 6.7 beschrieben, gibt es im Regulierungsfeld Verkehrsorganisation und -ablauf zahlreiche Ansatzpunkte, um auf den Verkehr der Zukunft regulatorisch einzuwirken. In den folgenden Abschnitten beleuchten wir ausgewählte von ihnen.

7.4.1 Regulierungen zur Beeinflussung des Besetzungsgrads

Die Chancen-Risiko-Analyse in Kapitel 4 hat gezeigt, dass der Verkehr der Zukunft verschiedene Potenziale für eine Steigerung der Mobilitätsnachfrage aufweist. Wie stark sich eine höhere Mobilitätsnachfrage in einem höheren Verkehrsaufkommen niederschlägt, hängt u.a. von der Entwicklung des Besetzungsgrades der Fahrzeuge ab. Auf diesen wichtigen Parameter kann über das Regulativ mehr oder weniger stark Einfluss genommen werden. Aus ökonomischer Sicht ist für die Frage, wie stark das Regulativ direkt auf den Besetzungsgrad einwirken soll, entscheidend, inwiefern die Verkehrsteilnehmenden in ihrem Mobilitätsverhalten die von ihnen verursachten Kosten berücksichtigen.

Liegt der **strategische Fokus auf «laissez-faire»**, nimmt das Regulativ eine passive Rolle ein und setzt auf die richtige Preissetzung im Verkehr (vgl. dazu Abschnitt 7.5 unten). Es wird die Position vertreten, dass der Besetzungsgrad nicht auch noch regulatorisch angegangen werden soll, wenn über die Preissetzung auch die externen Kosten des Verkehrs berücksichtigt werden. Sollten die Kapazitätsgrenzen der Infrastruktur erreicht werden, müsste das Pricing zu höheren Preisen für die Verkehrsteilnehmenden führen. Bei diesem Verständnis ist der Besetzungsgrad eine «Ergebnisgrösse» und nicht eine Steuerungsgrösse.

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** geht das Regulativ den Besetzungsgrad aktiv an und benutzt diesen als Hebel zur aktiven Steuerung des Verkehrsaufkommens. Der Flächenverbrauch durch die Infrastruktur des Verkehrs wird als neue zentrale Herausforderung gesehen, die räumlich sehr gezielt und effektiv angegangen werden muss. Ein Pricing allein kann die Zielerreichung nicht sicherstellen, weil es «nur» Anreize setzt, die Entscheidungsfreiheit der Verkehrsteilnehmenden aber nicht grundsätzlich einschränkt.

Um eine Erhöhung des Besetzungsgrades zu erreichen, können verschiedene Ansätze mit unterschiedlicher Interventionsstärke verfolgt werden (vgl. Tab. 14). Sie können genereller Natur sein oder zielgerichtet auf spezifische Gebiete, Infrastrukturen, etc. ausgerichtet werden. So könnten bspw. in städtischen Räumen Verkehrsflächenreduktionen für den motorisierten autonomen Verkehr in Kombination mit Nutzungsvorgaben Raum für alternative Mobilitätsformen insbesondere des Langsamverkehrs schaffen. Bei Ansätzen mit hoher Interventionsstärke wird sich die Akzeptanzfrage stellen. Aus heutiger Sicht und mit Blick auf heute nicht zum Verkauf an Private zugelassene Produkte (bspw. gewisse Waffen, gefährliche Stoffe) erscheint bspw. die Akzeptanzhürde eines Kaufverbots für vollautomatisierte Fahrzeuge für Private als sehr hoch.

Tab. 14 Strategische Optionen für Regulierungen zur Beeinflussung des Besetzungsgrades

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Keine ex-ante regulativen Massnahmen zur direkten Steuerung des Besetzungsgrades – «Marktlösung» bei «richtiger» Preissetzung im Verkehr als zentraler Ansatz 	<ul style="list-style-type: none"> – Ziel: maximale Nutzung der bestehenden Infrastruktur, Verzögerung des Ausbaubedarf bzw. Schaffung von Optionen für Verkehrsflächenreduktionen – Steuerung des Besetzungsgrades über verschiedene zusätzliche Instrumente, mit vergleichsweise hoher Interventionsstärke: <ul style="list-style-type: none"> • Privilegien in der Infrastrukturnutzung (separate Fahrstreifen, Brücken, Parkflächen, etc. nur für HOV), allenfalls kombiniert mit einer gesamthaften Reduktion der für den motorisierten Verkehr verfügbaren Verkehrsfläche • Privilegien für HOV bei Verkehrsregeln (z.B. Vortritt für höher besetzte Fahrzeuge bei Kreuzungen) • Einschränkung von Leerfahrten (z.B. Deckelung Anteil an gesamter Fahrleistung, Zonen/Strecken/Zeiten mit Leerfahrtenverbot) • Erhöhung der Nutzerkosten für Fahrzeuge mit geringer Belegung über das Pricing • Einschränkungen beim Privatbesitz von vollautomatisierten Fahrzeugen (z.B. Mindestvermietungspflicht, Kaufverbot)

7.4.2 Regulierung von Park- und Halteflächen

Eine weitere wichtige Einflussgrösse in Bezug auf den Verkehr der Zukunft ist, wie und wo Park- und Halteflächen für automatisierte Fahrzeuge des Personen- und des Güterverkehrs geschaffen werden.²⁷⁶ Im Rahmen der Digitalisierung werden in sich in Bezug auf Park- und Halteflächen neue Entwicklungsmöglichkeiten und Nutzungsoptionen ergeben.

Tab. 15 Strategische Optionen für die Regulierung von Park- und Halteflächen

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Freiraum für neue (private) Entwicklungsmöglichkeiten und Nutzungsoptionen <ul style="list-style-type: none"> • Dynamische Pricings für Parkflächen und –häuser • Neue Geschäftsmodelle (z.B. Verbindung mit vor- oder nachgelagerten Dienstleistungen im Personen- und Güterverkehr oder privatwirtschaftliche Bewirtschaftungsmodelle für Parkplätze auf öffentlichem Grund) • Neue Vermietungs- / Nutzungsmodelle • Umnutzungen gemäss Nachfrage 	<ul style="list-style-type: none"> – Park- und Halteflächenangebot als Instrument des Verkehrsmanagements und der Logistik im Güterverkehrsbereich – Denkbare Regulierung von Park- und Halteflächen über verschiedene Massnahmen, mit vergleichsweise hoher Interventionsstärke: <ul style="list-style-type: none"> • Dynamische Preismodelle für Park- und Halteflächen auf öffentlichem Grund • Digitale Steuerung des Park- und Halteflächenangebotes durch das öffentliche Verkehrsmanagement «per Knopfdruck»

Verfolgt die Regulierungsstrategie die **Stossrichtung «laissez-faire»**, werden die Chancen dieser Entwicklungsmöglichkeiten und Nutzungsoptionen betont. Die Strategie setzt auf Rahmenbedingungen, die es erlauben, das aus diesen Entwicklungen entstehende Innovationspotenzial möglichst gut auszuschöpfen, und das insbesondere durch private Akteure.

So könnte bspw. der bereits heute existierende Markt für Park- und Halteflächen (Strassenraumflächen ohne Halteverbot) zukünftig viel dynamischer werden. Denkbar wäre etwa, dass Parkplatz- oder Halteflächenbesitzer ihre Flächen auf einer Art «Flächenbörse» zu nachfrageorientierten Preisen anbieten können. Diese Preise könnten in Echtzeit an die

²⁷⁶ Für eine detaillierte Analyse des Bedarfs nach Haltestellen und -buchten vgl. das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060: Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft» (Transitec et al., 2020)

gegebene Verkehrsnachfrage angepasst werden. All dies ist zwar theoretisch bereits heute möglich, in Zukunft werden diese Informationen aber durch die Digitalisierung viel zugänglicher sein und direkt von automatisierten Fahrzeugen ausgewertet werden können.

Weil Parkflächen Start- oder Endpunkte einer Reise darstellen, könnten diese zukünftig bedeutsamer für vor- oder nachgelagerte Dienstleistungen oder Zusatzangebote werden. Wie auch immer das Parkhaus der Zukunft aussehen mag bzw. ob es Parkhäuser überhaupt noch geben mag: Es besteht ein Potenzial für neue Geschäftsmöglichkeiten und dies sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr (Parkhäuser als neue Logistikflächen an strategisch wichtigen Standorten im urbanen Gebiet). In Bezug auf Halteflächen dürfte dieses Innovationspotenzial geringer sein. Trotzdem könnten möglicherweise «premium Halteflächen» oder ähnliche Angebote auf dem Markt auftauchen.

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** besteht ein anderes Verständnis der künftigen Funktion von Park- und Halteflächen. Sie sollen als Instrumente zur gezielten Steuerung des Verkehrsablaufs und zur Sicherung der Ver- und Entsorgung durch den Güterverkehr (z.B. Umsetzung neuer City-Logistik-Konzepte im städtischen Raum) eingesetzt werden. Die Verfügbar- und Nutzbarkeit von Park- und Halteflächen könnte im Rahmen eines umfassenden Verkehrsmanagements gesteuert und bepreist werden. Mit einer Einbindung der privaten Park- und Halteflächen könnte die Effektivität dieser Verkehrslenkungsmaßnahme erhöht werden. Private Akteure könnten anders als beim Fokus «laissez-faire» ihre Flächen nicht mehr frei für eigene kommerzielle Geschäftsmodelle nutzen.

7.4.3 Regulierung von Mischverkehr

Eine zentrale Herausforderung ist, wie mit Mischverkehr umgegangen wird. Dies ist mittel- bis langfristig relevant, bis die Automatisierungsstufe 5 flächendeckend eingeführt ist. Dabei geht es im Strassenverkehr nicht nur um den Mischverkehr innerhalb der verschiedenen Stufen der Automatisierung von Fahrzeugen, sondern auch um den Mischverkehr, der zwischen automatisierten Fahrzeugen und dem Langsamverkehr entstehen kann.

Tab. 16 Strategische Optionen zur Regulierung von Mischverkehr

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Grundsätzlich kein regulativer Eingriff in Bezug auf Mischverkehr – Regulatorischer Eingriff nur im Fall von relevanten negativen Auswirkungen – Beeinflussung des Mischverkehrs über das Pricing 	<ul style="list-style-type: none"> – Massnahmen zur Vermeidung von Mischverkehr <ul style="list-style-type: none"> • Separate Fahrspuren • Inverkehrsetzungsverbote für Fahrzeuge mit tiefem Automatisierungsgrad, mit zeitlichem Vorlauf • Gebiets- und/streckenbezogene Fahrverbote für Fahrzeuge mit tiefem Automatisierungsgrad • Umnutzung von Schieneninfrastrukturen mit tiefem Verkehrsaufkommen

Die **Stossrichtung «laissez-faire»** ist für die Mischverkehrsproblematik ein eher theoretisches und etwas «gesuchtes» Konstrukt. Sie würde bedeuten, dass der Regulator ausser dem Pricing (vgl. dazu Abschnitt 7.5 unten) keine Regulierungen in Bezug auf Mischverkehr vorsieht. Mit Blick auf die hohe Relevanz der Problematik für die effiziente und sichere Nutzung der Verkehrsinfrastrukturen dürfte eine solche Stossrichtung in der verkehrspolitischen Praxis keine Rolle spielen.

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** werden verschiedene Massnahmen ergriffen, um Situationen mit Mischverkehr abzubauen und potenzielle bzw. erwartete negative Auswirkungen zu reduzieren.

- In Frage kommen dabei z.B. Massnahmen wie die Schaffung separater Fahrspuren ab Stufe 4 auf Autobahnen zu Spitzenzeiten.

- Im Zuge des technologischen Fortschritts könnte – im Sinne einer «Everything-somewhere-Strategie» (vgl. Abschnitt 6.5.1) – der Einsatz von Fahrzeugen mit tiefen Automatisierungsgraden für gewisse Gebiete und/oder Infrastrukturen eingeschränkt oder ganz verboten werden.
- Wie in Abschnitt 7.3.1 beschrieben, könnten allenfalls Umnutzungen von Schieneninfrastrukturen mit geringem Verkehrsaufkommen einen Beitrag zur Vermeidung von Mischverkehr leisten.
- Schliesslich kann die Flottenzusammensetzung auch direkt über die Fahrzeugzulassung gesteuert werden.

Die Mischverkehrsproblematik zwischen Fahrzeugen mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad wird sich langfristig im Zuge der Erneuerung der Fahrzeugflotten entspannen. Noch offen ist der Umgang mit der auch langfristig bestehenden Mischverkehr zwischen automatisierten Fahrzeugen und dem Langsamverkehr. Hier geht es nicht nur um eine sicherheitsrelevante Schnittstelle, sondern um die grundsätzliche Organisation des Nebeneinanders dieser beiden Verkehrsträger, da Fussgängerinnen und Velofahrer selbstfahrende Fahrzeuge jederzeit absichtlich oder unabsichtlich ausbremsen können, was die Attraktivität der Nutzung dieser Fahrzeuge selbstredend einschränken würde. Die potenzielle Gegenmassnahme, eine digitale oder physische Einzäunung von Stadtstrassen «entspricht nicht unserem Verständnis von Stadtraum».²⁷⁷ Die effektive Relevanz dieses Mischverkehrs wird von der Akzeptanz selbstfahrender Fahrzeuge abhängen.

7.4.4 Regulierung über spezifische Verkehrsregeln

Die im Strassenverkehrsgesetz (SVG) festgehaltenen Verkehrsregeln werden grundsätzlich auch langfristig noch benötigt werden. Wenn automatisierte Fahrzeuge aufeinandertreffen, müssen beide «wissen», wie sie zu reagieren haben. Es muss beispielsweise nach wie vor klar sein, wer an einer Strassenverzweigung Vortritt hat. Oder auch der Rechtsverkehr wird noch lange vorgeschrieben sein müssen. Die geltenden Vorschriften werden aber spätestens mit Stufe 5 nicht mehr durch den Fahrzeugführer, sondern durch das automatisierte Fahrzeug selbst beachtet werden müssen. Es wird also auch langfristig noch Verkehrsregeln brauchen. In einer Situation mit künstlicher Intelligenz kann man sich dann über C2C- und C2I-Kommunikation eine ganz andere Verkehrsorganisation über Verkehrsregeln vorstellen.

Durch das automatisierte Fahren sind eine **Reduktion** sowie eine **Flexibilisierung** gewisser **Verkehrsregeln** möglich. Dies vor dem Hintergrund, dass viele der heutigen Verkehrsregeln dazu dienen die Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden zu erhöhen, und dies in einem Verkehrssystem, in welchem «fehlbare» Menschen die Fahrzeuge lenken. Mit dem automatisierten Fahren können sich Optionen für Anpassungen ergeben. Beispiele zur Illustration sind:

- **Flexibilisierung und Harmonisierung der Geschwindigkeitsvorschriften** (Art. 32 SVG): Basierend auf detaillierten Daten zur Verkehrslage und zu weiteren Einflussfaktoren wie z.B. dem Wetter oder der Verkehrsdichte können Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Strassen angepasst werden. Des Weiteren kann eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten zwischen Güter- und Personenverkehr vorgenommen werden, da jederzeit Informationen über Bremswege und die nötigen Abstände vorliegen.
- **Überholen** (Art. 35 SVG): Überholen wird zukünftig auch in Kurven oder anderen unübersichtlichen Stellen möglich werden, da vollautomatisierte Fahrzeuge dank C2C- oder C2X-Kommunikation nicht mehr auf eine freie Sicht angewiesen sein werden.
- **Nachfahrverbot** (Art. 2 SVG): Durch die neuen Antriebssysteme können die Lärm- und Luftemissionen des Strassengüterverkehrs erheblich reduziert werden. Wenn dereinst vollautomatisierte elektrische Strassengüterverkehrsfahrzeuge mit tiefen Geschwindigkeiten nachts von A nach B gelangen könnten, fällt eine heute zentrale Begründung für

²⁷⁷ Topp (2019), S. 12

das Nachtfahrverbot für den schweren Strassengüterverkehr weg. Es wird überdacht werden müssen.

Die Umsetzbarkeit solche «Deregulierungsmassnahmen» wird davon abhängen, ob und wie auch der Langsamverkehr (insbesondere der Fahrradverkehr) und alle weiteren Verkehrsteilnehmenden eingebunden und in den den Verkehrsteilnehmenden bzw. Fahrzeugen zur Verfügung stehenden Informationen berücksichtigt werden können.

Auch bei der **Signalisierung** wird in erster Linie eine **Flexibilisierung** und weniger eine weitgehende Deregulierung zur Diskussion stehen. Physisch vorhandene Signale braucht es grundsätzlich in Zukunft keine mehr, da alle Informationen digital auf den von den automatisierten Fahrzeugen verwendeten Karten vorhanden sein werden. Signalisationen werden «temporärer» werden: Ist beispielsweise aufgrund vorhandener Daten klar, dass sich keine Fahrzeuge in der Nähe befinden, kann ein Stoppschild «deaktiviert» werden.

Diese Ausführungen machen deutlich, dass viele Chancen für die Flexibilisierung und Verschlanung dieses Teils des Regulativs für den Verkehr der Zukunft entscheidend davon abhängen, in welcher Qualität und welchen Detailierungsgrad Daten über die Verkehrssituation sowie -teilnehmenden vorliegen. Durch C2I- sowie C2C-Kommunikation ergeben sich diesbezüglich riesige Chancen.

Bei den oben beschriebenen Möglichkeiten für die Aufhebung und/oder Anpassung von Verkehrsregeln macht die Unterscheidung zwischen «laissez-faire» und «proaktiv steuern» keinen Sinn. Eine Differenz könnte bezüglich der Frage stipuliert werden, welchem Zweck Verkehrsregeln künftig dienen sollen. Heute zielen die meisten Verkehrsregeln darauf ab, den Verkehr sicherer und umweltverträglicher zu machen. In einer Welt mit vollautomatisierten und erneuerbar-elektrisch angetriebenen Fahrzeugen sind andere Zwecke denkbar.

Tab. 17 Strategische Optionen für die Aufhebung und Anpassung von Verkehrsregeln

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Aufhebung nicht mehr benötigter Verkehrsregeln – Verkehrsregeln anpassen wo sinnvoll <ul style="list-style-type: none"> • Flexibilisierung, z.B. Höchstgeschwindigkeiten nach Verkehrs-, Wetterlage • Harmonisierung: Gleiche Geschwindigkeiten PV und GV (wichtig für Effizienz der Infrastrukturnutzung) – Nachfrageorientierung: «Premium»-Fahrspuren, Ampelschaltung nach Verkehrsaufkommen oder nach Anteil «Premiumverkehr» 	<ul style="list-style-type: none"> – Aufhebung nicht mehr benötigter Verkehrsregeln – Verkehrsregeln anpassen wo sinnvoll <ul style="list-style-type: none"> • Flexibilisierung, z.B. Höchstgeschwindigkeiten nach Verkehrs-, Wetterlage • Harmonisierung: Gleiche Geschwindigkeiten PV und GV (wichtig für Effizienz der Infrastrukturnutzung) – Verkehrsregeln dienen dem Zweck die Gleichbehandlung aller Verkehrsteilnehmenden sicherzustellen

In einer konsequent privatwirtschaftlich ausgerichteten Welt von «laissez-faire» könnten diese neuen Zwecke und damit die Verkehrsorganisation konsequent neu gedacht. Im Sinne eines stark ökonomisch ausgerichteten Verkehrssystems wird die heute in vielen Fällen gegebene Gleichbehandlung aller Verkehrsteilnehmenden zur Diskussion gestellt. Mit dem Argument, eine möglichst effiziente Nutzung der Verkehrsinfrastruktur anzustreben, wird den unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften der Verkehrsteilnehmenden mehr Beachtung geschenkt. In einem solchen System könnte es bspw. «Premium-Verkehr» geben, so dass die Dauer einer Fahrt von A nach B nicht mehr für alle Verkehrsteilnehmenden gleich wäre. Personen, die es besonders eilig haben, würden einen Aufpreis bezahlen, dafür werden sie bei der Verkehrssteuerung privilegiert behandelt (z.B. Vortritt bei Kreuzungen). In einer solchen Welt würde Mobility Pricing eine ganz neue nachfrageorientierte Logik erhalten (vgl. dazu auch Abschnitt 7.5 unten).

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** wird dieses gesellschaftspolitisch brisante Feld nicht geöffnet. Verkehrsregeln dienen nach wie dem Zweck, dass für alle Verkehrsteilnehmenden dieselben Spielregeln gelten.

7.4.5 Verkehrsmanagement

Wie in Abschnitt 6.7 beschrieben, eröffnen sich im **Verkehrsmanagement** dank immer mehr verfügbaren Real-Time-Daten, der intelligenten Vernetzung von Strassenschildern, Signalanlagen und Telematikeinrichtungen und den weitergehenden Kommunikationsmöglichkeiten mit Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur völlig neue Möglichkeiten der proaktiven Verkehrsbeeinflussung und -steuerung. Auf viele Punkte ist in obigen Abschnitten bereits eingegangen worden. An dieser Stelle steht die Frage der Zuständigkeiten im Vordergrund. Das SVG regelt heute in erster Linie die Zusammenarbeit zwischen Bund und Kantonen.

Tab. 18 Strategische Optionen für die Organisation des Verkehrsmanagements

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
– Ausrichtung auf private Lösungen, Klärung der Möglichkeiten, Aufgaben an private Akteure zu übertragen	– Ausrichtung auf eine öffentliche Lösung, Klärung der Aufgabenverteilung zwischen den Staatsebenen

Bei einer **Stossrichtung «laissez-faire»** wird die Tatsache in den Vordergrund gerückt, dass private Akteure im Verkehrsbereich (z.B. Fahrzeughersteller oder Betreiber von vollautomatisierten Taxi-Flotten) künftig zu allen von der öffentlichen Hand im Rahmen seiner «Open-Government-Data-Strategie» zur Verfügung gestellten Daten Zugang haben und zusätzlich über zahlreiche eigene Datensätze verfügen werden. Solche Akteure wären darum prädestiniert, im Verkehrsmanagement Aufgaben zu übernehmen. Solche Möglichkeiten werden in einer auf private Lösungen fokussierenden Strategie konsequent ausgelotet. Dabei wird auch zu klären sein, welche Rolle dem (privaten) Infrastrukturbetreiber zukommt.

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** steht die Frage der künftigen Aufgabenverteilung zwischen den öffentlichen Akteuren auf den verschiedenen Staatsebenen im Vordergrund.

7.5 Strategische Handlungsoptionen: Pricing und Verkehrsfinanzierung

Wird für das Regulierungsfeld «Pricing und Finanzierung» eine auf private Lösungsansätze ausgerichtete Regulierungsstrategie verfolgt (**Stossrichtung «laissez-faire»**), rücken Privatisierungsansätze für den Bau, Unterhalt und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur in den Vordergrund. Die Privatisierungsfrage ist keine neue und stellt sich für den Verkehr der Zukunft auch nicht grundsätzlich anders.

Tab. 19 Strategische Optionen im Pricing und in der Verkehrsfinanzierung

Stossrichtung «laissez-faire»	Stossrichtung «proaktiv steuern»
<ul style="list-style-type: none"> – Private Infrastruktureigner – Pricing durch den Infrastruktureigner, u.a. zur Finanzierung der Infrastruktur und zur Erfüllung von Verkehrsmanagementvorgaben – Infrastrukturbenutzungsabgaben mit ausschliesslichem Abgabenobjekt «Fahrzeug» – Regulierter Tarif wegen Monopolsituation und externen Effekten – Strasse und Schiene: Grundsätzlich gleich, Robo-Taxi-Anbieter mit Tarifgestaltungsfreiheit, solange keine Konzession im Spiel ist, mit exklusiver Konzession: Tarifregulierung wegen Monopolsituation – Vorgaben für eine harmonisierte technisch-operative Umsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> – Infrastruktur in öffentlichem Eigentum – Neues Gesamtfinanzierungssystem für den Landverkehr auf Strasse und Schiene (Güter- und Personenverkehr), mit Rückwirkungen auf alle drei Staatsebenen – Ausrichtung des Pricings an der Stossrichtung von Mobility Pricing: Verkehrsfinanzierung, Kostenwahrheit und Verkehrssteuerung (Vorgaben zur Differenzierung des Pricings z.B. nach Fahrzeuggrösse / Flächenbeanspruchung, nach Tageszeit, nach Auslastung, etc.) – Technisch-operative Umsetzung («real time» soweit sinnvoll / machbar)

Es sind aber Entwicklungen auszumachen, vor deren Hintergrund die Frage unter veränderten Rahmenbedingungen zu diskutieren sein wird:

- Wenn der Verkehr der Zukunft auch die private Realisierung von neuen Verkehrssystemen wie Cargo Sous Terrain oder Hyperloop (vgl. dazu Abschnitt 3.5) umfasst, wird sich eine neue Ausgangslage für den «klassischen» Landverkehr auf Strasse und Schiene ergeben. Die bisher auf die Verkehrsträger Strasse und Schiene beschränkte Konkurrenzsituation im Güter- und Personenverkehr würde um neue Optionen ergänzt werden. Konkurrieren mehrere Systeme um den gleichen Verkehr bzw. die gleiche Mobilität, eröffnen sich neue Möglichkeiten von Wettbewerb zwischen diesen Systemen. Das Argument, dass der Monopolcharakter der Strassen- und Schieneninfrastruktur für eine staatliche Bereitstellung sowie für einen staatlichen Betrieb und Unterhalt dieser Infrastrukturen sprechen, würde an Bedeutung verlieren. Sollte dereinst tatsächlich ein **«Wettbewerb der Landverkehrssysteme»** möglich werden, würden auch aus ordnungspolitischer Sicht private Akteure und nicht der Staat als Wettbewerber im Vordergrund stehen.
- In Abschnitt 6.5.2 wird dargelegt, dass die **IT- und Kommunikationseinrichtungen** und bei der Verkehrsinfrastruktur an Bedeutung gewinnen werden und dass die rasche Umsetzung von technologischen Entwicklungen ein Erfolgsfaktor sein wird. Weil Letzteres typischerweise eine Stärke von privaten und weniger von öffentlichen Akteuren ist, dürfte der Bedarf entstehen, neue **Zusammenarbeitsmodelle** (z.B. Franchising-Systeme, Public-Private-Partnerships) zu diskutieren. Gleiches gilt für die Einbindung von Akteuren aus dem Energiebereich, wenn der Verkehr der Zukunft massgeblich elektrisch sein wird.
- Noch ist offen, welche Rolle die «Car-to-Infrastructure-Kommunikation» (C2I) im Verkehr der Zukunft spielen wird. Falls sie und nicht in erster Linie die «Car-to-Car-Kommunikation» (C2C) von grosser Bedeutung sein wird, könnte sich die Frage der **Zusammenarbeit** bzw. Koordination zwischen **den Infrastruktureignern und -betreibern** sowie **den Herstellern und Betreibern von vollautomatisierten Fahrzeugen und Fahrzeugflotten** neu stellen. Aus technologischer Sicht könnte es effizient sein, wenn Infrastrukturausrüstung und -betrieb sowie Verkehrsplanung und -abwicklung «aus einer Hand» kommen, geregelt z.B. über entsprechend ausgestaltete Gebietskonzessionen.
Eine solche umfassende private und monopolistische Lösung birgt ohne einschränkende Regulierung völlig neue Möglichkeiten für private Angebote und Geschäftsmodelle in der Mobilität, mit erheblicher gesellschaftspolitischer Relevanz. In einem urbanen Kontext wäre bspw. die oben in Abschnitt 7.4.5 andiskutierte Verkehrssteuerung in Abhängigkeit der Zahlungsbereitschaften der Verkehrsteilnehmenden grundsätzlich machbar.

Der letzte Punkt macht deutlich, dass das **Verkehrspricing** im Personen- und im Güterverkehr auch bei einer Stossrichtung «laissez-faire» weiterhin staatlich reguliert werden muss, solange im Landverkehr nach wie vor Gründe für Marktversagen anzutreffen sind:

- **Monopolsituationen**, wie bspw. im Fall der oben skizzierten Vergabe einer exklusiven Gebietskonzession für Bau, Betrieb und Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen. Es wird um die Frage der Verteilung der Gewinne aus den für den Verkehr der Zukunft erwarteten Produktivitätseffekten. Wie viel verbleibt bei privaten Akteuren, wie viel wird vom Staat abgeschöpft? Es wird eine Balance zu finden sein, bei welcher noch ausreichend Anreize bestehen, gesamtwirtschaftlich sinnvolle Investitionen zu tätigen.
Falls der Verkehr der Zukunft zu einem funktionierenden Wettbewerb von Landverkehrssystemen führen sollte, nimmt die Relevanz dieses Grundes für Marktversagen und damit für eine staatliche Regulierung der Preissetzung ab.
- **Nicht internalisierte externe Kosten**, wobei die «klassischen» Externalitäten Unfall- und Gesundheitskosten sowie die Umwelt- und Klimakosten im Zuge der Elektrifizierung der Mobilität an Bedeutung verlieren dürften (vgl. dazu auch den Kasten unten). Dafür wird die Frage des Flächenverbrauchs an Bedeutung gewinnen und für das Pricing relevant werden.

Bei der Stossrichtung «laissez-faire» ist das regulierte Pricing einerseits auf die Finanzierung der privaten Verkehrsinfrastruktur und andererseits auf die Internalisierung externer Effekte ausgerichtet. Ein privater Infrastruktureigner und -betreiber wird über das Pricing aber auch eine Optimierung von Nachfragesteuerung und Infrastrukturausbau anstreben.

In beiden Fällen wird er zum Ziel haben, sämtliche Verkehrsmittel «mit Kostenrelevanz» einzubeziehen, also bspw. auch eBikes. Die Interessen des Staates als Regulator und des privaten Infrastruktureigners sind bezüglich Ausrichtung des Pricings nicht die gleichen, was die Regulierung bei der Stossrichtung «laissez-faire» sehr anspruchsvoll macht.

Pricing im Verkehr und Klimapolitik: Gemäss Bundesrat gilt das Ziel, dass die Schweiz ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 auf Netto-Null (Ausstoss nicht grösser als die Aufnahmekapazitäten von natürlichen und technischen Speichern) absenken soll. Aus heutiger Sicht ist entsprechend davon auszugehen, dass im Zeithorizont des vorliegenden Projekts (2060) die Klimapolitik kein wichtiger Treiber für die Ausgestaltung des Pricings im Verkehr mehr sein wird. Auch im Zeitraum davor sprechen verschiedene Gründe dagegen, ein Mobility Pricing bzw. genereller fahrleistungsabhängige Pricings im Verkehr (Personen- und Güterverkehr, Strasse und Schiene) in den Dienst der Klimapolitik zu stellen:

- Wie in Abschnitt 6.8 beschrieben, eröffnen sich in Zukunft zwar grundsätzlich viele neue Möglichkeiten für differenzierte Pricingstrategien. Mit einem Pricing lassen sich aber nicht beliebig viele Zielsetzungen verfolgen, eine gewisse erkennbare Kohärenz muss erhalten bleiben. Man wird auf eine beschränkte Zahl von wichtigen Differenzierungen fokussieren müssen.
- Soll sich die Klimapolitik in Verkehrsabgaben niederschlagen, steht auch mittelfristig die vollzugstechnisch sehr einfach umzusetzende CO₂-Lenkungsabgabe auf fossilen Treibstoffen im Vordergrund. Als Lenkungsabgabe verfolgt sie grundsätzlich kein Finanzierungsziel. Bei fahrleistungsabhängigen Verkehrsabgaben ist bzw. wird dies anders sein. Durch eine Trennung der beiden unterschiedlich ausgerichteten Abgabensysteme lässt sich der gewisse, in der verkehrspolitischen Diskussion häufig überzeichnete Widerspruch von «Lenken vs. Finanzieren» umgehen.
- Schliesslich steht mit fahrzeugbezogenen Steuern und Abgaben eine weitere Möglichkeit offen, im Verkehrsbereich klimapolitisch motivierte Anreize zu setzen.

Um die Preisgestaltungsfreiheit von privaten Mobilitätsanbietern nicht einzuschränken, wird das Pricing in Form von differenzierten Infrastrukturbenutzungsabgaben umgesetzt. Abgabeobjekte sind ausschliesslich die Fahrzeuge bzw. deren Fahrleistung (Fzkm), nicht aber die Verkehrsteilnehmenden. Wie Mobilitätsanbieter das Pricing in ihren Kundentarifen umsetzen, bleibt diesen überlassen. Ein Mobility Pricing wie es heute im ÖV verstanden wird²⁷⁸, würde es für kommerzielle Robo-Taxi-Angebote nicht geben. So bliebe durchaus denkbar, dass solche Anbieter Pauschaltarife anbieten würden, was dem von Mobility Pricing angestrebten Prinzip von «Pay as you use» widersprechen würde. Da Robo-Taxis als Konkurrenten des ÖV an Bedeutung gewinnen werden (vgl. dazu Abschnitt 7.2), wird die Preisgestaltungsfreiheit im ÖV möglicherweise erhöht werden müssen, damit er im Wettbewerb mit Robo-Taxis bestehen kann. Nur wenn sich auf dem Personenverkehrsmarkt auf der Strasse im Zeitverlauf Monopoltendenzen ergeben (z.B. ein marktdominanter Betreiber einer Robo-Taxi-Flotte) sollten, wird die Preisgestaltungsfreiheit für private Mobilitätsanbieter eingeschränkt werden müssen, um das Abschöpfen von Monopolrenten zu vermeiden.

In dieser an privaten Lösungen orientierten Welt verliert der Staat als Regulator an Einfluss. In seinem Einflussbereich verbleiben über die Zulassung von Fahrzeugen, Systemen und Akteuren in erster Linie hoheitliche Aufgaben im Bereich der Sicherheit, verstanden als «Safety» (vgl. Abschnitt 4.5) und «Security» im weiten Sinn (vgl. Abschnitt 4.6).

Bei der **Stossrichtung «proaktiv steuern»** werden die Privatisierungsoptionen kritisch gesehen. Der Schienen- und der Strassenverkehr bleiben auch langfristig die beiden dominanten Landverkehrssysteme, private Systeme wie Cargo Sous Terrain können sie ergänzen, führen aber nicht zu einem funktionierenden «Systemwettbewerb» im Landverkehr. Entsprechend verbleibt die Verkehrsinfrastruktur im Eigentum der öffentlichen Hand, wie dies heute massgeblich der Fall ist. Vor diesem Hintergrund orientieren sich auch Verkehrsfinanzierung und Pricing im Verkehrsbereich an der aktuellen Situation.

²⁷⁸ Aktuell wird Mobility Pricing im ÖV nicht als Infrastrukturbenutzungsabgabe, sondern als direkt beim ÖV-Kunden ansetzende «Pay-as-you-use-Tarifierung» verstanden, sprich differenzierte Tarife für die Nutzung der Angebote des ÖV. Das Pendant zu Infrastrukturbenutzungsabgaben auf der Strasse sind im schienengebundenen Verkehr die Trassenpreise.

Bei dieser strategischen Ausrichtung der Regulierung im Regulierungsfeld Verkehrsfinanzierung und Pricing rücken folgende Punkte in den Vordergrund:

- Wenn Umnutzungen von Schienenverkehrsinfrastrukturen mit geringem Verkehrsaufkommen ein Thema werden, wenn sich Strasse und Schiene wegen neuer kollektiver Verkehrsformen auf der Strasse angleichen und wenn der Individualverkehr mit dem eigenen Fahrzeug aufgrund attraktiver Sharing-Angebote an Bedeutung verliert, wird der **Landverkehr** künftig noch stärker als heute als **Gesamtsystem** zu betrachten sein. Der Ausbau der Kapazitäten und der Betrieb der Infrastrukturen wird koordinierter angegangen werden müssen als dies bisher der Fall ist. Die konsequentere Gesamtverkehrsoptik müsste sich auch in der Verkehrsfinanzierung niederschlagen, die stärker auf das Gesamtsystem Landverkehr und weniger auf die beiden Verkehrsträger Strasse und Schiene fokussieren müsste.
- Da v.a. strassenseitig alle drei Staatsebenen Infrastruktureigner sind, hat ein Verkehrsfinanzierungssystem mit verstärktem Fokus Gesamtverkehr Rückwirkungen nicht nur auf den Bund, sondern auch auf die Kantone und Gemeinden. Es wird sich die Frage stellen, wie mit diesen **Zuständigkeiten im Verkehr der Zukunft** umgegangen werden soll:
 - Der Wechsel von der Treibstoffbesteuerung zur Besteuerung der Fahrleistung (vgl. dazu Abschnitt 6.8) eröffnet grundsätzlich die Möglichkeit für ein Pricing- und Finanzierungssystem nach Infrastruktureigner. Beim Verkehr der Zukunft wird die Information verfügbar sein, welche Verkehrsleistungen auf welchen Infrastrukturen (National-, Kantons- und Gemeindestrassen) zurückgelegt werden. Entsprechend könnte der «Finanzierungsteil» der Km-Abgabe grundsätzlich nach befahrener Infrastruktur differenziert werden. Es wäre denkbar, dass der Bund Vorgaben dazu macht, wie der Finanzierungsteil der Km-Abgabe ausgestaltet sein muss, dass es aber Sache der **Kantone** – und nachgelagert sogar der **Gemeinden** – wäre, die Abgabenhöhe zu bestimmen. Ein Konstrukt also, wie es heute im Bereich der direkten Steuern über die Steuerharmonisierungsgesetzgebung zu finden ist. Wie aktuell die Höhe der Motorfahrzeugsteuern würde die Höhe des Finanzierungsteils der Km-Abgabe in den interkantonalen Wettbewerb um die steuerliche Standortgunst einfließen.
 - Selbstredend ist auch eine **zentralisierte Bundeslösung** denkbar, so dass sämtliche Einnahmen aus dem Finanzierungsteil der Km-Abgabe beim Bund anfallen und die übrigen Infrastruktureigner an diesen Einnahmen auf Basis eines definierten Schlüssels partizipieren, wie dies heute bei den Einnahmen aus Verkehrssteuern (Mineralölsteuer, LSV) der Fall ist.
 - Das oben beschriebene stärkere Verständnis des Landverkehrs als Gesamtsystem könnte auch Diskussionen auslösen, ob es bei den Eigentumsverhältnissen der (Strassen)Verkehrsinfrastruktur nicht eine gewisse Konsolidierung braucht, damit die koordinierte und effiziente Weiterentwicklung der Verkehrsinfrastruktur überhaupt sichergestellt werden kann. Die **Hoheitsfrage** stellt sich somit nicht nur auf der Abgabenerhebungsseite, sondern auch **auf der Verkehrsfinanzierungsseite**, und sie zeigt eher in Richtung eines Bedeutungszuwachses der nationalen Ebene.

Bei der Stossrichtung «proaktiv steuern» orientiert sich das Pricing nicht nur an der Finanzierung der Infrastruktur. Orientierungsrahmen ist wie heute unter dem Stichwort Mobility Pricing die Kostenwahrheit im Verkehr und die Verkehrslenkung. Über eine Differenzierung der Abgabe werden auch Umwelt- und Steuerungsziele verfolgt. Stichworte sind «Internalisierung externer Kosten», «Glätten von Verkehrsspitzen» und speziell im Güterverkehr «Verlagerung von der Strasse auf die Schiene».

Die technischen Möglichkeiten für die Preisdifferenzierung werden viel günstiger sein als heute (z.B. «Real-time-pricing»). Welche Differenzierung die adäquate ist, wird sich im Zeitverlauf je nach Entwicklung bei der Fahrzeugtechnologie, beim Verkehrsaufkommen, etc. zeigen. Die weiter oben erwähnte gewisse Kohärenz zwischen den Zielsetzungen der Differenzierung wird zu beachten sein.

Wie bei der Stossrichtung «laissez-faire» wird sich die Frage stellen, wie sich die Preisgestaltungsfreiheit beim gewerbsmässigen privaten On-demand-Verkehr (Robo-Taxis) mit einem staatlichen Mobility Pricing beim ÖV verträgt, das bei den Tarifen für die ÖV-Nutzenden und nicht bei den Fahrzeugen ansetzt.

Schliesslich wird über das Mobility Pricing ein Teil der erwarteten hohen Produktivitätseffekte aus dem Einsatz von vollautomatisierten Fahrzeugen abgeschöpft werden können, wie dies in der Vergangenheit bei der LSVA der Fall war. Eine solche Abschöpfung fällt bei der Stossrichtung «proaktiv steuern» leichter als bei der Stossrichtung «laissez-faire», weil das Pricing nicht auch noch die Interessen des privaten Infrastrukturbesitzers berücksichtigen muss.

8 Schlussfolgerungen

8.1 Synthese Handlungsbedarf nach Regulierungsfeld

Der Verkehr der Zukunft – ein Kurzporträt enthält Kapitel 3 – wird in vielen wirtschafts-, gesellschafts- und umweltpolitischen Bereichen zu relevanten Auswirkungen führen. Praktisch alle in Kapitel 2 entwickelten Zieldimensionen für ein künftiges Verkehrssystem werden mehr oder weniger stark betroffen sein, und dies positiv oder negativ, wie die Chancen-Risiko-Analyse von Kapitel 4 zeigt. Herausgefordert ist auch die im vorliegenden Forschungsprojekt besonders interessierende Verkehrsfinanzierung. Ohne Anpassungen am bestehenden Verkehrsfinanzierungssystem drohen im Zeitverlauf hohe ungedeckte Verkehrskosten (vgl. dazu Kapitel 5).

Konsequenz aus diesen Erkenntnissen ist, dass auch in sehr vielen Regulierungsfeldern ein Handlungsbedarf entstehen wird. Die Auslegeordnung von Kapitel 6 zeigt, dass dieser Handlungsbedarf nicht nur in Regulierungsfeldern innerhalb, sondern auch in solchen ausserhalb des Verkehrsbereich anfallen wird. Die Wahrnehmung des identifizierten Handlungsbedarfs stellt aus verschiedenen Gründen eine Herausforderung dar:

- Wenn disruptive Entwicklungen im Kontext des Verkehrs der Zukunft ermöglicht werden sollen, braucht es teilweise sehr **grundsätzliche Anpassungen** im Regulativ.
- Die sich stellenden Fragestellungen sind inhaltlich **komplex** und «technisch» **anspruchsvoll**. Weil es um neue Entwicklungen geht, fehlen in vielen Bereichen Erfahrungen.
- Weil auch Regulierungsfelder ausserhalb des Verkehrsbereichs betroffen sind, sind auch andere Sektoralpolitiken (z.B. Energiepolitik) gefordert. Der Bedarf nach **sektorübergreifender Interaktion** wird bei der Weiterentwicklung von Regulierungen steigen.
- Verschiedene Fragestellungen müssen auf internationaler Ebene angegangen werden. Andere wiederum betreffen kantonale oder kommunale Akteure, weil diese im Verkehrsbereich auch als Regulatoren auftreten. In einem solchen Zusammenspiel von Akteuren **unterschiedlicher hoheitlicher Ebenen** eine effiziente Lösung zu finden, ist anspruchsvoll.
- Und schliesslich bestehen noch zahlreiche **Unsicherheiten** – auch unter Expertinnen und Experten – darüber, wann der Verkehr der Zukunft wie aussehen wird.

Vor diesem Hintergrund ging es im vorliegenden Projekt nicht um die Entwicklung von Empfehlungen für spezifische Regulierungen. Ziel war vielmehr die Herausarbeitung von wichtigen «strategischen Handlungsoptionen», die dem Regulator bei der Regulierung des Verkehrs der Zukunft offenstehen werden. Die Analyse in Kapitel 7 hat gezeigt, dass der Regulator in zahlreichen Regulierungsfeldern über strategische Optionen wird entscheiden können bzw. müssen:

- Mit dem Verkehr der Zukunft werden neue Verkehrsformen im Verkehrssystem und im Mobilitätmarkt auftreten. Die bisher dominante Unterscheidung zwischen motorisiertem Individualverkehr und öffentlichem Verkehr verliert an Relevanz. Es muss eine Vorstellung entwickelt werden, wie mit dem **gewerbsmässigen privaten On-demand-Verkehr** umgegangen werden soll, der heute als Taxiverkehr noch von vergleichsweise geringer Bedeutung ist, im Verkehr der Zukunft als Betreiber von automatisierten Fahrzeugen (Robo-Taxis) aber ein wichtiger Player werden wird. Die Frage stellt sich nicht nur von der Integration in das Verkehrssystem, sondern auch von den Zuständigkeiten her: Heute sind die Kantone für den Taxiverkehr zuständig, morgen wird es massgeblich auch der Bund sein, weil es eine schweizweit gleiche Regulierung brauchen wird und weil Robo-Taxi-Dienstleistungen – gemäss heutigem Verständnis – dem Personenbeförderungsregal des Bundes zu unterstellen sein werden, wenn diese Verkehrsform wie erwartet an Bedeutung gewinnt.
- Mit dem Aufkommen des gewerbsmässigen privaten On-demand-Verkehrs wird verbunden sein, dass **neue Akteure** mit **neuen Geschäftsmodellen** in den Verkehrsmarkt

drängen werden, so wie dies bspw. mit dem Aufkommen von UBER im Taximarkt der Fall war. Heute sind es in erster Linie Transportunternehmen im Besitz der öffentlichen Hand, die kollektive Transportdienstleistungen erbringen, morgen könnten es insbesondere auch private Unternehmen teilweise von ausserhalb des Verkehrsbereichs sein, deren Geschäftsmodelle konsequent einer betriebswirtschaftlichen Logik folgen werden. Über eine mehr oder weniger restriktive Regulierung wird der Regulator darüber entscheiden, welche Rolle diese mitunter ausländischen Akteure im Verkehrsmarkt übernehmen können bzw. sollen.

- Die Frage «**privat**» oder «**öffentlich**» («öffentlich» hier im Sinn des Personenbeförderungsgesetzes) wird sich nicht nur für Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen stellen. Verschiedene Entwicklungen im Verkehr der Zukunft (z.B. die digitale Ausrüstung der Infrastruktur, die neuen Möglichkeiten für das Verkehrsmanagement, neue Betreibermodelle im Bereich Parkierung) werden bewirken, dass private Lösungen **auch im Infrastrukturbereich** (inkl. Finanzierung) neu zu diskutieren sein werden. Insgesamt kann bei der Rollenverteilung zwischen öffentlichen und privaten Akteuren eine spürbare Verschiebung zu letzteren erfolgen, wenn der Regulator im Sinne der Stossrichtung «laissez-faire» stärker auf private Lösungsansätze setzen will. Interessierte private Akteure finden sich sowohl im Verkehrsbereich (z.B. Fahrzeughersteller, Mobilitätsdienstleister und/oder -vermittler) als auch ausserhalb (z.B. Akteure aus dem Energie-, Telekom- und IT-Bereich).
- Wenn neue Angebots- und Verkehrsformen auftreten, verändern sich die **Wettbewerbsverhältnisse** im Verkehrsmarkt. Die zur Regelung dieses Wettbewerbs massgeblich eingesetzten Instrumente, Konzessionen und Bewilligungen, werden auf diese Veränderungen ausgerichtet werden müssen. Da sich die Wettbewerbsfrage räumlich sehr unterschiedlich stellen wird, dürfte im Konzessions- und Bewilligungswesen eine noch stärkere Differenzierung je nach Rahmenbedingungen notwendig werden. Über die Umsetzung wird der Regulator entscheiden, wo er wie viel Wettbewerb zulassen will. Im urbanen Raum und auf Hauptstrecken werden sich diesbezüglich ganz andere Möglichkeiten ergeben als im ländlichen Raum und auf Nebenstrecken. Mit Blick auf die Zuständigkeiten wird eine stärkere räumliche Differenzierung die Regulatoren auf unterschiedlichen hoheitlichen Ebenen (international, national, kantonal und kommunal) herausfordern.
- Wenn der **On-demand-Verkehr** mit automatisierten Fahrzeugen auch in der Grundversorgung, also im bestellten Verkehr, deutlich an Bedeutung gewinnt, wird sich das **Ausschreibungs- und Bestellwesen** auf diese Entwicklung einstellen müssen. Weil «On-demand», werden neue Wege für die Leistungsbeschreibung und neue Kriterien für den Angebotsvergleich gefunden werden müssen. Der Bestellvorgang wird sich stark verändern. Der Regulator wird auch entscheiden müssen, in welchen Fällen er auf nachfrageseitig ansetzenden Massnahmen zur Sicherung der Grundversorgung setzen will. Schliesslich wird sich auch in diesem Bereich die Zuständigkeitsfrage nach Staatsebene stellen.
- Die **Infrastrukturentwicklung** wird noch einige Zeit mit Unsicherheiten bezüglich des positiven Kapazitätseffekte des Verkehrs der Zukunft leben müssen. Immerhin zeichnet sich ab, dass spürbare positive Kapazitätseffekte wegen des noch längerfristig vorhandenen Mischverkehrs von Fahrzeugen mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad erst längerfristig wirksam werden, so dass Infrastrukturausbauten im politisch aktuell diskutierten Zeithorizont (2030 - 2040) nicht bereits bei ihrer Eröffnung, sondern erst allenfalls im Zeitverlauf überflüssig und damit «sunk investments» sein werden. Dank der rollenden Planung beim Verkehrsinfrastrukturausbau besteht eine gewisse Möglichkeit, auf neue Erkenntnisse zu den Kapazitätseffekten des Verkehrs der Zukunft reagieren zu können. Und schliesslich wird bei gewissen Verkehrsinfrastrukturen auch in Zukunft die Möglichkeit bestehen, sie neuen Nutzungen zuzuführen, wenn sie nicht mehr oder für andere Verkehrszwecke benötigt werden. Nicht alle Verkehrsinfrastrukturen werden «für die Ewigkeit» gebaut.
- Der absehbare Wechsel bei den Antriebssystemen weg von nicht-erneuerbaren Energieträgern wird ein **neues Verkehrsfinanzierungssystem** notwendig machen. Statt der Energieverbrauch wird die Fahrleistung als Bemessungsgrundlage für Abgaben und Steuern im Vordergrund stehen. Mit dieser Bemessungsgrundlage steht – anders als bei der Besteuerung fossiler Treibstoffe – eine auch langfristig vorhandene Basis für die Generierung von Mitteln zur Finanzierung der «Verkehrswende» zur Verfügung. Neue

- technische Möglichkeiten zur Abgaben- und Steuerdifferenzierung werden die Frage hervorrufen, welche Rollen die verschiedenen Infrastruktureigentümer (Bund, Kantone, Gemeinden) bei der Ausgestaltung und Umsetzung des neuen Systems spielen werden.
- Die Ausgangslage für **Mobility Pricing** bzw. genereller für differenzierte fahrleistungsabhängige Verkehrsabgaben wird sich verändern, wenn private Akteure sowohl im Verkehrs- als auch im Infrastrukturbereich neue Funktionen übernehmen. Der Regulator wird u.a. abwägen müssen zwischen der für die Umsetzung kommerzieller Geschäftsmodelle zentralen Preisgestaltungsfreiheit für private Akteure und Verkehrsteuerungswirkungen, die er über entsprechende, direkt bei den Verkehrsteilnehmenden ansetzende Preissignale erzielen möchte.
 - Schliesslich ergeben sich ganz **neue Optionen** für die «operative» **Verkehrssteuerung**. Von diesen Optionen kann der Regulator mehr oder weniger restriktiv Gebrauch machen. Gleiches gilt für die Differenzierung von Verkehrsabgaben. Die viel zahlreicher werdenden grundsätzlichen Möglichkeiten sollten aber nicht dazu führen, dass das Pricing im Verkehrsbereich inkohärent wird, weil es zu viele unterschiedliche Ziele verfolgt.
 - An verschiedener Stelle ist in obigen Punkten erwähnt worden, dass sich die **Frage der hoheitlichen Zuständigkeiten** im Verkehrsbereich neu stellen wird. Grund sind zunehmende Interdependenzen zwischen dem Verkehrsbereich und weiteren Sektoren (z.B. Verkehrs- und Energiebereich), aber auch innerhalb des Verkehrsbereichs. Insgesamt zeichnet sich ein Bedeutungszuwachs der internationalen und nationalen Ebene ab.

8.2 Würdigung der strategischen Stossrichtungen für Regulierungen

In Kapitel 7 ist beschrieben worden, wie sich die Stossrichtungen für obige Regulierungen unterscheiden, je nachdem ob der Regulator in seiner Regulierungsstrategie eher auf «laissez-faire» oder «proaktiv steuern» setzt. Mit dem in Kapitel 2 entwickelten Zielsystem kann eine Würdigung der beiden Ausrichtungen vorgenommen werden. *Tab. 20* fasst auf einer hohen Flughöhe nach Zieldimension zusammen, wie sich die Wirkungen der beiden Stossrichtungen unterscheiden.

Tab. 20 Würdigung der beiden beschriebenen strategischen Ausrichtungen von Regulierungen

Zieldimensionen	Strategiefokus / Stossrichtung	
	«laissez-faire»	«proaktiv steuern»
...verfügbar (Bedarf an Kapazitäten und Infrastruktur)	– positiver Kapazitätseffekt als Ergebnisgrösse, Steuerung v.a. über Pricing	– mehr «Sicherheit» bzgl. eines positiven Kapazitätseffekts dank Einsatz von restriktiver und direkter wirkenden Steuerungsinstrumenten (z.B. Regulierung Besetzungsgrad)
...kostengünstig / preiswert (Mobilitätskosten- und Preise)	– kosten-/preissenkender Effekt des starken Wettbewerbsfokus v.a. bei den Mobilitätsdienstleistungen	– positiver Zeitkosteneffekt der stärkeren Verkehrssteuerung
...effizient (Preissetzung und Marktordnung, verkehrsplanerische Effizienz)	– möglichst marktwirtschaftliche Marktordnung – Gefahr von Monopolbildungen und Monopolrenten bei nachfrageorientierter Preissetzung durch private Akteure, damit grössere Gefahr von unerwünschten Verteilungseffekten – weniger Einfluss der öffentlichen Hand	– stärkere Rolle der öffentlichen Hand und damit mehr Möglichkeiten zur Abschöpfung von Produktivitätseffekten – stärkerer Fokus auf Ressourceneffizienz
...innovativ (Innovationsaktivitäten, innovative Produkte und Geschäftsmodelle)	– mehr Konkurrenz für bisherige durch neue Akteure – mehr Raum für neue Geschäftsmodelle für Private	– stärkere Ausrichtung auf bisherige Akteure (v.a. TU des ÖV)

Zieldimensionen	Strategiefokus / Stossrichtung	
	«laissez-faire»	«proaktiv steuern»
... sicher («safety») (Unfallrisiko)	– kein Unterschied nach Strategiefokus, weil Sicherheitsvorgaben bei beiden Stossrichtungen vorgegeben werden müssen	
... geschützt («security») (Persönlichkeitsschutz i.w.S., Rechtssicherheit)	– kein Unterschied nach Strategiefokus – generell höhere Anforderungen aus intensiverer Nutzung von Daten durch kommerzielle und – in der aktuellen öffentlichen Wahrnehmung wichtiger – öffentlicher Akteure	
... sauber und ressourcenschonend (Umweltbelastung sowie Ressourcen- und Flächenverbrauch)	– positive Effekte als Ergebnisgrösse, Steuerung v.a. über Pricing, grundsätzlich volkswirtschaftlich effiziente Zielerreichung	– höhere Effektivität dank Einsatz von restriktiver und direkter wirkenden Steuerungsinstrumenten
... zugänglich (Zugang zu Mobilität und Grundversorgung)	– stärkerer Fokus auf Marktlösungen – neue nachfrageorientierte Ansätze in der Grundversorgung	– stärkerer Fokus auf Grundversorgung, BehiG-Umsetzung, etc.
... langfristig finanziert (Finanzierungssicherheit)	– stärkere Einbindung auch von privaten Mitteln	– finanzielle Stabilität öffentlicher Akteure
... koordiniert und abgestimmt (Koordinierte Entwicklung des Gesamtverkehrssystems und Abstimmung von Verkehrs- und Raumplanung)	– höhere Komplexität durch Einbindung neuer privater Akteure und neue/andere vertikale Aufgabenverteilung	– stärkerer Aufbau auf bestehenden Strukturen, Prozessen, etc., aber ebenfalls hohe Ansprüche an adäquate vertikale Aufgabenverteilung
... international eingebunden (Internationale Koordination und Interoperabilität im Verkehrsbereich)	– stärkere Einbindung von Wissen/Kompetenzen international aktiver privater Akteure und von internationalem Kapital	– stärkerer Aufbau auf bestehenden Strukturen, Prozessen, etc., stärkerer Fokus auf nationale Akteure
... gesellschaftsverträglich (Gesellschaftsrelevante Auswirkungen und Akzeptanz)	– generell sehr hohe Gesellschaftsrelevanz des Verkehrs der Zukunft – zusätzliche gesellschaftspolitisch brisante Themen aus privaten Lösungsansätzen (z.B. nachfrageorientierte Preissetzung, Abschöpfung Mehrwerte durch ausländische Akteure, internationale Abhängigkeiten)	– generell sehr hohe Gesellschaftsrelevanz des Verkehrs der Zukunft

Ein Gesamturteil lässt sich aus der Zusammenstellung in *Tab. 20* nicht fällen – und wird hier auch nicht angestrebt. Es hängt einerseits von der Gewichtung der einzelnen Kriterien ab. Wer ökologische Zielerreichung im Verkehrsbereich sehr hoch gewichtet, neigt stärker zur Stossrichtung «proaktiv steuern», wer Kosteneffizienz betont eher zur Stossrichtung «laissez-faire». Zudem kann ohnehin erst auf Basis einer viel konkreteren Ausgestaltung der einzelnen Regulierungen eine eigentliche Bewertung von Kosten und Nutzen vorgenommen werden. Und schliesslich ist es auf der hier im Vordergrund stehenden strategischen Flughöhe auch etwas eine Glaubensfrage, wie positiv eine ausgeprägte Wettbewerbsorientierung und eine Ausrichtung auf private Lösungsansätze eingestuft werden. Ohnehin soll mit den gewählten Stossrichtungen die Bandbreite von Handlungsoptionen aufgezeigt und nicht eine politische Ausrichtung festgelegt werden.

In Abschnitt 3.8 sind wir kurz auf die **drei Zukunftsszenarien** eingegangen, die von der Paketleitung des vorliegenden Forschungspakets als mögliche Entwicklungsbilder **für den Verkehr der Zukunft** gezeichnet worden sind. Die Ausgestaltung des Regulativs in der Schweiz – und auf internationaler Ebene – wird massgeblichen Einfluss haben, in welche Richtung sich der Verkehr der Zukunft entwickeln wird.

- Noch am wenigsten gilt dies für das **«Szenario 1 – Evolution ohne Disruption»**: Dieses Szenario geht von einer «mittleren Automatisierung» aus. Es ist im Wesentlichen diese Annahme, die bewirkt, dass von «Evolution ohne Disruption» gesprochen werden kann. Der Wegfall des Fahrzeugführers, also die Automatisierungsstufe 5 (oder 4 für

ausgewählte Gebiete, Infrastrukturen, etc., vgl. Tab. 4), und der damit verbundene Produktivitätseffekt aus dem Wegfall von Personalkosten sind die eigentlichen «Game Changer» oder Verursacher von Disruption. Ob und bis wann sich die Automatisierungsstufe 5 durchsetzen wird, hängt nur beschränkt vom Regulativ in der Schweiz ab, sondern wird massgeblich auf internationaler Ebene entschieden werden.

- Zum **Szenario 2 – Revolution der individuellen Mobilitätsservices** «passt» die Regulierungsstrategie mit Stossrichtung «laissez-faire» am besten. Zentraler Punkt ist, dass bei dieser Regulierungsstrategie «der Markt» bzw. die einzelnen Verkehrsteilnehmenden entscheiden werden, ob sie ihre Mobilitätsbedürfnisse mit dem eigenen Verkehrsmittel abdecken oder ob sie v.a. neue Mobilitätsdienstleistungsangebote nutzen. Eine Regulierungsstrategie mit Stossrichtung «laissez-faire» führt dann zu Szenario 2, wenn die Verkehrsteilnehmenden zwar die «objektiven» Vorteile von gemeinschaftlichen genutzten neuen Mobilitätsdienstleistungen (v.a. Kostenreduktionen, ökologische und ressourcenseitige Vorteile) sehen, aber auch die subjektiven Nutzenverluste, die mit einem Wechsel vom privaten Individualverkehr zu gemeinschaftlich genutzten Mobilitätsangeboten verbunden sind, und diese Nutzenverluste höher einstufen als die Vorteile von mehr kollektiver Mobilität.

Es gilt aber keineswegs, dass die Stossrichtung «laissez-faire» praktisch «zwangsläufig» zu Szenario 2 führt. Die Stossrichtung setzt stark auf neue Geschäftsmodelle von privaten Akteuren. Der über die Regulierung geschaffene Freiraum für solche Lösungen bringt möglicherweise derart attraktive Mobilitätsdienstleistungsangebote hervor, dass eine grundlegende Verhaltensänderung weg vom Individualverkehr «freiwillig» erfolgt, also auch ohne spezifische Anreize zur Nutzung kollektiver Mobilitätsangebote. Staatliche Instrumente mit solchen Anreizen sind in der Stossrichtung «laissez-faire» nicht vorgesehen.

- Bei einer Regulierungsstrategie mit der Stossrichtung «proaktiv steuern» wird diese Verhaltensänderung durch weitere Anreize und Massnahmen aktiv gefördert. Von daher weist diese strategische Ausrichtung ein wirksameres Instrumentarium auf, um auf eine Entwicklung in Richtung **Szenario 3 – Revolution der kollektiven Mobilitätsservices** hinzuwirken. Wie bereits in Abschnitt 4.13 festgehalten: Wenn zusätzliche staatliche Steuerungsmassnahmen (z.B. zur Erhöhung des Besetzungsgrades von Fahrzeugen) notwendig sind, müssen auch die Kosten dieser Massnahmen in die Betrachtung einfließen. Es sind die Nutzenverluste jener Verkehrsteilnehmenden, die ihr Verhalten ohne staatliche Intervention nicht verändert hätten. Die Kunst besteht bei Szenario 3 darin, neue Mobilitätsangebote zuzulassen («laissez-faire»), die Rahmenbedingungen für sie aber so zu setzen, dass sie kollektiv genutzt werden und dies mit möglichst geringen Nutzeneinbussen.

8.3 Regulierungsthemen für die verkehrspolitische Agenda der Zukunft

Der **Zeithorizont** des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft» ist mit dem Jahr 2060 ein sehr weiter. Für das vorliegende Forschungsprojekt zum Thema Regulierung steht nicht nur diese «übernächste Geländekammer» im Vordergrund. Welches Verkehrssystem sich in der Schweiz im Zuge der weitergehenden Automatisierung im Verkehr entwickeln wird, hängt nicht in erster Linie von den Regulierungen im Jahr 2060 ab, sondern insbesondere von jenen im Zeitraum davor. Sie entscheiden über Weichenstellungen, deren Auswirkungen sich erst im Zeitverlauf manifestieren werden.

Mit Blick auf die vielen Unsicherheiten und Grenzen im Wissensstand wäre es vermessen, auf Basis der im vorliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse bereits eine «**Regulierungsagenda für den Verkehr der Zukunft**» auf die Zeitachse bis 2060 legen zu wollen. Im Folgenden nehmen wir nur eine Einschätzung der groben Fristigkeiten vor, wann die in diesem Bericht diskutierten Regulierungsthemen angegangen werden bzw. auf der verkehrspolitischen Agenda auftauchen müssten (vgl. Abb. 15). «Langfristig» entspricht dabei dem Zeithorizont des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft», also 2060.

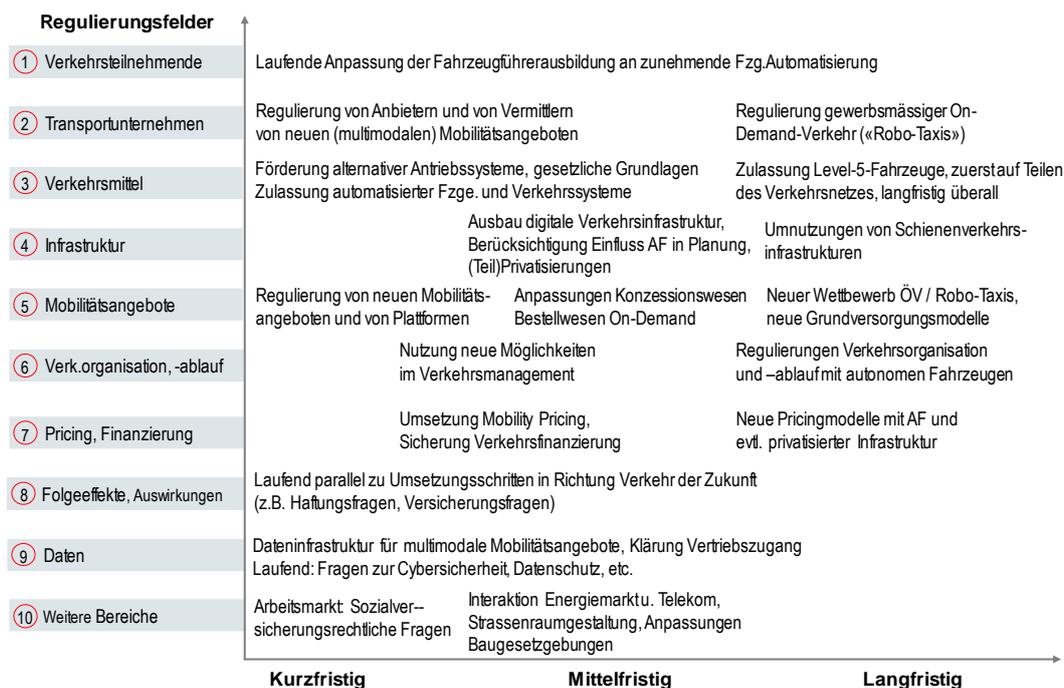


Abb. 15 Einschätzung der Fristigkeiten des identifizierten regulatorischen Handlungsbedarfs

Bereits aktuell oder **kurzfristig** relevant sind folgende Themen:

- Die **Fahrzeugführerausbildung** muss mit den technologischen Fortschritten im Zuge der Automatisierung laufend Schritt halten können. Kurzfristig steht der richtige Umgang mit den immer weiter entwickelten Assistenzsystemen in Personen- und in Güterverkehrsfahrzeugen im Vordergrund (z.B. in welchen Verkehrssituationen welche Aufgaben Assistenzsystemen überlassen werden können).²⁷⁹
- Bereits eingeleitet sind Aktivitäten zur Regulierung der **Vermittler von multimodalen Mobilitätsdienstleistungen** sowie Massnahmen im Bereich «Mobilitätsdaten und Öffnung Vertrieb weiterer Mobilitätsanbieter ausserhalb des öV». ²⁸⁰ Dabei geht es auch um die Frage der Schaffung einer Dateninfrastruktur für Mobilitätsdaten in der Schweiz. Damit werden regulatorische Grundlagen gelegt, die für die Entwicklung von Mobility-as-a-Service-Angebote bedeutsam sind.

Ebenfalls ein bereits kurzfristig relevantes bzw. schon laufendes Thema ist die Regulierung von Anbietern neuer Mobilitätsangebote insbesondere in städtischen Räumen.

- Wie die Fahrzeugführerausbildung muss auch die **Verkehrsmittelzulassung** mit den technologischen Entwicklungen bei Personen- und Güterverkehrsfahrzeugen Schritt halten können. Mit einer Revision des Strassenverkehrsgesetzes sollen dazu wichtige rechtliche Weichenstellung vorgenommen werden. Ziel ist es, die entsprechende Botschaft spätestens im Jahr 2021 zu verabschieden.²⁸¹ Internationale Entwicklungen und Festlegungen werden hier zentrale Rahmenbedingungen für den Handlungsspielraum in der Schweiz sein.

Das schweizerische Regulativ wird deshalb aber nicht weniger gefordert sein, im Gegenteil: Zeitlich parallel zur Zulassung von Fahrzeugen mit immer weitergehenden Assistenzsystemen müssen auch die Bestimmungen in anderen Regulierungsfeldern (z.B. die Verkehrsinfrastruktur, die Verkehrsregeln) weiterentwickelt werden, damit die jeweils neuste Generation von Fahrzeugen sicher und effizient in den Verkehrsablauf integriert werden kann (z.B. muss geklärt werden, ob ab einem bestimmten Zeitpunkt

²⁷⁹ Vgl. dazu auch die Medienmitteilung der Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU vom 11. November 2019, <https://www.bfu.ch/de/die-bfu/medien/automatisierte-fahrzeuge>, besucht am 15. Januar 2020.

²⁸⁰ Vgl. UVEK (2018a) und UVEK (2018b)

²⁸¹ Aussage von Bundesrätin Simonetta Sommaruga im Nationalrat am 17. Juni 2019

- gewisse Infrastrukturen nur noch von Fahrzeugen mit einem definierten Automatisierungsgrad benutzt werden können).
- Die Förderung alternativer **Antriebssysteme** im Verkehrsbereich ist bereits seit Jahren ein Thema auf der verkehrs- und auf der klimapolitischen Agenda. Mit der Roadmap Elektromobilität ist eine zentrale Stossrichtung definiert worden. Im Rahmen der Klimadiskussion wird zu klären sein, welche zusätzlichen ökologisch motivierten Steuerungsmaßnahmen zu ergreifen sind (z.B. eine CO₂-Lenkungsabgabe auf fossilen Treibstoffen).
 - Auch noch offene **arbeits- und sozialrechtliche Fragen** in Zusammenhang mit neuen Mobilitätsanbietern bzw. Plattformbetreibern sind kurzfristig zu klären. Sie sind jetzt relevant, spielen langfristig, d.h. in einer Welt mit autonom verkehrenden Fahrzeugen keine Rolle mehr.

Mittelfristig in den Vordergrund rücken dürften diese Regulierungsthemen:

- Aktuell sind die Unsicherheit bezüglich der Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft noch zu gross, um sie in der **Infrastrukturplanung** bereits berücksichtigen zu können – so wünschenswert dies angesichts der Langlebigkeit der Verkehrsinfrastruktur auch wäre. Mit zunehmendem Wissensaufbau dürfte sich diese Situation mittelfristig ändern. Mit einer rollenden und periodisch überprüften Entwicklungsplanung kann der Unsicherheit etwas entgegengewirkt werden. Die noch lange bestehende Mischverkehrsproblematik legt nahe, dass beim Verkehrsinfrastrukturausbau noch über längere Zeit keine «sunk investments» drohen. Zudem besteht mittel- bis langfristig die Möglichkeit, nicht mehr benötigte Verkehrsinfrastrukturen neuen Nutzungsformen zuzuführen.

Ein klareres Bild der Zukunft dürfte auch zur Klärung der Frage beitragen, ob im Infrastrukturbereich **private Akteure** neue Funktionen übernehmen sollten bzw. müssten, dies insbesondere auch bzgl. Steuerungsinfrastruktur und Elektrifizierung. Bei letzterer gehören zu diesen potenziellen neuen Akteuren auch die grossen Energieversorgungsunternehmen.

- Das **Konzessionswesen** befindet sich derzeit in Überprüfung. Aus Sicht «Verkehr der Zukunft» ergibt sich mittelfristig ein Handlungsbedarf im Sinne von Zulassung von Wettbewerb versus Konkurrenzschutz, wenn absehbar wird, ob und wann Betreiber von vollautomatisierten Fahrzeugflotten (Robo-Taxis) auf dem Mobilitätsmarkt auftreten werden. Das Gleiche gilt für das **Bestellwesen**, dass sich auf verstärkt auf On-demand-Erschliessungen und -Angebote mit vollautomatisierten Fahrzeugen wird ausrichten müssen.
- Sind einmal offene Fragen zu Datenverfügbarkeiten und zur in Diskussion stehenden Mobilitätsdateninfrastruktur geklärt, können sich mittelfristig neue Möglichkeiten für das **Verkehrsmanagement** ergeben. Die Rollenverteilung zwischen den Akteuren auf den verschiedenen Staatsebenen wird sich ebenso stellen wie jene nach der Einbindung privater Akteure. Es wird bspw. zu klären sein, welche Rolle dem Infrastrukturbetreiber bei der Steuerung von automatisierten Fahrzeugen zukommt.
- Ebenfalls mittelfristig wird die **Verkehrsfinanzierung** auf ein neues Fundament gestellt werden müssen, weil mit der Besteuerung der fossilen Treibstoffe der wichtigste Pfeiler erodieren wird. Neben der Verkehrssteuerung wird unter dem Stichwort «Mobility Pricing» wieder das Finanzierungsargument in den Vordergrund rücken. Die heute stark getrennt geführte Diskussion von Mobility Pricing im Personenverkehr sowie LSWA und Trassenpreis im Güterverkehr wird wieder gesamtheitlicher geführt werden müssen.
- Schliesslich sind mittelfristig Fragen zur **Strassenraumgestaltung** und in der **Baugesetzgebung** (z.B. im Parkierungsbereich) anzugehen, wenn sich der Wissensstand zu den Anforderungen eines Verkehrssystems mit vollautomatisierten Fahrzeugen im Güter- und im Personenverkehr (inkl. Kleinstfahrzeugen) in diesen Bereichen weiter geklärt hat.

Langfristig ergibt sich der regulatorische Handlungsbedarf aus der **Zulassung und dem Auftreten von vollautomatisierten Fahrzeugen**, dem eigentlichen «Game Changer» des Verkehrs der Zukunft:

- Erst mit der Zulassung von vollautomatisierten Fahrzeugen ergibt sich eine **grundsätzlich neue Ausgangslage** für den **Wettbewerb um Mobilitätsdienstleistungen**.
 - Es muss geregelt sein, wie die «Einführungsstrategie» aussieht, auf welchen Netzteilen und/oder in welchen geschlossenen Systemen vollautomatisierte bzw. autonome Fahrzeuge unterwegs sein dürfen und welche Zwischenlösungen (z.B. Platooning) wann und wo zulässig sind.
 - Bis dann muss klar sein, wie der gewerbsmässige private On-demand-Verkehr (Robo-Taxis) reguliert werden soll.
 - Mit diesen schrittweisen Zulassungen einhergehen müssen entsprechende Lösungen im Haftungs- und Versicherungsrecht.
- Die neue Ausgangslage auf dem Verkehrsmarkt kann **grundsätzliche Anpassungen im Infrastrukturbereich** auslösen. Umnutzungen – auch zwischen den Verkehrsträgern Schiene und Strasse – könnten ein Thema werden und u.a. einen Beitrag zur Entschärfung der Mischverkehrsproblematik leisten.
- In der **Grundversorgung** eröffnen sich mit dem Aufkommen von vollautomatisierten Fahrzeugen ganz neue Möglichkeiten, weil ein insbesondere bei Bedarfsangeboten zentraler Kostenblock, die Personalkosten für die Fahrzeugführer/innen, entfällt. Neben angebotsorientierten wird auch über nachfrageorientierte Ansätze zur Sicherung der Grundversorgung zu diskutieren sein.
- Selbstredend müssen **Verkehrsorganisation und -ablauf** auf vollautomatisierte Fahrzeuge ausgerichtet sein, wenn diese ausserhalb von Pilotanwendungen im Verkehrssystem auftauchen werden. Verkehrsregeln werden anzupassen bzw. auf die neue Situation auszurichten sein.
- Und schliesslich müssen mit dem Auftreten von vollautomatisierten Fahrzeugen und allenfalls Privatisierungen im Infrastrukturbereich die **Verkehrsfinanzierung** und damit auch das **Pricing** im Verkehr auf diese neue Situation ausgerichtet sein.
- Schliesslich macht *Abb. 15* neben der unterschiedlichen Fristigkeit der anstehenden Regulierungen einen weiteren Punkt deutlich: Es bestehen **grosse Interdependenzen zwischen den verschiedenen Regulierungsfeldern inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs**, was die Komplexität der Regulierung des Verkehrs der Zukunft zusätzlich erhöht.

8.4 Forschungs- und Vertiefungsbedarf

Der sehr langfristige Zeithorizont des Forschungspakets bringt es mit sich, dass viele Fragen zum Verkehr der Zukunft noch offen sind. Gleiches gilt für die Regulierung, wenn sie sich die auf eben diesen Verkehr der Zukunft bezieht. Im vorliegenden Projekt sind sehr viele Fragestellungen zu den Herausforderungen an das Regulativ und an die Verkehrsfinanzierung aufgeworfen worden. Zu einigen von ihnen konnten *erste* Antworten gegeben werden, es besteht aber noch in sehr vielen Punkten ein **Forschungs- und Vertiefungsbedarf**:

- Die Analyse im vorliegenden Projekt kommt zum Schluss, dass es für die erfolgreiche Regulierung des Verkehrs der Zukunft eine eigentliche **neue Governance** für das Gesamtverkehrssystem braucht. Wie in einer solchen die geeignete vertikale Rollenverteilung zwischen den verschiedenen hoheitlichen Ebenen (international, national, kantonale und kommunale) aussieht, ist noch offen.
- Das Gleiche gilt für die **künftige Rollenverteilung zwischen staatlichen und (neuen) privaten Akteuren**. Im vorliegenden Projekt ist aufgezeigt worden, dass sich diese Frage in verschiedenen Teilbereichen des Verkehrs der Zukunft stellt. Wie konkrete Lösungsansätze aussehen könnten, muss noch entwickelt werden. Dies gilt v.a. im Bereich Infrastruktur, in der Eigner- und in der Bestellerrolle im ÖV.
- Der Bedarf nach einer weiteren **Konkretisierung von Regulierungsansätzen** bezieht sich auf zahlreiche der identifizierten Regulierungsfelder. Weil derart viele Felder inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs herausgefordert sind, konnten nur Stossrichtungen für Regulierungen aufgezeigt werden. Diese werden in einem nächsten Vertiefungsschritt in konkrete Lösungsvorschläge weiterzuentwickeln sein.

- Bei der Weiterentwicklung von Regulierungsansätzen sollte vertieft auf deren **Wirkungsketten** eingegangen werden, so dass nicht nur Handlungsoptionen aufgezeigt werden können, sondern auch eine **Bewertung dieser Handlungsoptionen** möglich wird.
- Im vorliegenden Bericht wird vielfach betont: Die anstehende Regulierungsagenda ist komplex, weil bezüglich Handlungsbedarf unterschiedliche Fristigkeiten bestehen und viele Interaktionen zwischen verschiedenen Politikfeldern und damit Sektorpolitiken zu beachten sein werden. *Abb. 15* gibt diesen Sachverhalt stark vereinfacht wieder, ist aber noch weit von einer eigentlichen **Regulierungsagenda auf der Zeitachse** entfernt.
- Bei der **Verkehrsfinanzierung** der Zukunft bestehen sowohl auf der **Einnahmen-** als auch auf **Ausgabenseite** (Kostenentwicklung) grosse Unsicherheiten. Mit zunehmendem Wissensstand zur Ausgestaltung des Verkehrs der Zukunft drängen sich vertiefende Analysen auf, um zu besser abgestützten Aussagen zu den Herausforderungen für das Verkehrsfinanzierungssystem Schweiz zu kommen.
- Schliesslich resultiert bei **einzelnen spezifischen Fragestellungen** ein Forschungsbedarf. Ein Beispiel ist die Frage der Umnutzung von Schieneninfrastrukturen zu Infrastrukturen für automatisierte Strassenverkehrsfahrzeuge.

Anhänge

I	Analyse der Ziele in der Schweizer Verkehrspolitik	159
II	Übersicht über die Chancen- und Risikofelder	163
III	Beschrieb Verkehrsfinanzierungsmodell und Ergebnisse Modelldurchläufe	173
III.1	Modellbeschreibung	173
III.2	Modelldurchläufe: Ergebnisse für die drei Szenarien der Paketeleitung	178

I Analyse der Ziele in der Schweizer Verkehrspolitik

Zieldimension	Quellen
...verfügbar (Kriterium: Kapazitäten und Infrastrukturbedarf)	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Die Verkehrsnachfrage wird so gelenkt, dass die Leistungsfähigkeit des bestehenden Gesamtverkehrssystems vor der Realisierung von weiteren Aus- oder Neubauten ausgeschöpft wird. – Departementsstrategie UVEK 2016: Die steigenden Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung werden durch ein verstärkt nutzerfinanziertes, optimal abgestimmtes, intermodales sowie grenzüberschreitend koordiniertes und nachhaltiges Verkehrssystem befriedigt
...kostengünstig / preiswert (Kriterium: Mobilitätskosten- und Preise)	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Es wird nicht möglich sein, das grosse Verkehrswachstum allein mit Ausbauten zu bewältigen, weil Ausbauten in dicht besiedelten Gebieten an Grenzen stossen, viel Zeit benötigen und teuer sowie auf den verbleibenden naturnahen Flächen unerwünscht sind. Der Bund strebt deshalb an, die bestehenden Infrastrukturen optimaler zu nutzen. – Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014: Der öV ist für alle Nutzergruppen einfach zugänglich und seinen Preis wert.
...effizient (Kriterien: Preissetzung und Marktordnung)	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Das Gesamtverkehrssystem der Schweiz ist in allen Aspekten effizient. – Departementsstrategie UVEK 2016: Die Effizienz des Gesamtverkehrssystems hat sich verbessert; Die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit von Infrastrukturen und Verkehrsangeboten ist nachhaltig sichergestellt
...innovativ (Kriterium: Innovationsfähigkeit und -verhalten)	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahme 2040: Bei der Anwendung von Innovationen im Bereich der Mobilität nimmt die Schweiz eine internationale Spitzenposition ein – ZINV-UVEK: Know-how Gewinn realisierens – Departementsstrategie UVEK 2016: Digitale Entfaltung der Schweiz (Die Schweiz gehört zu den führenden Ländern in Sachen Digitalisierung, durch geeignete regulatorische Rahmenbedingungen ist sicherzustellen, dass der Markt vielfältige, qualitativ hochstehende und bedarfsgerechte Dienstleistungsangebote bereitstellt, neue Technologien und Geschäftsmodelle werden verstärkt für effizienteren oder reduzierten Verkehr, verminderten Energieverbrauch und eine effiziente Infrastrukturnutzung eingesetzt, wo möglich und sinnvoll, tritt der Staat die Verfügungsrechte über öffentliche Daten im Rahmen einer „open government data“ an Private ab; Sinnvolle Nutzung des technologischen Potenzials („intelligente, vernetzte Mobilität“) – Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA: Neue Geschäftsmodelle in der Mobilität mit Wertschöpfung in der Schweiz, die die Effizienz des Gesamtverkehrs fördern, sind ermöglicht.
...sicher (Kriterium: Verkehrssicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Das Gesamtverkehrssystem ist sicher, verlässlich, hoch verfügbar und einfach zugänglich. Das UVEK gewährleistet die Verfügbarkeit einer robusten und leistungsfähigen Kommunikationsinfrastruktur, damit diese für innovative Dienste zur Verfügung steht. Im Rahmen einer kohärenten und zukunftsorientierten Datenpolitik organisiert es den Zugang zu mobilitätsrelevanten Daten und koordiniert zusammen mit den zuständigen Stellen deren Bearbeitung und Sicherheit. – Departementsstrategie UVEK 2016: Das Sicherheitsniveau der Schweizer Verkehrsträger gehört im europäischen Vergleich zu den Besten; Risiken durch Naturgefahren und Störfälle sind auf ein tragbares Mass reduziert
...geschützt (Kriterium: Schutz vor Fremdeinflüssen)	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Das UVEK gewährleistet die Verfügbarkeit einer robusten und leistungsfähigen Kommunikationsinfrastruktur, damit diese für innovative Dienste zur Verfügung steht. Im Rahmen einer kohärenten und zukunftsorientierten Datenpolitik organisiert es den Zugang zu mobilitätsrelevanten Daten und koordiniert zusammen mit den zuständigen Stellen deren Bearbeitung und Sicherheit. – Departementsstrategie UVEK 2016: Die Bevölkerung erwartet im Verkehr auf Strasse, Schiene, Wasser und in der Luft ein hohes Mass an Sicherheit. Dabei umfasst der Begriff „Sicherheit“ sowohl die technisch-operationelle Sicherheit („Safety“ oder „funktionale Sicherheit“) als auch die

	<p>Abwehr widerrechtlicher Angriffe („Security“), soweit sie im Zuständigkeitsbereich des UVEK liegt. Rechtliche, organisatorische, technische und sicherheitsrelevante Hürden für die Einführung „smarter“ Anwendungen insbesondere in den Bereichen Gebäude, Energie, Verkehrs- und andere Infrastrukturnetze sind soweit wie möglich abzubauen.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014: Der öV ist sicher. – Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA: Die Betriebssicherheit der Fahrzeuge ist sichergestellt. – Motion Burkhard: Damit die Schweiz international kompatibel bleibt und auch von den technischen Vorzügen profitieren kann, werden aber auf nationaler Ebene in verschiedenen Bereichen des Strassenverkehrsrechts Anpassungen notwendig. Diese müssen im Einklang mit der internationalen Rechtsentwicklung wie dem Wiener Übereinkommen stehen. Deshalb ist es wichtig, dass flexibel und zeitnah auf die kommenden Weiterentwicklungen der technischen Möglichkeiten und der Rechtsordnung reagiert werden kann und die sich daraus ergebenden Chancen wahrgenommen werden können. – Motion Regazzi: Entsprechend muss der rechtliche Rahmen angepasst werden, damit einige grundsätzliche, heikle Punkte geregelt werden. Dazu gehören beispielsweise (nicht abschliessend aufgezählt): die technischen Anforderungen an solche Fahrzeuge, die Sicherheitsvorschriften (die wegen der innovativen Natur der Fahrzeuge sehr streng sein müssen), die Erkennbarkeit der Fahrzeuge für die Strassenbenutzerinnen und -benutzer, das Thema der Privacy und nicht zuletzt die rechtlichen Fragen rund um die Haftung bei Unfällen, auch aus Versicherungsperspektive.
<p>...sauber und ressourcenschonend (Kriterien: Umweltbelastung, Energie- und Flächenverbrauch)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Die Belastung der Umwelt durch Emissionen des Verkehrs ist markant reduziert; Der Landverkehr funktioniert weitgehend CO₂-neutral und möglichst ohne fossile Energien. – ZINV-UVEK: Luftschadstoffe senken, Lärmbelastung senken, Bodenversiegelung reduzieren, Belastung von Landschaften und Lebensräumen senken, Einwirkungen auf Gewässer senken; Beeinträchtigung des Klimas senken, Ozonschicht erhalten; Treibhausgasemissionen durch Reduktion des Treibstoffverbrauchs verringern – Departementsstrategie UVEK 2016: Der Ausstoss von Luftschadstoffen ist weiter gesunken und die Luftqualität erhöht; Die Lärmbelastung der Bevölkerung ist reduziert und die Belastungsgrenzwerte werden wo immer möglich eingehalten; ruhige Gebiete werden erhalten und wo notwendig geschaffen. Die Siedlungsentwicklung ist mit den Ruhebedürfnissen der Bevölkerung abgestimmt. Im Personen- und Güterverkehr sind die Verkehrsträger noch konsequenter entsprechend ihrer Stärke eingesetzt – Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014: Der öV nutzt die nötigen Ressourcen (Umwelt, Energie, Raum und Boden etc.) so minimal wie möglich und gesamtverkehrlich sinnvoll. – Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA: Der Anteil fossiler Emissionen im Strassenverkehr hat sich massgeblich reduziert.
<p>... zugänglich (Kriterium: Mobilitätszugang)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Eine klar definierte Grundversorgung stellt eine zeitliche und räumliche angemessene Erreichbarkeit in alle Regionen des Landes und für alle Bevölkerungsgruppen sicher – ZINV-UVEK: Erreichbarkeit als Teil der Standortgunst verbessern, Unterstützung einer regional ausgeglichenen wirtschaftlichen Entwicklung, landesweite Grundversorgung sicherstellen, Rücksicht auf Menschen mit einem erschwerten Zugang zum Verkehr nehmen und Situation der Fussgänger und Velofahrenden verbessern – Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014: Alle relevanten Nutzergruppen des Personen- und Güterverkehrs sind in der Angebotsentwicklung berücksichtigt. Alle geografischen Räume sind mit öffentlichem Personenverkehr erschlossen, jedoch nach räumlich differenzierten Standards.
<p>...langfristig finanziert (Kriterium: Finanzierungssicherheit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Mit den verfügbaren öffentlichen Mitteln werden das Mobilitätsangebot und die Verkehrsinfrastrukturen kosteneffizient finanziert; Die Nutzenden aller Mobilitätsangebote tragen, die von ihnen verursachten internen und externen Kosten vermehrt selber. – Departementsstrategie UVEK 2016: Die Finanzierung des Verkehrs ist langfristig gesichert und arbeitet verstärkt mit lenkenden, effizienzorientierten, marktwirtschaftlichen Anreizen. – Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014: Die Finanzierung von Infrastruktur und bestellten Verkehren ist langfristig gesichert.

	<p>In Teilen des öffentlichen Personenverkehrs ist der Marktzugang umgesetzt und das Angebot wird zunehmend durch private, gewinnorientierte Unternehmungen erbracht.</p> <p>– Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA: Nicht treibstoffgebundene Finanzierungsmodelle, die die Diversität der Technologien berücksichtigen sind entwickelt.</p>
<p>...koordiniert und abgestimmt (Kriterium: Verkehrs- und Raumplanung)</p>	<p>– Departementsstrategie UVEK 2016: Die Verkehrspolitik hat einen grossen Beitrag zu einem sparsamen Umgang mit Kulturland und zur verminderten Zerschneidung der Landschaft geleistet; Die Verkehrspolitik hat zur Verwirklichung der erwünschten räumlichen Entwicklung des Landes gemäss Raumkonzept Schweiz beigetragen</p> <p>– Strategie nachhaltige Entwicklung 2016-2019 des ARE: Die Verkehrsinfrastruktur beschränkt sich auf die zu erfüllende Funktion, sorgt für eine angemessene Erschliessung und garantiert die qualitative und quantitative Leistungsfähigkeit des Verkehrssystems.</p>
<p>...international eingebunden (Kriterien: Internationale Einbindung)</p>	<p>– UVEK-Orientierungsrahmen 2040: Die Zusammenarbeit der verschiedenen Staatsebenen im Verkehrsbereich wird gestärkt</p> <p>– ZINV-UVEK: Akzeptanz, Partizipation und Koordination sicherstellen (den betroffenen Akteuren angemessene Mitwirkungsmöglichkeiten gewähren)</p> <p>– Öffentlicher Verkehr – für die Schweiz Strategie BAV 2014: Die rechtlichen Rahmenbedingungen unterstützen einen einheitlichen europäischen Verkehrsraum.</p> <p>– Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA: Grenzüberschreitender, vollautomatisierter Verkehr ist möglich.</p>
<p>...gesellschaftsverträglich (Kriterium: Gesellschaftliche Akzeptanz)</p>	<p>– Strategische Ausrichtung. Vision, Mission, Leitsätze und Ziele des ASTRA: Der Datenschutz entspricht den gesellschaftlichen Anforderungen. Das Image der Fahrzeuge innerhalb der Bevölkerung ist positiv.</p>

II Übersicht über die Chancen- und Risikofelder

Die Übersicht ist entlang den in Kapitel 2 unterschiedenen **Zieldimensionen** (vgl. dazu *Tab. 2 Definition der Zieldimensionen*) strukturiert.

Die Anzahl grüner bzw. roter Balken gibt an, ob die Chance bzw. das Risiko als sehr gross (drei Balken) oder eher klein (ein Balke) bewertet wird. Bei dieser Einstufung handelt es sich um eine qualitative Bewertung u.a. basierend auf den Erkenntnissen aus einem am 27. Juni 2018 im Rahmen des Projekts durchgeführten Experten-Workshop.

Zieldimension verfügbar

Bedarf an Kapazitäten und Infrastruktur	
	<p>Reduktion des Bedarfs an neuer Infrastruktur durch kleiner werdende Fahrzeugflotten aufgrund:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Abnahme der Anzahl immatrikulierter Fahrzeuge da jederzeit vollautomatisierte Fahrzeuge auf Abruf bereitstehen – Neuen Mobilitätsdienstleistungen bzw. vermehrtem Ridesharing, was zu einer besseren Auslastung der Fahrzeuge führt – Effizientere Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen durch weniger Fahrzeuge
	<p>Erhöhung der Kapazität der bestehenden Infrastruktur dank automatisiertem Fahren (z.B. durch geringere Sicherheitsabstände, durch eine geringere Parkplatznachfrage, durch Nutzung von Servicestationen für Wartung, Reinigung, etc. während der Nacht), entsprechend dämpfende Wirkung auf Infrastrukturausbau bzw. Chance für Umnutzungen von Verkehrsinfrastrukturen, gilt für Strassen- und Schienenverkehr</p>
	<p>Grosse zusätzliche Kapazitäten durch neue Transportsysteme wie z.B. Hyperloop und Cargo Sous-Terrain</p>
	<p>Potenzial für bessere Auslastung der bestehenden Strasseninfrastruktur durch eine Neubewertung des Nachtfahrverbots aufgrund geringerer Lärmemissionen von E-LKW, Reduktion des Ausbaubedarfs</p>
	<p>Reduktion des Infrastrukturbedarfs dank neuer, effizienterer Möglichkeiten im Verkehrsmanagement durch intelligente Infrastruktur und Datenverfügbarkeit</p>
	<p>Weniger Güterverkehr dank neuen innovativen Logistiklösungen sowie dezentralerer Produktion durch neue Technologien wie dem 3-D-Druck</p>
	<p>Geringerer "konventioneller" Infrastrukturbedarf dank Abnahme der Verkehrs-/Transportleistungen aufgrund neuer Transportsysteme wie z.B. Hyperloop</p>
	<p>Reduktion der Verkehrs- und Transportleistung und damit des Infrastrukturbedarfs dank Zunahme von "Home Office", "Work Anywhere", "Virtual Reality", etc. aufgrund weiterentwickelter Kommunikationstechnologien</p>
	<p>Erhöhung des Infrastrukturbedarfs aufgrund einer Zunahme der Verkehrsnachfrage aufgrund:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sinkender Kosten für Verkehrsmittel durch simplere Fahrzeuge und tieferen Energiekosten – sinkender Kosten für Mobilitätsdienstleistungen durch das Wegfallen des Fahrers und durch andere Finanzierungsquellen (z.B. Werbung, Daten etc.) – Geringeren Zeitkosten dank mehr produktiv nutzbarer Zeit in vollautomatisierten Fahrzeugen (führt auch zu längeren Wegen)
	<p>Erhöhung des Infrastrukturbedarfs aufgrund neuer Entry und Exit Points zu / von Mobilität in Quartieren und Siedlungen: Personen und v.a. Güterverkehr wegen der starken Zunahme von eCommerce</p>
	<p>Erhöhung des Infrastrukturbedarfs aufgrund von Mehrverkehr durch eine zunehmende Anzahl von Leerfahrten durch nicht gemeinschaftlich genutzten Fahrzeugen ("allein zurück in die Garage"), Reduktion des durchschnittlichen Besetzungsgrades auf weniger als 1</p>
	<p>Erhöhung des Infrastrukturbedarfs durch "induzierte" Fahrten aufgrund von Produkten und Dienstleistungen, die in Autos angeboten werden, durch Autos die Daten sammeln usw. (nicht die Fahrt von A nach B als Fahrzweck, sondern die Anwesenheit im Fahrzeug)</p>
	<p>Erhöhung der Infrastrukturnachfrage wegen notwendiger Verkehrstrennung während einer Übergangsphase (Trennung der Verkehrsinfrastruktur für automatisierte / nicht automatisierte Fzge.)</p>
	<p>Erhöhung des Infrastrukturbedarfs aufgrund der Zunahme der Verkehrsnachfrage wegen neuen Nachfragegruppen wie Jugendlichen oder älteren Menschen.</p>

Zieldimension **kostengünstig / preiswert**

Spezifische Infrastrukturkosten*	
	<p>Geringere Infrastrukturkosten durch kleinteiligeren und somit leichteren Verkehr, was die Infrastrukturabnutzung reduziert (das Wegfallen der Kosten für den Fahrer beim automatisierten Fahren macht kleinere Fahrzeuge attraktiver, zudem kann in kleinteiligen Fahrzeugen besser individualisierte Werbung geschaltet werden). Neue, kleinteiligere Güterverkehrssysteme bzw. -fahrzeuge auch wegen der Zunahme von eCommerce, Verschmelzung von Personen- und Güterverkehr denkbar.</p> <p>Generell geringere Unterhaltskosten dank Optimierungen im Werterhalt und Unterhalt aufgrund der Digitalisierung (Instandhaltungsrhythmen können dank Sensoren auf der Feststellung des effektiven Zustands der Infrastruktur aufbauen)</p>
	Geringe Infrastrukturkosten für neue Transportsysteme im Bereich Luftfahrt (Drohnen)
	<p>Höhere Infrastrukturkosten durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Umsetzung neuer Technologien (z.B. für Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation, Ausrüstungen für die E-Mobilität (Ladestationen)) – Kosten für Dateninfrastrukturen – höhere Anforderungen an Markierungen, Breiten etc. – stärkere Belastung wegen der effizienteren Nutzung der Infrastruktur – erhöhte Sicherheitsanforderungen aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels (z.B. Steinschlag)
	Teure neue Infrastrukturen für neue Transportsysteme (Hyperloop, Cargo Sous Terrain)

* «spezifisch» meint, nicht durch den Infrastrukturbedarf getrieben (= Zieldimension «verfügbar»), sondern pro Infrastruktureinheit

Verkehrsmittelkosten	
	Tiefere Fahrzeugkosten aufgrund höherer Energieeffizienz von neuen Antriebssystemen (v.a. E-Mobilität auf der Strasse)
	Tiefere Fahrzeugkosten dank einfacheren Fahrzeugkonstruktionen (weniger Bauteile) und geringeren Anforderungen (z.B. an die Kraft des Fahrzeugs) bei vollautomatisierten autonom verkehrenden Fahrzeugen
	Geringeres Durchschlagen von mittel- bis langfristig steigenden Preisen fossiler Brennstoffe auf die Verkehrsmittelkosten
	Höhere Fahrzeugkosten wegen höheren Anforderungen an die digitale und technologische Ausstattung der Fahrzeuge sowie aufgrund alternativer Antriebe
	Erhöhung der Verkehrsmittelkosten aufgrund steigender Infrastrukturkosten
	Neue Abhängigkeit der Verkehrsmittelkosten vom Strompreis

Kosten für Mobilitätsdienstleistungen	
	Neue innovative und kostengünstige Lösungen im Bereich MaaS (z.B. über zur Verfügung gestellte Personendaten bzw. personenbezogene Werbung zur Finanzierung von Mobilitätsdienstleistungen), Kundenbeziehung neu beim Vernetzer, Fahrtenplaner und nicht mehr beim Fuhrhalter
	Senkung der Kosten durch Wegfall von Lohnkosten bei Transportdienstleistungen, die im Personen- oder Güterverkehr von vollautomatisierten Fahrzeugen erbracht werden.
	Tiefere individuelle Mobilitätskosten bei gemeinschaftlicher Betriebsmittelnutzung dank Car- und Ridesharing-Lösungen, Wegfall / Aufteilung von Fixkosten für Fahrzeuge, Installationen, etc.
	Im Zeitverlauf steigende Kosten wegen Oligopol- und Monopollösungen im Bereich MaaS ("the winner takes it all")

Zeitkosten	
	Tiefere Zeitkosten dank der Möglichkeit in automatisiert fahrenden Verkehrsmitteln die Zeit produktiv zu nutzen, Komfortgewinne in Stausituationen, weil das Fahrzeug das «stop-and-go» übernimmt (analog tiefere Zeitkosten ÖV gegenüber MIV aktuell)
	Geringere Reisezeiten und somit geringere Zeitkosten dank besserer Verkehrsorganisation, effizienterer Infrastrukturnutzung und weniger Unfällen
	Höhere Reisezeit und somit höhere Zeitkosten wegen Attraktivitätssteigerungen die zu Mehrverkehr führen
	Höhere Reisezeiten wegen sicherheitsbedingten tiefen Durchschnittsgeschwindigkeiten von vollautomatisierten Fahrzeugen

Zieldimension effizient

Faire und effiziente Verkehrspreise	
	Bessere technische Voraussetzungen zur Umsetzung von verursachergerechteren, weil differenzierten Preisen im Verkehrsbereich (weil die für das Pricing benötigten Daten ohnehin erfasst werden), effizientere Infrastrukturauslastung als Konsequenz
	Erhöhung der Nutzerfinanzierung durch mehr private, nicht-subventionierte Mobilitätsangebote
	Abnahme der staatlichen Einflussmöglichkeit auf die Mobilitätspreise für die Endkund/innen bei neuen Mobilitätsangebote von privaten Anbietern mit anderer Pricing-Logik (nachfrageorientierte Preissetzung), inkl. Gefahr von vermehrten Pauschalangeboten / -preisen (analog Telekom)
	Ineffizient hohe Mobilitätsnachfrage wegen über Werbung oder Daten finanzierte "Gratis-Mobilität"

Funktionierender Wettbewerb	
	Verstärkter Wettbewerb durch den Markteintritt neuer Akteure
	Reduktion von Informationsasymmetrien durch digitale Ratingsysteme
	Abbau von bestehenden Monopolen durch neue Mobilitätsangebote und Akteure (Vermischung MIV / ÖV)
	Gefahr von neuen Oligopol- und Monopolbildungen bei über Plattformen organisierten Märkten (sharing economy) wegen Netzwerk- und Skaleneffekten, Gefahr von "the winner takes it all"
	Gefahr von neuen Oligopol- und Monopolbildungen wegen Datensammlung und -verfügbarkeit sowie wegen unterschiedlichen Möglichkeiten der Datenauswertung und -verknüpfung

Zieldimension **innovativ**

Innovationsaktivitäten, innovative Produkte und Geschäftsmodelle	
	Innovative neue Angebotsformen und Geschäftsmodelle* (inkl. Pricing) durch bestehende und v.a. neu im Mobilitätsmarkt auftretende Akteure, Erhöhung des Kundennutzens
	Der Verkehrsbereich und seine Bestandteile als neues grosses Investitionsfeld für private Akteure mit innovativen Anlagemöglichkeiten, u.a. wegen der zunehmenden Privatisierung von Infrastrukturen (gilt v.a. für digitale Infrastruktur mit auf private Betreiber ausgerichteten Merkmalen wie Mentalität, Entwicklungstempo, Risiken, aber auch Servicestationen)
	Chancen für neue innovative Produkte von Unternehmen auch ausserhalb des Verkehrsbereichs, allenfalls mit Export-Chancen (z.B. im Anwendung von Blockchain-Technologie im Logistikbereich)
	Erhöhung des Innovationsdrucks durch mehr Wettbewerb bzw. durch den Einstieg neuer Akteure in den Mobilitätsmarkt
	Verdrängung von Schweizer Akteuren durch Global Players v.a. im ICT-Bereich ("Innovation im Silicon Valley statt in der Schweiz"), und damit verbunden Abfluss von Wertschöpfung von der Schweiz ins Ausland
	Einschränkung der Innovationskraft im Verkehrsbereich aufgrund fehlender Technologie-Akzeptanz und entsprechender Regulierung

Zieldimension **sicher** (i.S. von «safety»)

Unfallrisiko	
	Reduktion der Anzahl Unfälle dank Fahrerassistenzsystemen und automatisiertem Fahren
	Reduktion der Anzahl Unfälle dank infrastrukturseitigen Überwachungs- und Steuerungssystemen
	Erhöhung des Unfallrisikos durch technisches Versagen und kriminelle Aktivitäten v.a. im IT-Bereich, steigendes Risiko mit zunehmender Automatisierung
	Neue sicherheitsrelevante Schnittstellen bei nicht vollautomatisierten Fahrzeugen (bis Level 4) z.B. bei der Übernahme der Fahrzeugkontrolle durch die Lenkerin bzw. den Lenker oder durch das Verlernen von situationsgerechtem Reagieren mangels Übung.
	Potenziell höhere Personenschäden bei Unfällen wegen einfacherer Bauweise von vollautomatisierten Fahrzeugen, wegen ungünstigeren Sitz- / Liegepositionen der Fahrzeuginsassen bei automatisiertem Fahrmodus
	Erhöhung des Unfallrisikos bei unbegleiteten Verkehren v.a. im Güterverkehr (Wegfall des Chauffeurs, der in potenziell gefährlichen Situationen (z.B. bei Verlust von Teilen der Ladung) sofort reagieren kann.
	Erhöhung des Unfallrisikos bei Mischverkehr (Fahrzeuge von unterschiedlichem Automatisierungslevel sowie automatisierte Fahrzeuge und Langsamverkehr bei nicht harmonisierter Geschwindigkeit)

Zieldimension geschützt

Persönlichkeitsschutz i.w.S. und Rechtssicherheit ("security")	
	Erhöhte Personensicherheit im öffentlichen und kollektiven Verkehr dank Nutzerdatenerfassung und entsprechenden Überwachungssystemen
	Sichere Ticket- und Abrechnungssysteme dank neuen Technologien wie z.B. Blockchain
	Erhöhte Datenschutzproblematik aus Kombination von Personen- und Bewegungsdaten
	Rechtliche Unsicherheit wegen grundlegenden Änderungen im Verkehrsbereich und noch wenigen Erfahrungen aus der Praxis (z.B. durch Zulassungsfragen bei Softwareupdates, nötige Anpassungen von Verkehrsvorschriften, Haftungsfragen)
	Erhöhte Datenabhängigkeit und gesamthafte Vernetzung im Verkehrssystem und damit erhöhtes Folgekostenrisiko bei Pannen und Attacken im IT-Bereich des Verkehrs
	Abwanderung der Datenhoheit zu Unternehmen aus dem Ausland bzw. globale Player, kaum mehr kontrollierbare Verwendung der Daten

Zieldimension sauber und ressourcenschonend

Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch	
	Geringere Treibhausgasemissionen durch Elektroantriebe bei Verwendung von erneuerbaren Energiequellen
	Reduktion des Flächenbedarfs des Verkehrs v.a. in urbanen Gebieten dank Abnahme der Anzahl abzustellender Fahrzeuge, Chance für die Schaffung von neuen attraktiven Gebieten / Räumen (bspw. Umnutzungspotenziale für Zielparkplätze)
	Verringerung der Luftschadstoffemissionen, u.a. wegen geringerem konventionellen Bremsen bei Elektrofahrzeugen (Wirkung auf Feinstaubabrieb der Bremsen)
	Generelle Abnahme der Umweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs (inkl. vor- und nachgelagerter Prozesse) wegen geringerer Anzahl benötigter / im Einsatz stehender Fahrzeuge
	Verwendung der Batterien von E-Fahrzeugen als "smarte Energiespeicher"
	Attraktivierung des Langsamverkehrs / aktiven Verkehrs, da dort noch selber gefahren werden kann.
	Lärmreduzierung durch Elektroantriebe im tiefen Geschwindigkeitsbereich
	Abnahme des Energieverbrauchs dank Fahrerassistenzsystemen
	Weniger Störfälle und weniger Emissionen aufgrund von weniger Unfällen
	Erhöhte indirekte CO ₂ - und Luftschadstoffemissionen aus stark erhöhter Stromproduktion mittels nicht-erneuerbarer Energieträger
	Generelle Zunahme der Umweltbelastung sowie des Ressourcen- und Flächenverbrauchs (inkl. vor- und nachgelagerter Prozesse) wegen höherer Anzahl benötigter / im Einsatz stehender Fahrzeuge und entsprechend höherem Infrastrukturbedarf
	Erhöhung des kleinräumigen Flächenbedarfs des Verkehrs v.a. in urbanen Gebieten wegen des erhöhten Bedarfs an Ein- und Ausstiegstellen und Pick-up-points für automatisierte Fahrzeuge, Beeinträchtigung des Verkehrsflusses
	Der Langsamverkehr / aktive Verkehr wird relativ unattraktiver, da die Zeit weniger produktiv genutzt werden kann als ihn automatisierten Fahrzeugen und weil die Tarife im kollektiven Verkehr sehr tief ausfallen können, Gefahr von Rückumsteigeeffekten weg vom aktiven Verkehr., Gefahr von Rückumsteigeeffekten weg vom aktiven Verkehr.
	Die E-Mobilität verlagert die Ursache der CO ₂ -Belastung weg von den Verkehrsteilnehmenden zu den Stromproduzenten, was das Problembewusstsein senken kann.
	Neue Gesundheitsrisiken durch die Strahlung der für den Verkehr nötigen Mobilfunk-Infrastruktur

Zieldimension zugänglich

Individuelle Zugänglichkeit		
		Besserer Zugang zu Mobilität für Bevölkerungsgruppen mit Mobilitätseinschränkungen dank automatisierten Fahrzeugen (Menschen mit Behinderung, Jugendliche etc.) und digitalisierter Infrastruktur
		Örtlich und zeitlich unabhängigerer Zugang zu öffentlichem bzw. kollektivem Verkehr dank Abnahme der Haltestellen- und Fahrplanabhängigkeit durch automatisierte Fahrzeuge.
		Eingeschränkter individueller Zugang wegen Anwendung von entsprechenden Zugangskriterien (z.B. auch aus User-Ratings) bei privaten MaaS-Angeboten

Räumliche Grundversorgung		
		Verbesserung der Mobilitäterschliessung von abgelegenen Gebieten und Standorten dank automatisierten Fahrzeugen (z.B. durch zunehmend fahrplanunabhängige und kostengünstigere Mobilität auf ganzen Strecken oder im Einzugsbereich von Haltestellen des klassischen öffentlichen Verkehrs)
		"Abgehängte" Gebiete bei neuen, auf spezifische Räume / Standorte ausgerichteten Transportsystemen
		Schlechtere Grundversorgung durch zunehmende Privatisierung der Verkehrsangebote, falls diese nur in dicht besiedelten Räumen rentabel sind.

Zieldimension langfristig finanziert

Finanzierungssicherheit		
		Neue und günstigere technischen Voraussetzungen für leistungsabhängige Steuern und Abgaben
		Geringerer öffentlicher Finanzierungsbedarf aufgrund tieferer Infrastrukturkosten (Gesamteinschätzung aus Zieldimension "kostengünstig / preiswert")*
		Neue und günstigere technischen Voraussetzungen für differenzierte, u.a. an den jeweiligen Infrastrukturkosten (inkl. IT-Infrastruktur) ausgerichteten Pricing-Modellen
		Wegfall des Einnahmefallrisikos aus Effizienzfortschritten bei der Treibstoffbesteuerung*
		Geringerer öffentlicher Finanzierungsbedarf dank vermehrter privater und selbsttragender Mobilitätsangebote im Bereich ÖV / kollektivem Verkehr, aber auch im Güterverkehr (z.B. CST)*
		Höherer öffentlicher Finanzierungsbedarf aufgrund höherer Infrastrukturkosten (Gesamteinschätzung aus Zieldimension "kostengünstig / preiswert")*
		Wegbrechen des Grundpfeilers der aktuellen Verkehrsfinanzierung bei raschem Anstieg des Anteils von E-Fahrzeugen (<i>wird 2060 kein Thema mehr sein</i>)
		Erosion des Einnahmepotenzials aus dem Verkehr bei Abnahme der Verkehrsleistung und v.a. der Anzahl Fahrzeuge*
		Gefahr für das Einnahmepotenzial aus dem Verkehr, wenn die Emotionalität des Verkehrs entfällt (verkehrsspezifische Steuern werden an Akzeptanz verlieren, wenn Mobilität ein «normales» Gut wird wie bspw. Telekommunikation)

Zieldimension koordiniert und abgestimmt

Koordination der Entwicklung des Gesamtverkehrssystems, Abstimmung Verkehrs- und Raumplanung	
	Stärkung der dezentralen Besiedelung aufgrund kostengünstigerer Erschliessung abgelegener Regionen und Gebiete durch automatisiertes Fahren
	Sehr grosse Herausforderung für die öffentliche Hand aus dem Auftreten von neuen Akteuren und Aktivitäten / Vorhaben, schwierige Steuerung der optimalen Entscheidungsfindung (welche Prozesse sollen/dürfen parallel laufen, welche sequentiell, wann sollen/müssen (Vor)Entscheidungen getroffen oder Vorinvestitionen beschlossen werden, etc.?)
	Erschwerte Abstimmung von Verkehrs- und Raumplanung wegen abnehmender Bedeutung des öffentlichen Verkehrs und zunehmender Bedeutung des privaten kollektiven Verkehrs und v.a. wegen des Auftretens zusätzlicher und privater Akteure
	Förderung der Zersiedelung aufgrund kostengünstigerer Erschliessung abgelegener Wohnstandorte durch automatisiertes Fahren

Zieldimension international eingebunden

Internationale Koordination und Interoperabilität im Verkehrsbereich	
	Neue Chancen für grenzübergreifende bzw. internationale Mobilitätsdienstleistungen (internationale MaaS-Angebote), Chance aus weltweiter Harmonisierung ("Uber funktioniert weltweit mehr oder weniger gleich")
	Neue Möglichkeiten / Chancen für ein grenzübergreifendes "Verkehrsmanagement 4.0" dank neuen harmonisierten Kommunikationsmöglichkeiten im Verkehrsbereich (gilt v.a. für die Car-to-X-Kommunikation)
	Erschwerung der internationalen Verkehrssteuerung durch unterschiedliche Regelungen bezüglich Datenzugang- und -nutzung (z.B. private oder staatliche Lösungen)
	Erschwerung der internationalen Koordination in der Verkehrspolitik wegen des Auftretens neuer relevanter, international / global agierender, aber privater Akteure
	Verlust von nationaler Handlungsfähigkeit des Nicht-EU-Landes Schweiz im Mobilitätsbereich

Zieldimension gesellschaftsverträglich

Gesellschaftsrelevante Auswirkungen und Akzeptanz	
	Produktivitätssprung im Verkehrsbereich mit positiven gesamtwirtschaftlichen Folgeeffekten
	Örtliche Flexibilisierung des Arbeitsmarktes dank komfortableren und/oder schnelleren Mobilitätsangeboten
	Neue Berufsbilder aus neuen Aufgaben und Geschäftsmodellen
	Umwälzungen innerhalb der Verkehrsbranche von gesamtgesellschaftlicher Relevanz: z.B. massiver Stellenabbau im ÖV und GV, Verschwinden von Berufsbildern und v.a. Abfluss von nationaler Wertschöpfung an internationale Grosskonzerne ausserhalb der Schweiz (und Europa)
	Fehlende Akzeptanz von starken Eingriffen in die persönliche Freiheit (z.B. Einschränkung der Wahlfreiheit "autonom / selber fahren") und des Bedeutungsverlusts von <u>Individual</u> verkehr und damit von (fahrzeugbezogener) Emotionalität im Verkehr
	Fehlende gesellschaftliche Akzeptanz von vermehrt privaten Angeboten im Mobilitätsbereich mit entsprechend kommerzieller Logik (nachfrageorientierte Preissetzung, Zugangsbeschränkungen)
	Fehlende gesellschaftliche Akzeptanz von Fahrzeugen ohne Lenker/innen ausserhalb geschlossener Verkehrssysteme
	Bedarf nach sehr grundlegenden Anpassungen des gesamten Verkehrsrechts auf Basis beschränkter Praxiserfahrungen
	Unterlaufen von arbeits- und sozialrechtlichen Normen bei neuen Angebotsformen bzw. Geschäftsmodellen

Die nachfolgende Beschreibung zeigt, welche Variablen bzw. Parameter im Modell variabel sind und welche Ausprägungen in der vorliegenden Studie gewählt wurden. Es kann zwischen zwei verschiedenen Typen von «Inputs» in das Modell unterschieden werden.

- **Szenario-Variablen:** Hierbei handelt es sich um die Entwicklungen in Bezug auf den Verkehr der Zukunft. Die Ausprägungen dieser Entwicklungen unterscheiden sich in den von der Paketleitung vorgegebenen Szenarien bzw. bestimmen diese mit.
- **Grundannahmen:** Dabei handelt es sich um Annahmen, die im Modell veränderbar sind, aber in den Berechnungen zu allen drei Szenarien gleich belassen wurden. Solche Annahmen werden in den Bereichen Pricing, Direktkosten für Nutzende, Mobilitätsbedarf, Einnahmen und Ausgaben festgelegt.

b) Szenario-Variablen

Die folgenden Annahmen liegen den Berechnungen für die drei Szenarien zu Grunde. Sie stellen die einzigen Unterschiede zwischen den Szenarien dar. Die in den jeweiligen Szenarien gewählten Ausprägungen wurden in Kapitel 5.3 aufgezeigt.

- **Entwicklung der Elektromobilität:** Dem Modell unterliegen Annahmen zur Verbreitung der Elektromobilität. Die Durchdringung wird durch einen Prozentanteil an den gesamten Fahrzeugkilometern ausgewiesen. Vereinfachend gilt dieselbe Durchdringungsrate für den Güter- und Personenverkehr.
- **Entwicklung des automatisierten Fahrens:** Die im Modell unterstellte Verbreitung des automatisierten Fahrens wird durch einen Prozentanteil an den im Gesamtverkehrssystem zurückgelegten Personenkilometern definiert, und zwar sowohl für den MIV als auch für den öffentlichen Verkehr auf Strasse und Schiene. Es wird nicht zwischen den verschiedenen Stufen der Automatisierung unterschieden, sondern generell von Stufe-5-Fahrzeugen ausgegangen (als **vollautomatisierten autonom verkehrenden Fahrzeugen**). Auf den Güterverkehr wirkt das automatisierte Fahren in Form einer Kostensenkung aus dem Wegfall des Chauffeurs.
- **Entwicklung des Mobility Sharings:** Das Mobility Sharing hat je nach Kontext unterschiedliche Auswirkungen, ist im Wesentlichen aber ein Gradmesser für die Bereitschaft zur gemeinschaftlichen Nutzung von Verkehrsmitteln. Grundsätzlich misst es den Anteil der Personenkilometer, die «geshared» zurückgelegt werden. Ein Mobility-Sharing-Wert von 0% entspricht im Wesentlichen der heutigen Situation (keine automatisierten Taxis und ein Autobesetzungsgrad von ca. 1.6). Der durchschnittliche Besetzungsgrad der Fahrzeuge erhöht sich linear mit dem Anteil Mobility Sharing bis zu einem unterstellten Wert. Wird im Modell zusätzlich noch automatisiertes Fahren vorgesehen, erhöht sich der durchschnittliche Besetzungsgrad weiter, da in diesem Fall automatisierte Taxis verkehren. Der Grund für die weitere Erhöhung des Besetzungsgrades durch automatisierte Taxis ist, dass angenommen wird, dass diese zu vermehrtem Ridesharing führen. Ein veränderter Besetzungsgrad führt bei einer bestimmten Mobilitätsnachfrage (in Pkm) zu Veränderungen der Fahrleistungen (in Fzkm).

Bei einem Mobility-Sharing-Wert von 100% entspricht der durchschnittliche Besetzungsgrad privater Fahrzeuge dem Wert 3. Bei automatisierten Taxis entspricht er in diesem Fall einem Wert von 4.

- **Entwicklung der Heimarbeit:** In den Szenarien der Paketleitung werden in einzelnen Szenarien neue Möglichkeiten zur Telearbeit bzw. Home Office durch verbesserte Kommunikationsmittel oder Virtual-Reality-Anwendungen hervorgehoben. Eine gewisse Verkehrsreduktion kann Ergebnis dieser Entwicklungen sein. Im Modell kann diese mögliche Reduktion über die von Pendlerinnen und Pendlern gefahrenen Personenkilometer simuliert werden.
- **Demografische Entwicklung:** Die Szenarien der Paketleitungen gehen von unterschiedlichen Demografieszenarien des BFS aus. Die entsprechenden Daten wurden dem Modell unterlegt.

c) Annahmen zum Pricing

Die Höhe von Ticketpreisen und Steuern wurde, wo nicht anders festgehalten, konstant gehalten.

- **ÖV-Entgelte:** Der Preis von ÖV-Dienstleistungen ist in Rappen pro Fahrzeugkilometer hinterlegt. Diese Ausgestaltung kann konzeptionell auch für die Schaffung eines nicht weiter differenzierten «Mobility Pricing» genutzt werden. Der Preis liegt beim Strassen ÖV bei 37.5 Rappen pro Pkm und im Schienen ÖV bei 21 Rp. / km. Abonnemente wie z.B. das GA sind im Modell nicht berücksichtigt.²⁸²
- **Höhe der Mineralölsteuer:** Der Mineralölsteuersatz liegt bei 44 Rp. pro Liter, der Mineralölsteuerzuschlagssatz bei 30 Rp. pro Liter. Zur Berechnung der Einnahmen wurde der durchschnittliche Treibstoffverbrauch verschiedener Fahrzeugkategorien (PW, MIV «nicht PW», leichter Güterverkehr, schwerer Güterverkehr) herangezogen (vgl. unten). Der Verbrauch pro Km wurde anschliessend mit den ebenfalls im Modell berechneten Fahrzeugkilometern verrechnet.²⁸³
- **Höhe der Nationalstrassenabgabe:** Die Autobahnvignette ist mit 40 CHF pro Fahrzeug und Jahr berücksichtigt.
- **Höhe der Motorfahrzeugsteuereinnahmen:** Zur Berechnung wurde die gesamten Motorfahrzeugsteuern im Jahr 2015 durch die Anzahl Fahrzeuge (PW, Motorräder, Lieferwagen aber nicht schwerer Güterverkehr) geteilt. Damit ergibt sich im schweizerischen Mittel ein Wert von 414 CHF pro Fahrzeug.²⁸⁴
- **Höhe der Einnahmen aus der Automobilsteuer:** Der Automobilsteuersatz ergibt sich ebenfalls aus den Totalen der Einnahmen aus dieser Steuer geteilt durch die Anzahl der gesamten Fahrzeugflotte. Dadurch ergibt sich ein Wert von 70 CHF pro Fahrzeug. Dahinter steckt implizit die Annahme, dass der Anteil der Automobilsteuer unterliegender Fahrzeuge pro Jahr an der gesamten Fahrzeugflotte einigermaßen konstant bleibt.²⁸⁵
- **Höhe der Einnahmen aus Parkgebühren:** Auch hier werden die gesamten Einnahmen aller Parkgebühren durch die Fahrzeugflotte geteilt, um so einen Gebührensatz zu ermitteln. Damit errechnet sich eine Gebühr in der Höhe von 80 CHF pro Jahr und Fahrzeug. Um das Total der Einnahmen zu berechnen wird dieser Satz in jedem Jahr mit der Fahrzeugflotte multipliziert.²⁸⁶
- **Höhe der LSVA-Einnahmen:** Der effektive LSVA-Satz (Preis pro tatsächlich beförderte Tonne) wurde durch die Division der gesamten LSVA Einnahmen durch das Total der Tonnenkilometer im schweren Güterverkehr errechnet. Damit erreicht man einen Satz von 9 Rp. pro Tonnenkilometer. Dieser liegt deutlich über dem offiziellen Satz, welcher zwischen 2.28 und 3.1 Rp. Tonnenkilometer liegt. Diese Differenz erklärt sich damit, dass sich dieser tiefere Satz am maximal zulässigen Gewicht gemäss Fahrzeugausweis orientiert, während der Satz im Modell die tatsächlich beförderten Tonnen misst.²⁸⁷
- **Transportentgelte des Schienengüterverkehrs:** Die Transportentgelte im Schienengüterverkehr sind die Einnahmen der Schienengüterverkehrsunternehmen. Diese wurden auf 8.2 Rappen pro Tonnenkilometer berechnet.²⁸⁸
- **Höhe einer Km-Abgabe:** Betrifft nur den MIV, da der Preis des ÖV bereits in Rp. pro Pkm festgelegt ist und entsprechend angepasst werden kann. Die gewählten Kostensätze sind in den betreffenden Kapiteln des Berichts erwähnt.

²⁸² Diese Zahlen entsprechen den Leistungen der Verkehrsnutzenden im Schienenverkehr und stammen aus der Publikation «Kosten und Finanzierung des Verkehrs», vgl. BFS (2017).

²⁸³ Vgl. EZV (2019)

²⁸⁴ Diese Angaben Zum Fahrzeugbestand stammen aus den Datensätzen «Fahrzeuge und Transportmittelbestände des Personenverkehrs» sowie «Fahrzeuge und Transportmittelbestände des Güterverkehrs» des BFS. Die Daten zu den Einnahmen der Motorfahrzeugsteuer stammt aus der Strasseninfrastrukturechnung des BFS.

²⁸⁵ Datenquelle ist die Strasseninfrastrukturechnung des BFS.

²⁸⁶ Datenquelle ist die Strasseninfrastrukturechnung des BFS.

²⁸⁷ Datenquelle ist die Strasseninfrastrukturechnung des BFS.

²⁸⁸ Datenquelle sind die Tabellen der Publikation Kosten und Finanzierung des Verkehrs, vgl. BFS (2017).

d) Annahmen zu den direkt von den Nutzenden getragenen Kosten

- **Kosten des MIV:** Die Kostenentwicklung der letzten Jahre wurde linear fortgeschrieben und auf einen Minimalwert von 65 Rp. / Fzkm begrenzt (ohne Berücksichtigung untenstehender Effekte).²⁸⁹ Die Kosten bestehen aus den selbstgetragenen Verkehrsmittelkosten sowie den anfallenden Steuern und Abgaben. Selbstgetragene Unfallkosten sind nicht berücksichtigt.
- **Preisveränderung des MIV durch Automatisierung:** Es ist zu erwarten, dass automatisierte Fahrzeuge (z.B. kompliziertere Wartung, höhere technische Anforderungen) höhere Betriebskosten aufweisen. Angenommen wird eine Kostensteigerung von 5%.
- **Preisveränderung des MIV durch die Elektromobilität:** Da E-Fahrzeuge im Vergleich zu herkömmlichen Autos simpler konstruiert werden können, wird davon ausgegangen, dass die Betriebskosten von E-Fahrzeugen langfristig 5% tiefer liegen als bei herkömmlichen Fahrzeugen.
- **Zusätzliche Betriebskosten automatisierter Taxis:** Es wird davon ausgegangen, dass automatisierte Taxis gegenüber privaten automatisierten Fahrzeugen leicht erhöhte Betriebskosten aufweisen (Koordination der Taxis, intensivere Nutzung etc.). Automatisierte Taxis haben daher um 10% höhere Betriebskosten als private automatisierte Fahrzeuge.
- **Kosten des Strassengüterverkehrs:** Die Kosten des schweren und leichten Güterverkehrs wurden analog zu den Kosten des MIV bestimmt.²⁹⁰
- **Preisveränderung des Strassengüterverkehrs durch Automatisierung:** Sowohl im schweren wie im leichten Strassengüterverkehr wird von einem Produktivitätseffekt von 20% pro Tonnenkilometer ausgegangen.

e) Annahmen zur Mobilitätsnachfrage

Zur Berechnung der Mobilitätsnachfrage wurde – neben dem gewählten Demographie-Szenario (vgl. a) oben) – folgende Annahmen getroffen:

- **Mittlere Tagesdistanz:** Die Entwicklung der mittleren gefahrenen Tagesdistanz pro Alterskategorie wurde linear aus dem Mikrozensus Mobilität des BFS fortgeschrieben. Dabei wurde 2040 als Sättigungsjahr angenommen, d.h. das Wachstum setzt sich nur bis 2040 fort. Darin enthalten sind auch die Verkehrsleistungen der Ausländerinnen und Ausländer. Die Anzahl Ausländerinnen und Ausländer ist aber im Durchschnittswert pro Person aus Datengründen nicht berücksichtigt, weshalb sich daher eine leichte Abweichung der effektiven mittleren Tagesdistanz zum Mikrozensus ergibt.
- **Verfügbarkeit von Autos:** Durch das automatisierte Fahren steigt die Verfügbarkeit von Autos (z.B. durch neue Nutzergruppen, abrufbare Taxis etc.). Dies impliziert, dass es mehr Mobilitätsnachfrage geben wird. Dieser Effekt ist im Modell so berücksichtigt, dass die effektive mittlere Tagesdistanz pro Altersgruppe mit dem Anteil «neu erschlossener» Personen multipliziert wird. Die «neu erschlossenen Personen» werden als Anteil der Personen einer Altersgruppe berechnet, welche vorher kein Fahrzeug zur Verfügung hatten.
Beispielsweise wird unterstellt, dass bei maximalem Mobility Sharing und maximaler Durchdringung mit automatisiertem Fahren, 80% der unter 20-jährigen, die vorher kein Auto zu Verfügung hatten, nun über eines verfügen. Für jede Altersklasse wurden entsprechende Annahmen getroffen.²⁹¹
- **Preiselastizitäten:** Anhand von Preiselastizitäten wird der pro Modus berechnete Mobilitätsbedarf auf allfällige Veränderungen der Preise angepasst. Folgende Preiselastizitäten wurden verwendet:
 - ÖV Schiene: -0.3
 - ÖV Strasse: -0.2

²⁸⁹ Datenquelle sind die Tabellen der Publikation Kosten und Finanzierung des Verkehrs, vgl. BFS (2017).

²⁹⁰ Datenquelle sind die Tabellen der Publikation Kosten und Finanzierung des Verkehrs, vgl. BFS (2017).

²⁹¹ Datengrundlage ist der Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015.

- MIV: -0.08
- Schienengüterverkehr: -0.23
- Strassengüterverkehr: -0.25
- Zusätzlich wurden folgende Kreuzpreiselastizitäten verwendet:
- ÖV Schiene gegenüber MIV: -0.06
- ÖV Strasse gegenüber MIV: -0.06

Als Quelle dienen bestehende Studien, namentlich die Literaturübersicht in Ecoplan (2011), Volkswirtschaftliche Beurteilung von Finanzierungslösungen für Verkehrsinfrastrukturen.

- **Disruptiver Einfluss des automatisierten Fahrens auf den Modal-Split:** Elastizitäten bilden den disruptiven Effekt des automatisierten Fahrens ungenügend ab. Deshalb wurde dieser disruptive Effekt separat modelliert. Er ist in Form einer Prozentzahl modelliert, um die die Verkehrsleistung eines Verkehrsträgers zurückgeht, wenn das automatisierte Fahren respektive das Mobility Sharing zu 100% ausgeprägt sind. Ist das automatisierte Fahren nur zu 50% ausgeprägt, geht die Nachfrage entsprechend nur um die Hälfte des festgelegten Prozentsatzes zurück. Folgende Nachfrageveränderungen hin zu automatisierten Fahrzeugen bzw. automatisierten Taxis wurden bei voll ausgeprägtem automatisiertem Fahren in Kombination mit voll ausgeprägtem Mobility Sharing angenommen:
 - ÖV Schiene Fernverkehr: +20%
 - ÖV Schiene Regionalverkehr: -100%
 - ÖV Strasse Ortsverkehr: -100%
 - ÖV Strasse Regionalverkehr: -100%
 - «übriger MIV» (Motorräder etc.): -40%
 - Langsamverkehr: 0%

f) Weitere getroffene Annahmen

- **Autobenutzungsgrad:** Der Autobenutzungsgrad ist das Verhältnis zwischen der Anzahl Fahrzeugkilometer und der Anzahl Fahrzeuge. Da sich dieser Wert mit automatisierten Fahrzeugen bzw. automatisierten Taxis verändern dürfte, wurden Annahmen dazu getroffen. Konkret besagen diese, dass automatisierte Fahrzeuge 25% stärker genutzt werden als herkömmliche Autos (durch ständige Verfügbarkeit und weniger Einschränkungen, dazu kommen 50% Leerfahrten, vgl. oben). Für automatisierte Taxis wird mit 20 Stunden Betriebszeit mit im Durchschnitt 25 km/h gerechnet, wodurch sich ein Benutzungsgrad von 182'500 km pro Fahrzeug und Jahr ergibt.
- **Durchschnittsgewicht Strassengüterverkehr:** Zur Berechnung der LSVA Einnahmen muss eine Annahme zur Gewichtsentwicklung des Strassengüterverkehrs getroffen werden.²⁹² Die Entwicklung der Vergangenheit wurde anhand einer linearen Regression fortgeschrieben. Gemäss Trendentwicklung wird der leichter Güterverkehr leichter und der schwere Güterverkehr schwerer. Gleichzeitig wurde aber festgelegt, dass das Durchschnittsgewicht beim leichten Güterverkehr 0.2 Tonnen nicht unterschreiten kann und das maximale Gewicht beim schweren Güterverkehr 7.5 Tonnen nicht überschreiten kann. Diese Grenzwerte werden im Modell ab ca. 2030 erreicht.
- **Effizienz Verbrennungsmotoren:** Für die Berechnung der Mineralölsteuern ist die Entwicklung des Treibstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren relevant. Die Effizienzentwicklung wurde aus der Entwicklung der vergangenen Jahre linear weitergeschrieben. Gleichzeitig wurde im «normalen» MIV ein Mindestverbrauch von 5 Litern pro 100 Fahrzeugkilometern festgelegt. Beim «übrigen MIV» (Motorräder usw.) wird von einem

²⁹² Das durchschnittliche Gewicht des schweren bzw. leichten Güterverkehrs konnte anhand der vom BFS ausgewiesenen Verkehrsleistung im Güterverkehr sowie den LSVA-Einnahmen gemäss Strasseninfrastrukturrechnung des BFS errechnet werden.

Mindestverbrauch von 3.5 Litern und im leichten Güterverkehr von 7 Litern ausgegangen. Der Verbrauch des schweren Güterverkehrs ist konstant bei 40 Litern.²⁹³

- **Generierte Leerfahrten:** Im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren wird auch eine Annahme zu den durch automatisierte Fahrzeuge verursachten Leerfahrten getroffen. Private automatisierte Fahrzeuge verursachen 50% Leerfahrten, während es bei automatisierten Taxis 10% sind. Die berechnete Mobilitätsnachfrage (in Fzkm) wird um diese Sätze erhöht.
- **Mobilitätsbedarf Schienengüterverkehr:** Die im Schienengüterverkehr gefahrenen Tonnenkilometer wurden gemäss Trendentwicklung (mit Sättigung) fortgeschrieben.
- **Mobilitätsbedarf Strassengüterverkehr:** Die im Strassengüterverkehr gefahrenen Tonnenkilometer wurden gemäss Trendentwicklung (mit Sättigung) fortgeschrieben.

g) Annahmen zu Verkehrsausgaben (inkl. Infrastruktur)

- **Annahmen zur Ausgabenentwicklung:** Das Modell differenziert zwischen National-, Kantons- und Gemeindestrassen. Für jede dieser drei Kategorien können des Weiteren Ausgaben für Neu- und Ausbau, Betriebsausgaben sowie Ausgaben für baulichen Unterhalt unterschieden werden. Total gibt es also neun verschiedene Ausgabekategorien für die Strasseninfrastruktur. In der Berechnung dieser Ausgaben wurde folgendermassen vorgegangen: Zuerst wurde anhand von zwei linearen Regressionen die Abhängigkeit der Strasseninfrastrukturausgaben von der Zeit sowie von der Verkehrsleistung in Fzkm berechnet. Anschliessend wurde ein gewichteter Mittelwert dieser beiden Einflüsse berechnet (z.B. sind die Ausgaben für den Neu- und Ausbau stärker vom Zeitverlauf abhängig als der bauliche Unterhalt, welcher stärker von der Verkehrsleistung geprägt ist). Abschliessend wurde der Effekt der neuen Technologien dazugerechnet (vgl. den folgenden Aufzählungspunkt). Analog wurde bei der Modellierung der Ausgaben für die Schieneninfrastruktur sowie der Betriebsausgaben für den schienen- und strassengebundenen ÖV umgegangen. Geplante und politisch beschlossene Investitionen und damit letztlich Ausgaben wie z.B. der Ausbauschritt 2035 der Normalspurbahnen sind im Modell demnach nicht explizit modelliert. Das Modell enthält kein «Infrastrukturmodul», in welchem konkrete Infrastrukturinvestitionen und deren Kosten abgebildet werden können.
- **Einfluss des automatisierten Fahrens auf die Infrastrukturkosten:** Es ist damit zu rechnen, dass die Ansprüche des automatisierten Fahrens einen Einfluss auf die Infrastrukturkosten haben. Für den Strassen Neu- und Ausbau wurde von einer Kostenerhöhung im Ausmass von 10% ausgegangen. Zusätzlich wurde angenommen, dass die Betriebskosten des Strassen-ÖV um 20% und diejenigen des Schienen-ÖV um 10% sinken (aufgrund der wegfallenden Chauffeurkosten). Und schliesslich wurde die Annahme getroffen, dass die Schieneninfrastruktur durch die Automatisierung 10% teurer wird.

III.2 Modelldurchläufe: Ergebnisse für die drei Szenarien der Paketleitung

a) Auswirkungen von Szenario 1 auf die Verkehrsfinanzierung

Szenario 1 steht für eine Entwicklung ohne grosse Disruptionen. Die neuen Technologien entstehen und verbreiten sich langsam. Im Vergleich zu den Szenarien 2 und 3 dauert dieser Prozess aber deutlich länger, weshalb die neuen Technologien im Jahr 2060 noch nicht flächendeckend verbreitet sind.

Gestützt auf die Unterlagen der Paketleitung wurde in Szenario 1 von den unten abgebildeten Entwicklungen der vier erwähnten Zukunftstrends ausgegangen. Bei den gezeigten Entwicklungen handelt es sich um quantifizierte Annahmen basierend auf den Beschrei-

²⁹³ Die Effizienz der Verbrennungsmotoren wurde durch eine Rückrechnung basierend auf den Mineralölsteuereinnahmen berechnet.

bungen der Szenarien in den Dokumenten der Paketleitung. Die angenommenen Entwicklungen basieren auf einer Sigmoidfunktion.²⁹⁴ Zu deren Berechnung musste ein Sättigungswert, ein Übergangsjahr sowie eine Übergangsdauer festgelegt werden. Der Sättigungswert entspricht dem maximalen Wert, den die Funktion annehmen kann. Das Übergangsjahr legt fest, in welchem Jahr 50% des Sättigungswerts erreicht wird.

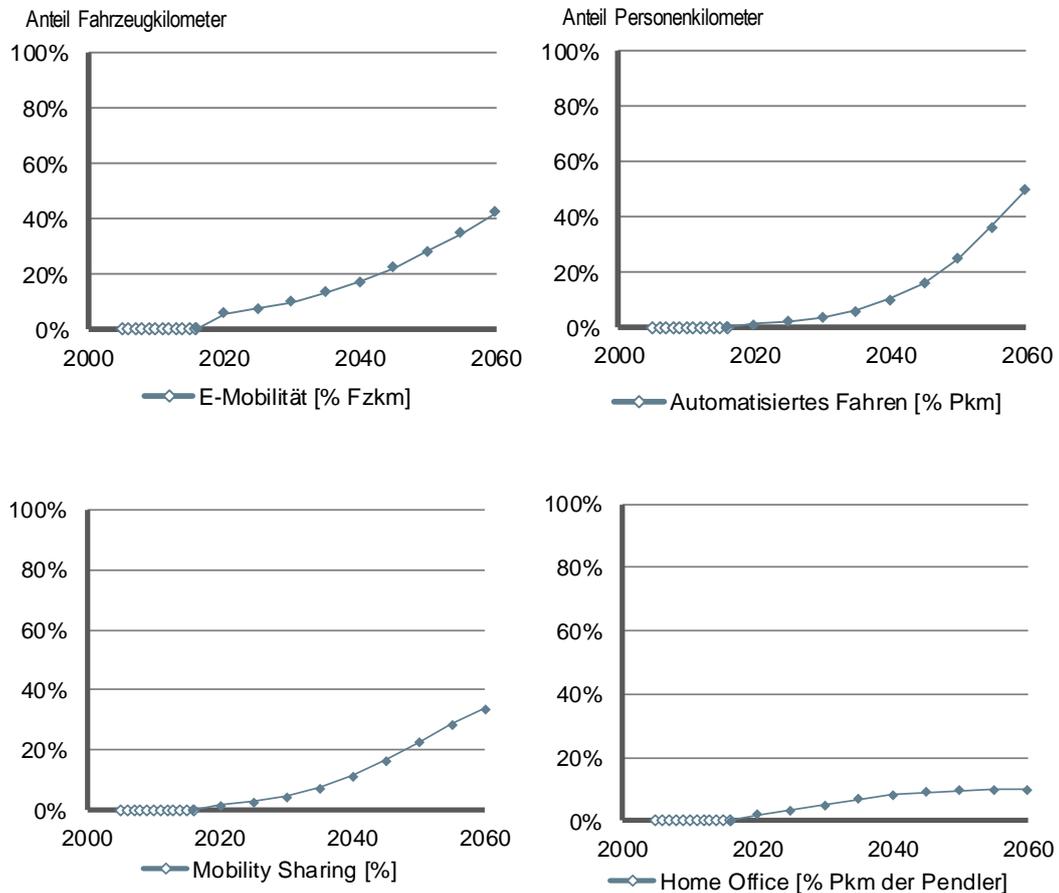


Abb. 17 Angenommene Entwicklungen der Zukunftstrends in Szenario 1

Basierend auf diesen Annahmen sowie den Grundeinstellungen des Modells ergeben sich die Verkehrsleistungen und die Anzahl Fahrzeuge. Da viele Einnahmen direkt auf diesen abstützen und auch die Ausgaben einen starken Bezug dazu haben, ist die Entwicklung der Verkehrsleistung von zentraler Bedeutung für das Finanzierungssystem.

Die untenstehende Abbildung zeigt, dass die Nachfrage nach Mobilität kontinuierlich zu nehmen wird. Die Wachstumsrate der Gesamtnachfrage verlangsamt sich allerdings etwas ab ca. 2040. Grund dafür ist unter anderem das Abflachen des im Modell hinterlegten Bevölkerungswachstums ab diesem Zeitraum. Die Grafik zeigt zudem, wie das Aufkommen der vollautomatisiert fahrenden Autos zu einem Rückgang der Personenkilometer im klassischen MIV führt. Aus demselben Grund sind auch die Personenkilometer im ÖV – sowohl auf der Schiene wie auch auf der Strasse – rückläufig. Gerade im Orts- und Regionalverkehr bietet das automatisierte Fahren grosse Vorteile, da z.B. die im ÖV gegebene Fahrplanabhängigkeit entfällt. Der einzige nicht betroffene Teil des ÖV ist der Schienenfernverkehr. Die dort gefahrenen Personenkilometer stagnieren, weil die Annahme hinterlegt ist, dass automatisiertes Fahren nur beschränkt zu einer Konkurrenzierung des Fernverkehrs führt. Gründe dafür sind z.B. die höheren Geschwindigkeiten, die im Schienenfernverkehr gefahren werden können, und der höhere Reisekomfort auf längeren Distanzen.

²⁹⁴ Eine Sigmoidfunktion hat immer einen Wert zwischen 0 und 1 und bildet eine S-förmige Kurve. Es handelt sich dabei um einen Spezialfall einer logistischen Funktion.

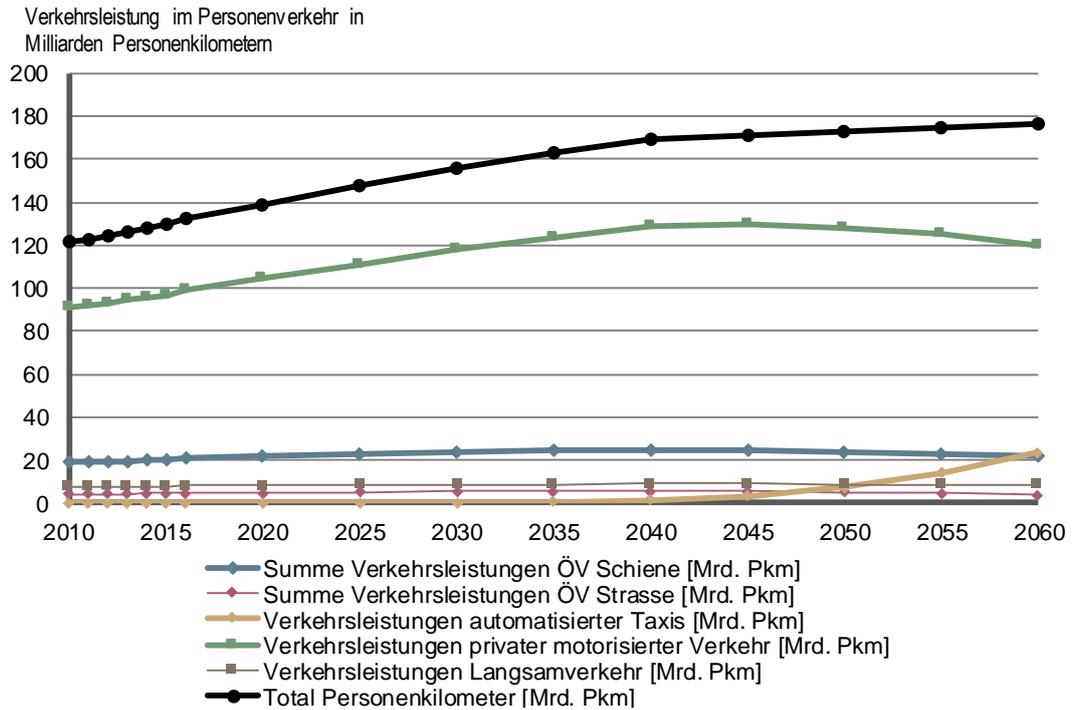


Abb. 18 Entwicklung der Personenkilometer in Szenario 1

Wirft man einen Blick auf die Fahrzeugkilometer der privaten Personenwagen (sie sind gemäss Durchdringungsrate automatisiert) sowie der automatisierten Taxis (Robo-Taxis) zeigt sich, dass trotz des oben gezeigten Wachstums der Personenkilometer im Strassenverkehr die von Autos gefahrenen Fahrzeugkilometer stagnieren. Grund ist das Aufkommen der Robo-Taxis. Diese sind gemäss Definition im Modell stets «geshared» unterwegs und weisen daher einen höheren Besetzungsgrad²⁹⁵ auf. Dies erlaubt es den Personenkilometern weiter anzusteigen, während die Fahrzeugkilometer stagnieren.

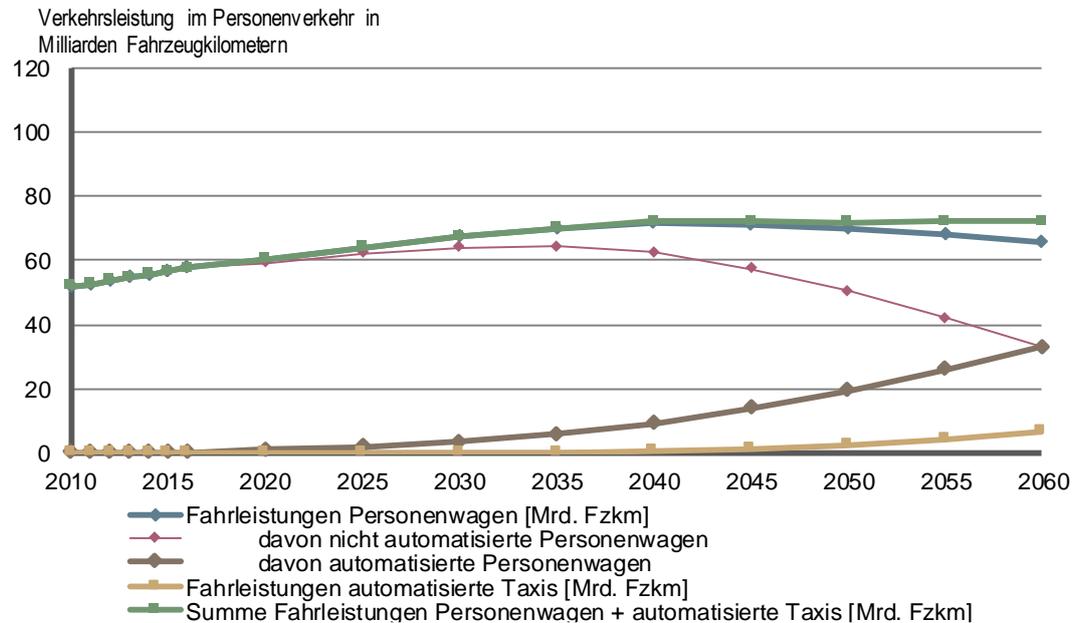


Abb. 19 Entwicklung der Fahrzeugkilometer im Strassenpersonenverkehr in Szenario 1

²⁹⁵ Der maximale Besetzungsgrad von automatisierten Taxis ist 4. Dieser Wert wird dann erreicht, wenn das automatisierte Fahren sowie auch das Mobility Sharing bei 100% liegen.

Die nächste Abbildung zeigt die Anzahl Fahrzeuge, die benötigt werden, um die oben gezeigten Verkehrsleistungen zu erbringen. Die Entwicklungen verlaufen grundsätzlich ähnlich wie in den zuvor gezeigten Grafiken. Auffällig ist die sehr hohe Verkehrsleistung der automatisierten Taxis im Vergleich zur Anzahl Fahrzeuge. Der Grund dafür liegt darin, dass diese hohe Besetzungsgrade aufweisen und gleichzeitig nahezu im Dauerbetrieb stehen.

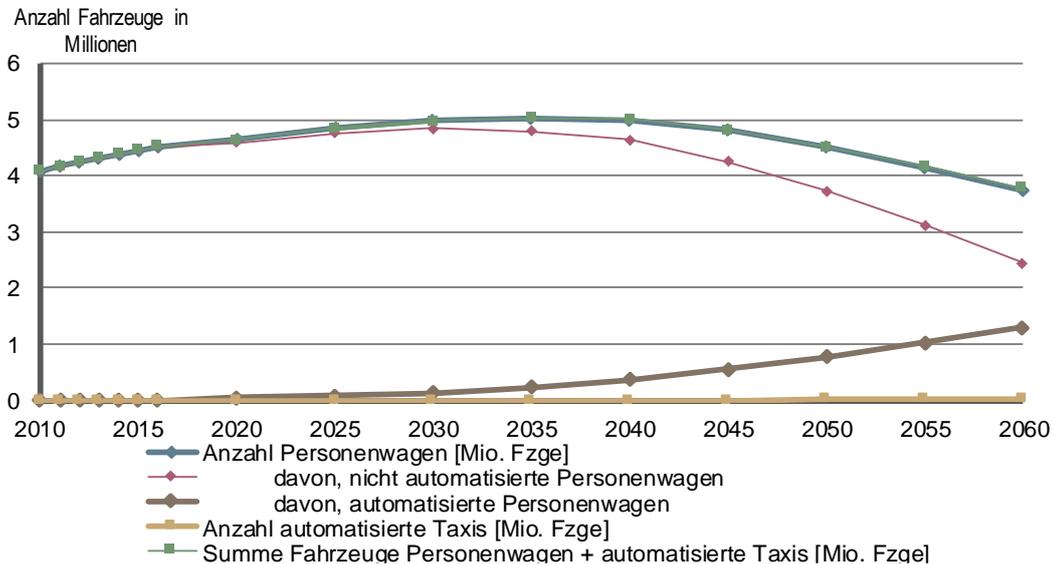


Abb. 20 Entwicklung der Personenwagenflotte in Szenario 1

Wie wirken sich diese **Effekte auf das Verkehrsfinanzierungssystem** aus (vgl. Abb. 21)? Als erstes wird ein Blick auf den **öffentlichen Verkehr** geworfen. Es fallen zwei Dinge auf:

- Erstens übersteigen die Ausgaben die Einnahmen bei Weitem. Dies bleibt in diesem Szenario auch in Zukunft unverändert.
- Zweitens entwickeln sich Ausgaben und Einnahmen im ÖV nach einem ähnlichen Muster: Nach einem Anstieg bis ins Jahr 2040 sinken sie. Die Abbildung macht deutlich, dass die treibende Kraft hinter der Entwicklung der Einnahmen der Schienenverkehr ist. Da die Preise im Modell konstant gehalten werden ist die Schwankung der Einnahmen aus dem schienengebundenen ÖV auf dessen in Personenkilometern gemessene Transportleistung zurückzuführen. Der Anstieg bis 2040 bildet im Wesentlichen die steigende Nachfrage durch das Bevölkerungswachstum ab. Ab 2040 sind das automatisierte Fahren und das Mobility Sharing aber genügend ausgeprägt, dass sie nicht nur das Nachfragewachstum absorbieren, sondern dem schienengebundenen ÖV auch Marktanteile abnehmen. Dies ist vor allem im Regionalverkehr zu spüren. Im Fernverkehr ist dieser Effekt deutlich geringer. Diese Marktanteile gehen zu einem grossen Teil an private automatisierte Fahrzeuge, und zu einem geringeren Teil an automatisierte Taxis. Dieser Effekt ist auch für die Kostensenkung des strassengebundenen ÖV ab 2040 verantwortlich.

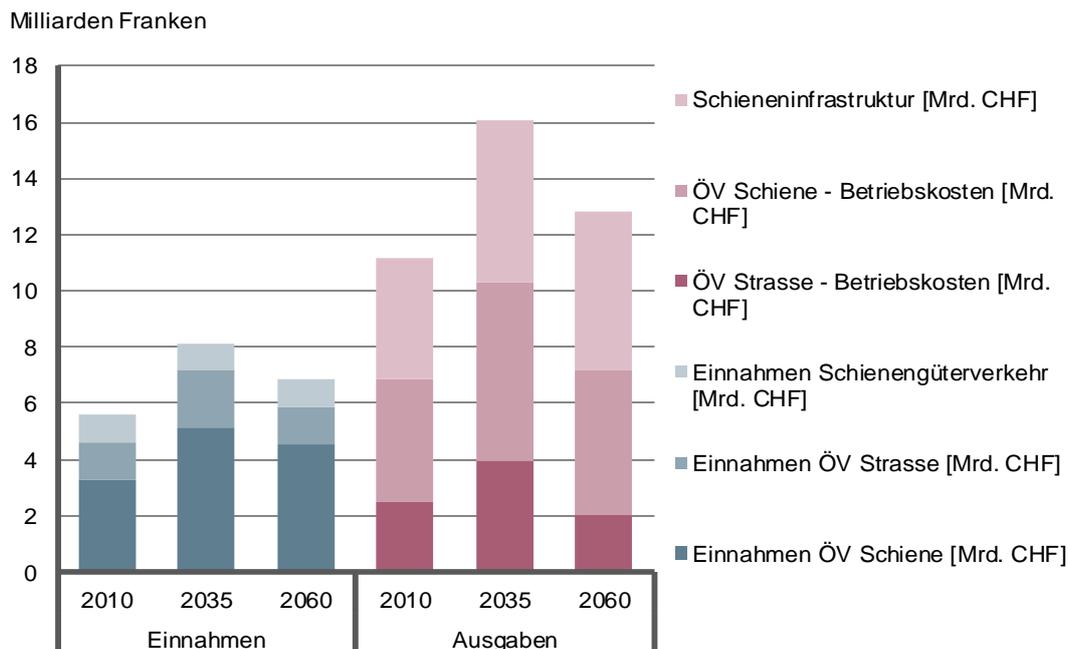


Abb. 21 Einnahmen und Ausgaben für den öffentlichen Verkehr in Szenario 1²⁹⁶

Gesamthaft gesehen ändert sich in diesem Szenario relativ wenig in Bezug auf den Kostendeckungsgrad im ÖV. Die Ausgaben werden durch die Einnahmen in allen drei betrachteten Jahren um ca. 50% gedeckt.²⁹⁷ Absolut gesehen steigt aber die Finanzierungslücke von 5.6 Milliarden auf jährlich 6 Milliarden im Jahr 2060. In der Übergangszeit ergeben sich aber aufgrund der beschriebenen Entwicklung höhere Lücken, beispielsweise 8 Milliarden im Jahr 2035.

Die in Kapitel 5.1.2 erwähnten «übrigen Erträge Schiene» sind in den obigen Ausführungen sowie in der untenstehenden Abbildung nicht berücksichtigt. Grund dafür ist, dass es sich dabei um Erträge der Transportunternehmungen ohne direkten Bezug zum Verkehrsgeschäft handelt (v.a. Immobilienerträge). Über die Entwicklung dieser Einnahmen und den Einfluss, den die Zukunftstrends auf sie haben, werden keine Annahmen getroffen. Obwohl diese sowohl in diesem Szenario wie auch in den weiteren Szenarien nicht weiter beachtet werden, könnten diese Erträge ebenfalls zur Deckung der Kosten des Verkehrs beitragen. Dies ist in der Interpretation der Resultate zu beachten. Da diese Erträge im Jahr 2014 fast drei Milliarden hoch waren, ist die Finanzierungslücke bei Berücksichtigung dieser Position deutlich tiefer.

Etwas anders präsentiert sich die Situation im Strassenverkehr. Während heute die Mittel aus den Steuern und Abgaben auf dem Strassenverkehr längstens ausreichen, um die Kosten der Infrastruktur zu decken, verschlechtert sich die Situation zukünftig kontinuierlich, wie die nächste Abbildung zeigt.²⁹⁸

Dies einerseits, weil die E-Mobilität zu stark sinkenden Einnahmen aus der Mineralölsteuer und aus dem Mineralölsteuerzuschlag führt. Andererseits stehen den sinkenden Einnahmen steigende Ausgaben gegenüber. Gründe sind die Zunahme der Fahrzeugkilometer

²⁹⁶ Ohne «übrige Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge)

²⁹⁷ Diese Berechnung basiert auf den in der Abbildung aufgeführten Einnahmen und Kosten.

²⁹⁸ 2010 beträgt der Ausgabendeckungsgrad im Modell 145%, während die Strassenrechnung des BFS 130% ausweist. Die Differenz ergibt sich, weil im Modell, anders als in der Rechnung des BFS, die gesamten LSVA-Einnahmen und nicht nur das kantonale Drittel in die Rechnung miteinbezogen werden.

bis 2035 (und damit verbunden der Infrastrukturkosten) sowie die Zunahme der spezifischen Infrastrukturkosten aufgrund der Anforderungen des automatisierten Fahrens (IT- und Kommunikationsinfrastruktur).

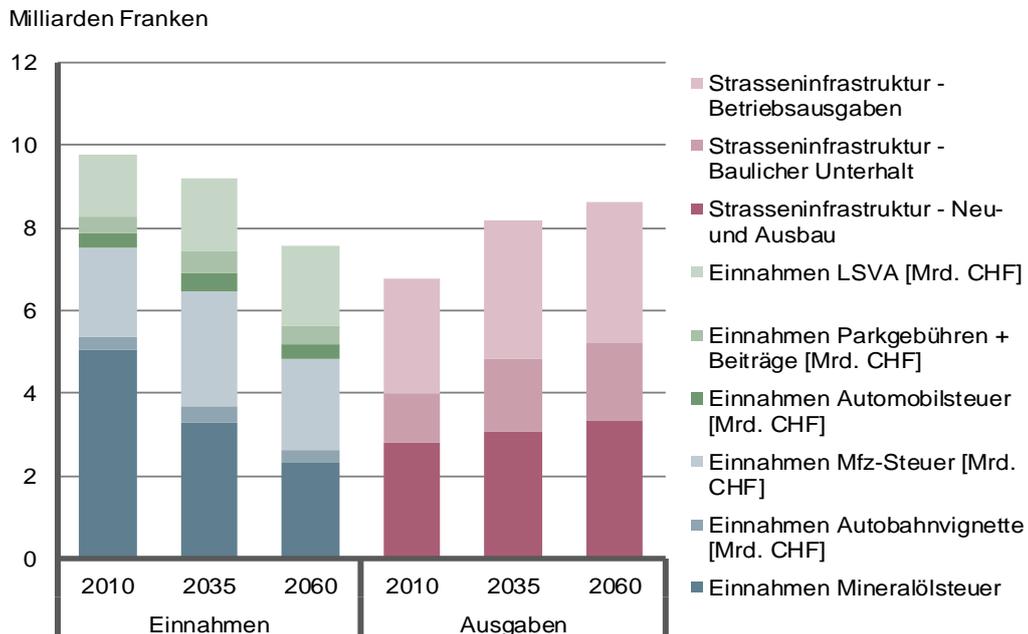


Abb. 22 Einnahmen und Ausgaben für den Strassenverkehr in Szenario 1

Abgesehen von den Mineralölsteuereinnahmen bleiben die Einnahmen aus den anderen Steuern und Abgaben mehr oder weniger konstant.²⁹⁹ Die Umverteilung der LSVA-Einnahmen weg vom privaten Verkehr hin zum ÖV wird – analog wie alle anderen Umverteilungen, die aus nicht-zweckgebundenen Einnahmen entstehen – nicht ausgewiesen. Aus Sicht Finanzierung des Verkehrssystems als Ganzes spielen verkehrssysteminterne Umverteilungen keine Rolle.

In der **aggregierten Betrachtung** aller Einnahmen und Ausgaben des **(Land)Verkehrssystems** widerspiegeln sich diese beiden Entwicklungen. Vergleicht man 2010 mit 2060, so stehen leicht gesunkenen Einnahmen deutlich gestiegene Ausgaben gegenüber. Der Ausgabendeckungsgrad im Landverkehr verschlechtert sich spürbar, er sinkt von 86% auf 67%. Entsprechend nimmt die Finanzierungslücke deutlich zu: Sie erhöht sich von 2.6 auf rund 7 Mrd. CHF Selbst wenn die in *Abb. 23* nicht enthaltenen übrigen Erträge im Schienenverkehr (v.a. Immobilienerträge) von aktuell ca. 3 Mrd. CHF (vgl. *Abb. 6*) berücksichtigt werden, bleibt also eine erhebliche Finanzierungslücke.

²⁹⁹ Die Motorfahrzeugsteuer ist trotz des in *Abb. 20* gezeigten leichten Rückgangs der Anzahl Fahrzeuge nicht rückläufig. Grund dafür ist der leichte Anstieg bei den Güterfahrzeugen sowie bei weiteren Fahrzeugen wie z.B. Motorrädern.

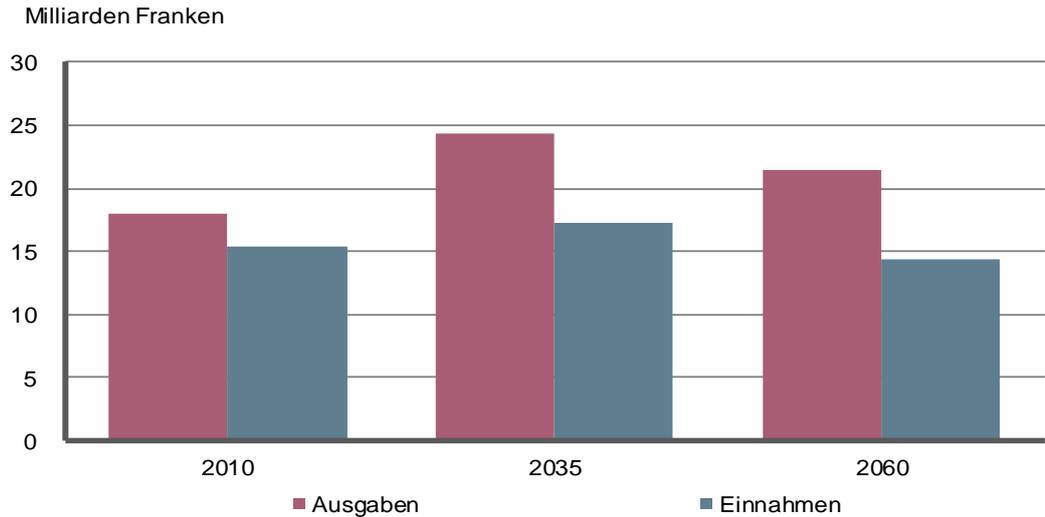


Abb. 23 Gesamteinnahmen und -ausgaben im Verkehrssystem in Szenario 1³⁰⁰

b) Auswirkungen von Szenario 2 auf die Verkehrsfinanzierung

In Szenario 2 wird, anders als in Szenario 1, davon ausgegangen, dass sich die neuen Technologien sehr schnell und disruptiv durchsetzen werden.

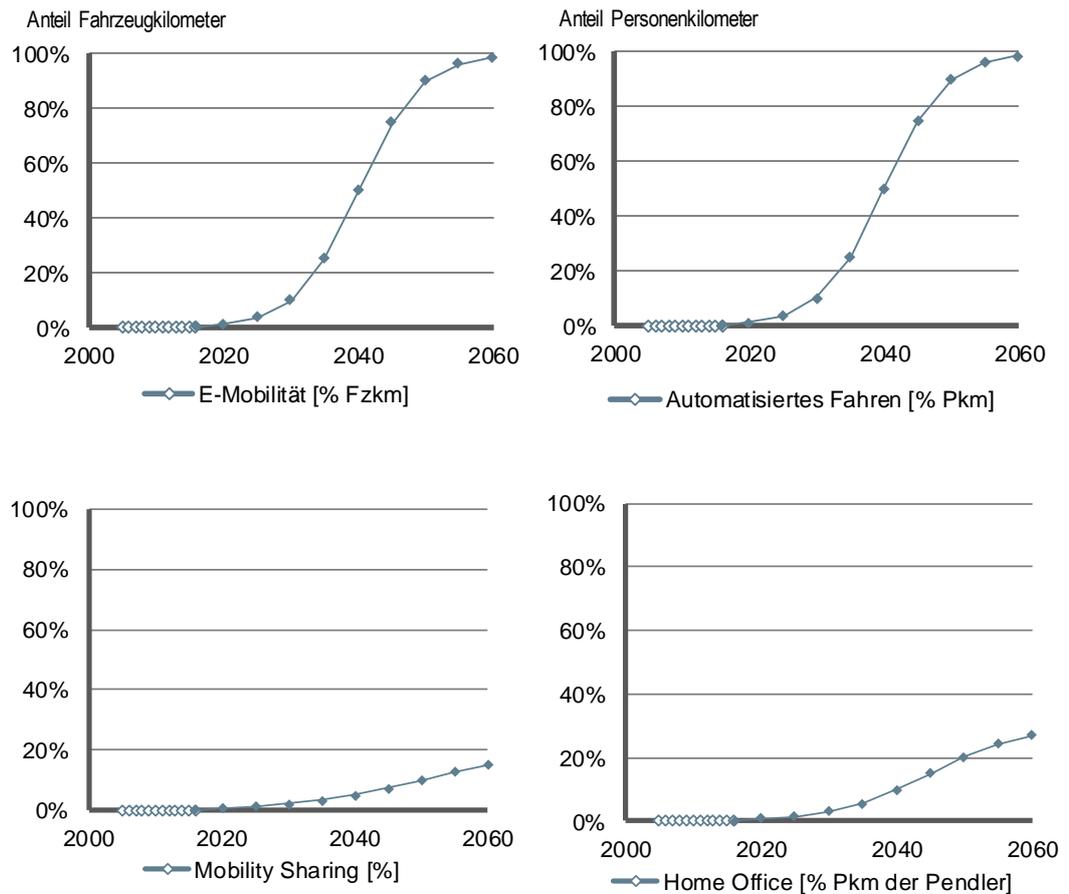


Abb. 24 Angenommene Entwicklungen der Zukunftstrends in Szenario 2

³⁰⁰ Ohne «übrige Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge).

Entsprechend sind die Durchdringungsraten des automatisierten Fahrens sowie der alternativen Antriebe fast 100% im Jahr 2060. Trotz der starken Durchdringung des automatisierten Fahrens, wird davon ausgegangen, dass die Bereitschaft zur gemeinschaftlichen Verkehrsmittelnutzung nicht sehr ausgeprägt ist. Entsprechend tief ist der Sharing-Anteil. Auch der Anteil der durch Home Office eingesparten Pkm ist deutlich höher als in Szenario 1.

Betrachtet man den Modal Split im Personenverkehr (vgl. *Abb. 25*), zeigt sich ein sehr ähnliches Bild wie im zuvor betrachteten Szenario 1. Trotz weniger ausgeprägtem Mobility Sharing sind die in automatisierten Taxis (Robo-Taxis) zurückgelegten Personenkilometer aber fast identisch wie in Szenario 1. Der Grund dafür liegt darin, dass das automatisierte Fahren in Szenario 2 deutlich stärker verbreitet ist als in Szenario 1. Trotz vergleichsweise geringer Bereitschaft zur gemeinschaftlichen Nutzung von Fahrzeugen ist das Angebot an automatisierten Taxis relativ flächendeckend. In der Summe führt dies in etwa zum selben Resultat wie in Szenario 1 mit einer etwas höheren Bereitschaft zur gemeinschaftlichen Nutzung aber einem weniger flächendeckenden Angebot.

Der strassengebundene ÖV nimmt stark ab. Die früher durch ihn erbrachte Verkehrsleistung ist fast vollständig zu den privaten automatisierten Fahrzeugen geflossen. Die Verkehrsleistung der privaten automatisierten Fahrzeuge ist in *Abb. 25* in der Kategorie «Verkehrsleistung privater motorisierter Verkehr» enthalten.

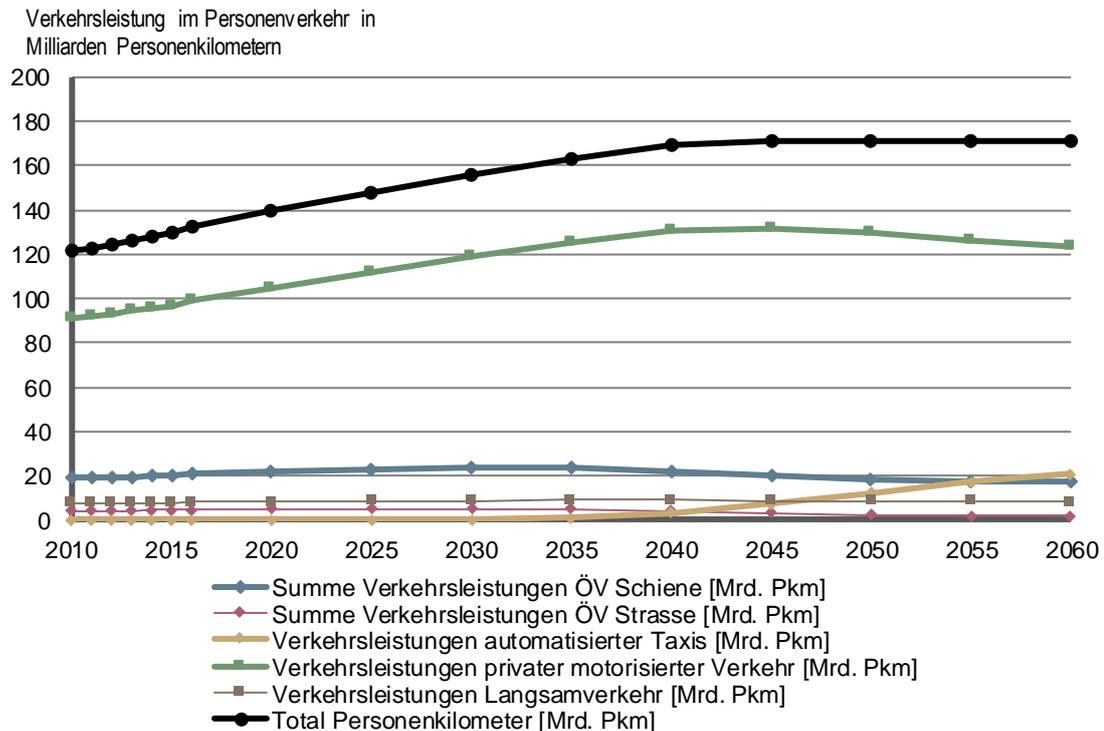


Abb. 25 Entwicklung der Personenkilometer in Szenario 2

Etwas überraschend ist, dass die zurückgelegten Personenkilometer in Szenario 2 um ca. 7.5 Milliarden leicht tiefer sind als in Szenario 1. Da in Szenario 2 die Verbreitung der automatisierten Fahrzeuge viel höher ist, ist eigentlich zu erwarten, dass die Personenkilometer insbesondere aufgrund neu erschlossener Nutzergruppen (v.a. Jugendliche und ältere Personen) zunehmen sollten. Durch die neuen Nutzergruppen werden in Szenario 2 8.5 Milliarden zusätzliche Personenkilometer generiert. In Szenario 1 sind es 5.5 Milliarden.³⁰¹ Der Hauptgrund dafür, dass die Gesamtmobilitätsnachfrage trotzdem tiefer liegt als

³⁰¹ Die Berechnung dieses Effekts beruht auf dem Mobilitätsverhalten verschiedener Altersgruppen mit Auto sowie der Verfügbarkeiten von Autos in der Bevölkerung. Die Angaben stammen aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr.

in Szenario 1 ist die tiefere Sharing-Neigung und dem deswegen tiefer liegenden durchschnittlichen Besetzungsgrad der Fahrzeuge. Dies führt zu höheren Kosten pro Personenkilometern, was sich dämpfend auf die Gesamtnachfrage auswirkt.

Klare Unterschiede zu Szenario 1 zeigen sich in der Betrachtung der Fahrzeugkilometer. Die Total zurückgelegten Fahrzeugkilometer sind mit ca. 100 Milliarden um ca. 30 Milliarden höher als in Szenario 1. Dieser Unterschied ist hauptsächlich auf Leerfahrten automatisierter Fahrzeuge, die neuen Nutzergruppen sowie den tieferen durchschnittlichen Besetzungsgrad der Fahrzeuge zurückzuführen.

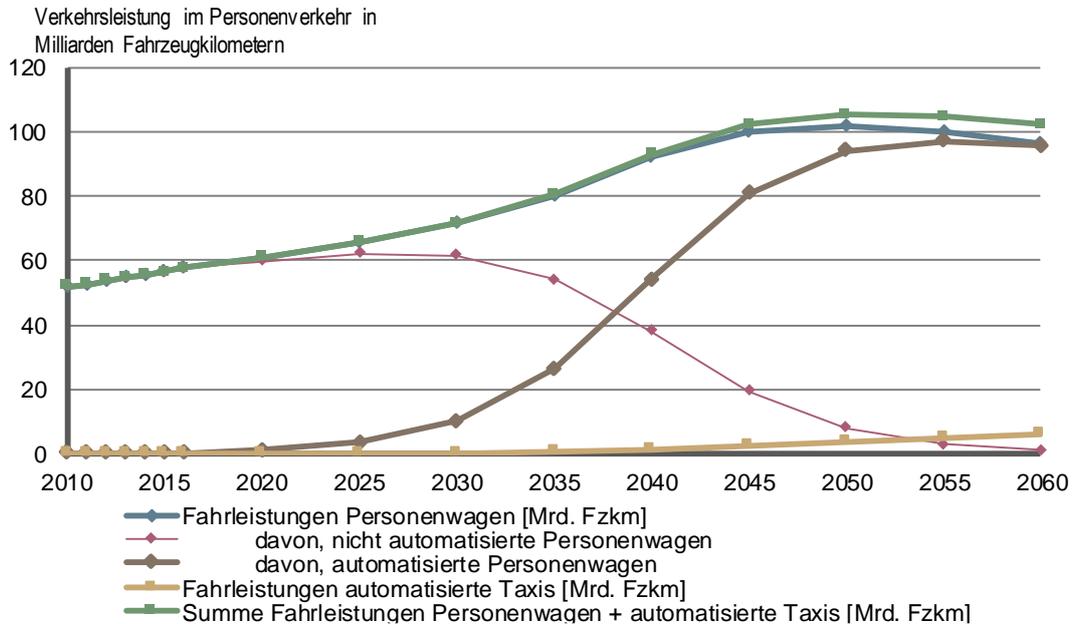


Abb. 26 Entwicklung der Fahrzeugkilometer im Strassenpersonenverkehr in Szenario 2

Die Entwicklung der Anzahl Fahrzeuge in der folgenden Abbildung verdeutlicht das enorme Potenzial, welches in den automatisierten Taxis steckt.

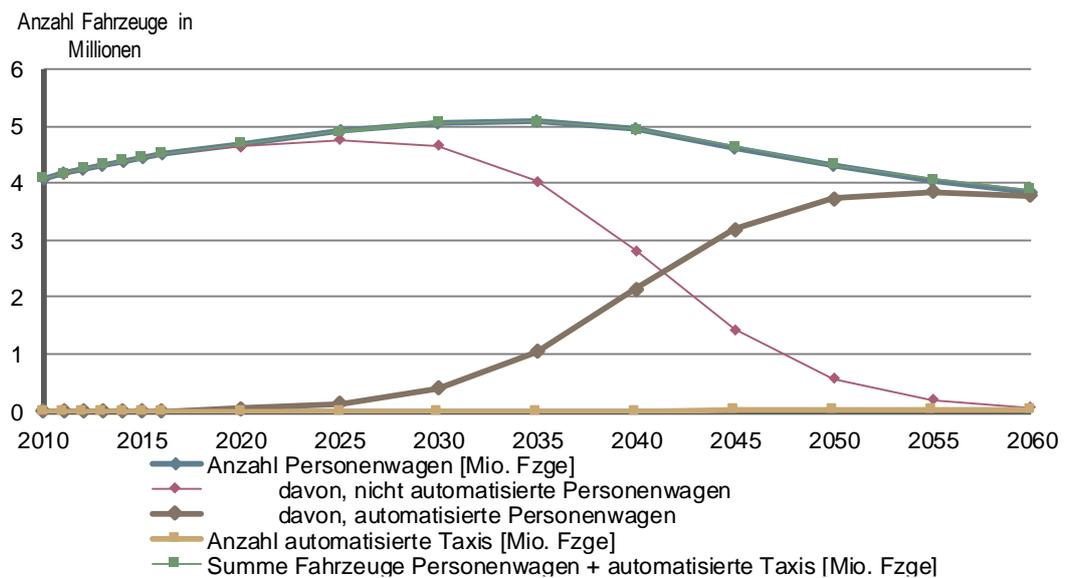


Abb. 27 Entwicklung der Personenwagenflotte in Szenario 2

Vergleicht man die oben gezeigte Entwicklung der Fahrzeugkilometer von privaten Personenwagen und automatisierten Taxis mit der Entwicklung des Fahrzeugbestands dieser

beiden Kategorien wird klar, dass die automatisierten Taxis mit einem Bruchteil der Fahrzeuge dieselbe Nachfrage bedienen können. Mit einem Anteil von 1% an der Fahrzeugflotte werden im Jahr 2060 damit bereits 5.5% der Pkm geleistet.

Die Kosten des **öffentlichen Verkehrs** bestehen 2060 praktisch nur noch aus den Ausgaben für die Schieneninfrastruktur sowie den Betriebskosten des öffentlichen Schienenverkehrs. Der ÖV auf der Strasse wird zu einem grossen Teil durch die automatisierten Fahrzeuge verdrängt. Diese Entwicklung führt aber dazu, dass der Ausgabendeckungsgrad im ÖV von 50% im Jahr 2010 auf 57% im Jahr 2060 ansteigt. Fast sämtliche ÖV Einnahmen stammen entsprechend aus dem Schienenverkehr. Die verbleibenden Strassen-ÖV Einnahmen sind im Vergleich zu den Kosten unterproportional stark gesunken. Der Grund dafür ist, dass die Kosten durch weitere Faktoren wie z.B. die Automatisierung gefallen sind.

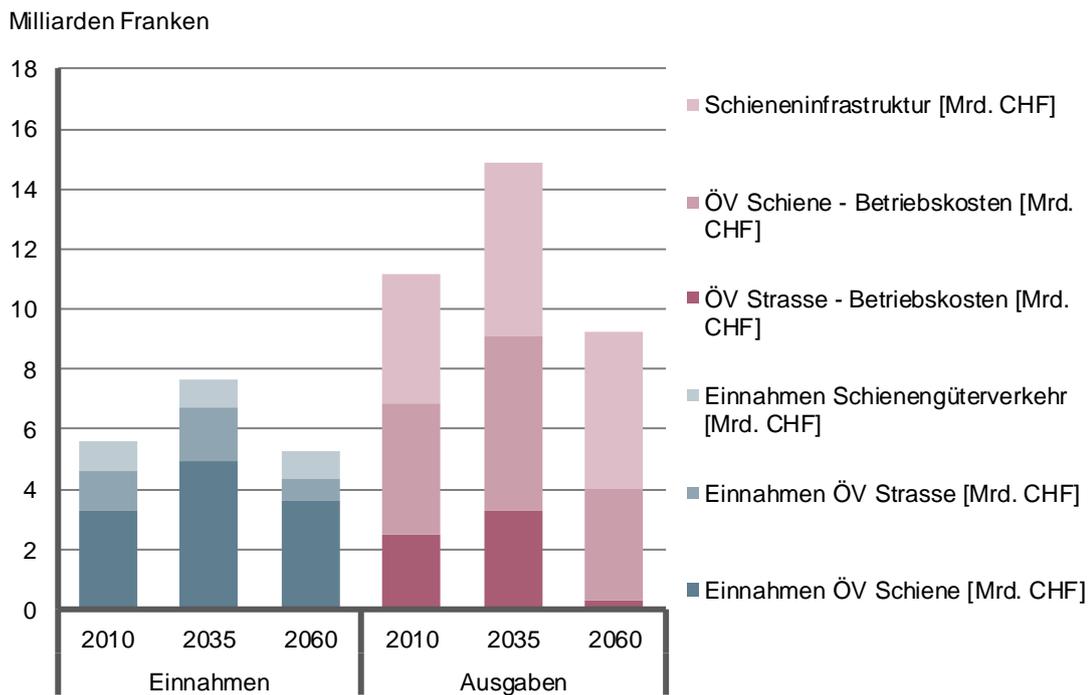


Abb. 28 Einnahmen und Ausgaben für den öffentlichen Verkehr in Szenario 2³⁰²

Im **Strassenverkehr** zeigt sich dieselbe Entwicklung, die bereits in Szenario 1 sichtbar wurde, aber in akzentuierter Form (vgl. Abb. 29). Die Einnahmen aus der Besteuerung fossiler Treibstoffe sind bis 2060 wegen der Elektromobilität vollständig weggebrochen. Gleichzeitig verlagert sich Verkehrsleistung von der Schiene auf die Strasse, was dort den Kostendruck erhöht. Da diese Verlagerung vor allem im Regionalverkehrs stark ist, sind es entsprechend vor allem die Kantons- und Gemeindestrassen, die ein Kostenwachstum erfahren. Insgesamt führt die starke Zunahme der Verkehrsleistung auf der Strasse zu deutlich höheren Infrastrukturkosten. Die Neu- und Ausbaurkosten der Strassen sind zudem aufgrund neuer technischer Anforderungen (z.B. Sensoren etc.) erhöht.

Der Grund dafür, dass die Kosten der Schieneninfrastruktur nicht zurückgehen liegt mitunter darin, dass davon ausgegangen wird, dass diese durch die Ansprüche des automatisierten Fahrens etwas teurer wird. Zusätzlich ist der Rückgang der Verkehrsleistung auf dem Schienennetz, wie zuvor dargestellt, bedeutend geringer als der Anstieg bei der Verkehrsleistung auf dem Strassennetz.

³⁰² Ohne «übrige Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge)

Gesamthaft gesehen ergeben sich aber, abgesehen von der Mineralölsteuer, keine disruptiven Veränderungen in den Einnahmen aus dem Strassenverkehr.

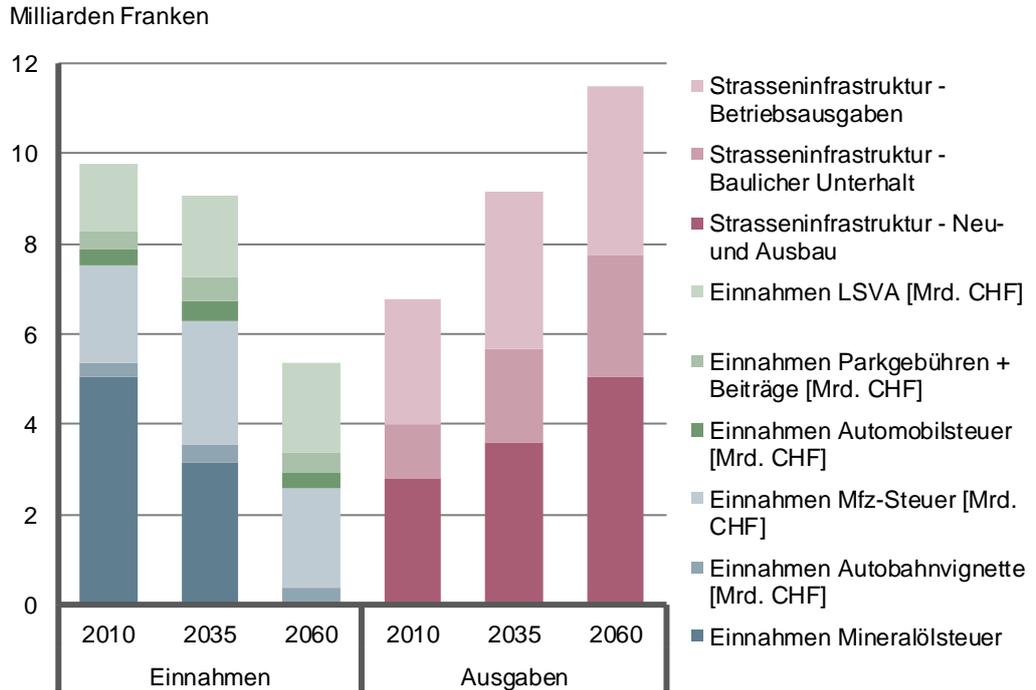


Abb. 29 Einnahmen und Ausgaben für den Strassenverkehr in Szenario 2

Für das **gesamte (Land)Verkehrssystem** ergibt sich dadurch eine massive Abnahme des Ausgabendeckungsgrades. Er beträgt 2060 lediglich noch 50% – 2010 waren es gemäss Berechnungsmethode des Modells noch 86%³⁰³.

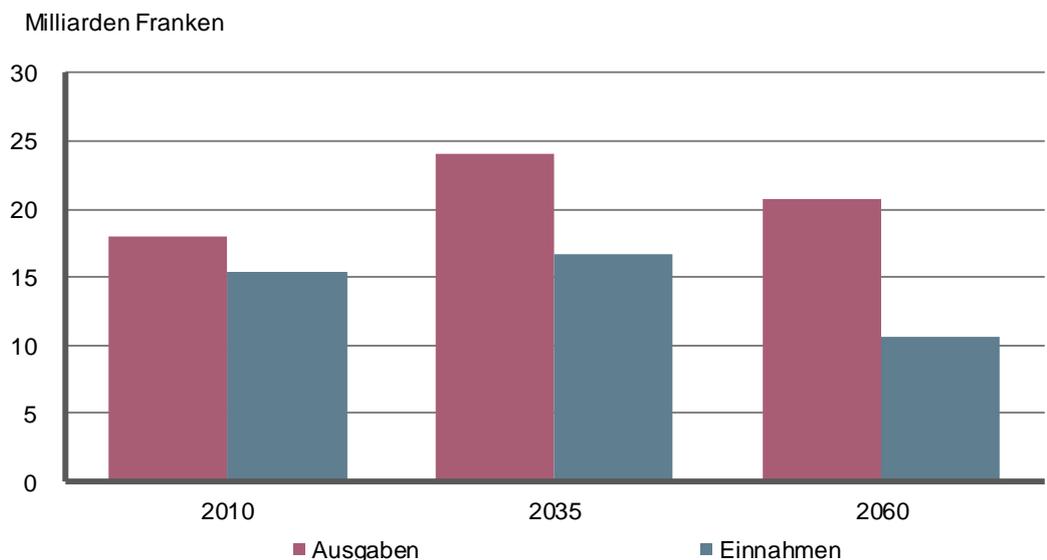


Abb. 30 Gesamteinnahmen und -ausgaben im Verkehrssystem in Szenario 2³⁰⁴

³⁰³ Die Gründe für die Abweichung zu den Angaben in Kapitel 5.1.2 ist die nicht-Berücksichtigung der «übrigen Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge) sowie die Betrachtung unterschiedlicher Jahre.

³⁰⁴ Ohne «übrige Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge)

Entsprechend öffnet sich - falls keine Anpassungen am Finanzierungssystem erfolgen, was hier für die Analyse der finanzierungsseitigen Herausforderungen unterstellt ist - auch eine massive Finanzierungslücke. Sie steigt von -2.6 Mrd. CHF auf 7 bis 10 Mrd. CHF. Den deutlich steigenden Infrastrukturkosten stehen abnehmende Einnahmen gegenüber, der Handlungsbedarf ist sehr gross.

c) Auswirkungen von Szenario 3 auf die Verkehrsfinanzierung

Szenario 3 geht ebenfalls von einer disruptiven Entwicklung der neuen Technologien aus. Hierbei wird allerdings angenommen, dass sich die kollektiven Mobilitätsdienstleistungen durchsetzen werden. Entsprechend hohe wurden sehr hohe Sharing-Werte eingesetzt.

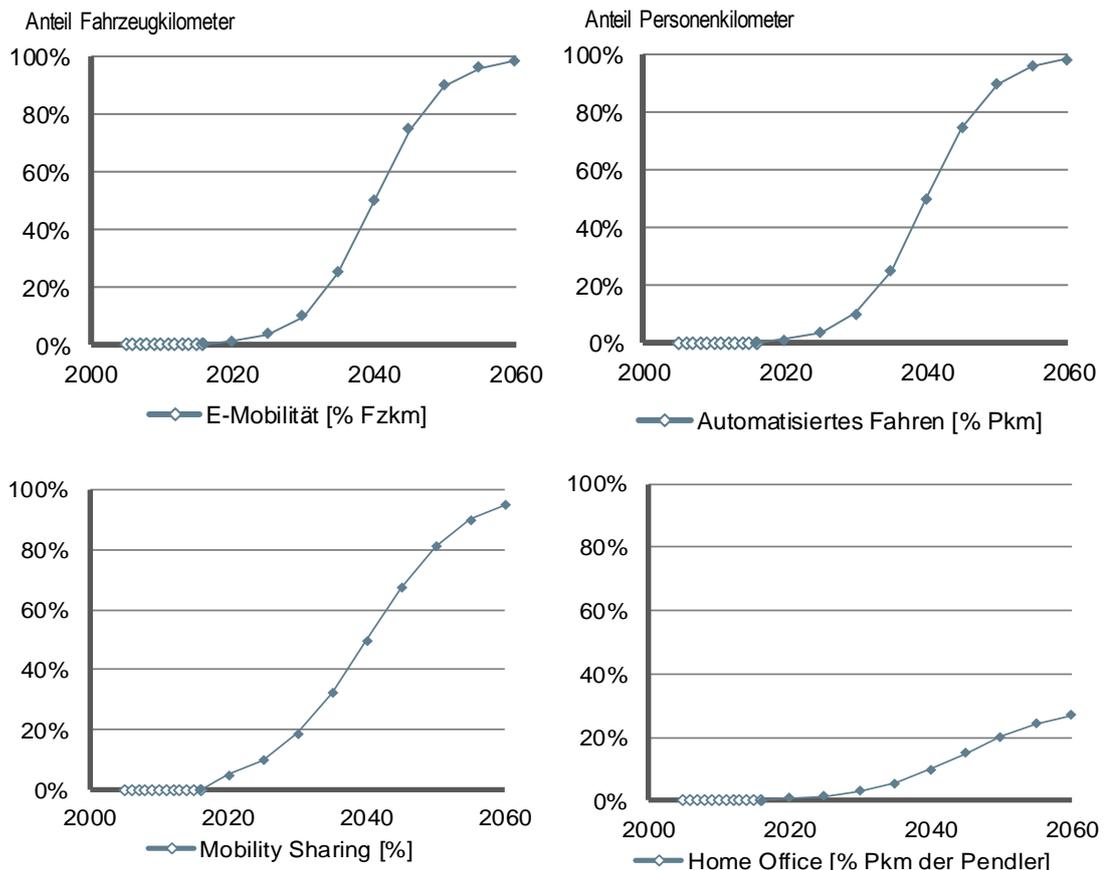


Abb. 31 Angenommene Entwicklungen der Zukunftstrends in Szenario 3

In diesem Szenario ist die Mobilitätsnachfrage am höchsten. Dies aus drei Gründen:

- Die zusätzliche Nachfrage durch neue Nutzergruppen ist mit fast 20 Milliarden Personenkilometern klar am höchsten.
- Die tiefen Kosten pro Personenkilometer aufgrund der gemeinschaftlichen Nutzung der Fahrzeuge führen zu einer höheren Mobilitätsnachfrage.
- Ebenfalls eine Rolle spielt die Preisentwicklung im Strassenverkehr. Wie wird später sehen werden, fallen diverse Steuern und Abgaben in diesem Szenario weg, was den Strassenverkehr günstiger macht und damit ebenfalls stimulierend auf die Mobilitätsnachfrage wirkt.

Klare Differenzen gibt es in der Verteilung der Mobilitätsnachfrage auf die verschiedenen Fahrzeugtypen. Die automatisierten Taxis (Robo-Taxis) sind in diesem Szenario dominierend und decken fast 80% der gesamten Mobilitätsnachfrage der Bevölkerung ab. Der Anteil ist tiefer als der oben in *Abb. 31* ausgewiesene Mobility-Sharing-Anteil, weil im Mobility-Sharing-Anteil der ÖV nicht enthalten ist, in der gesamten Mobilitätsnachfrage aber schon.

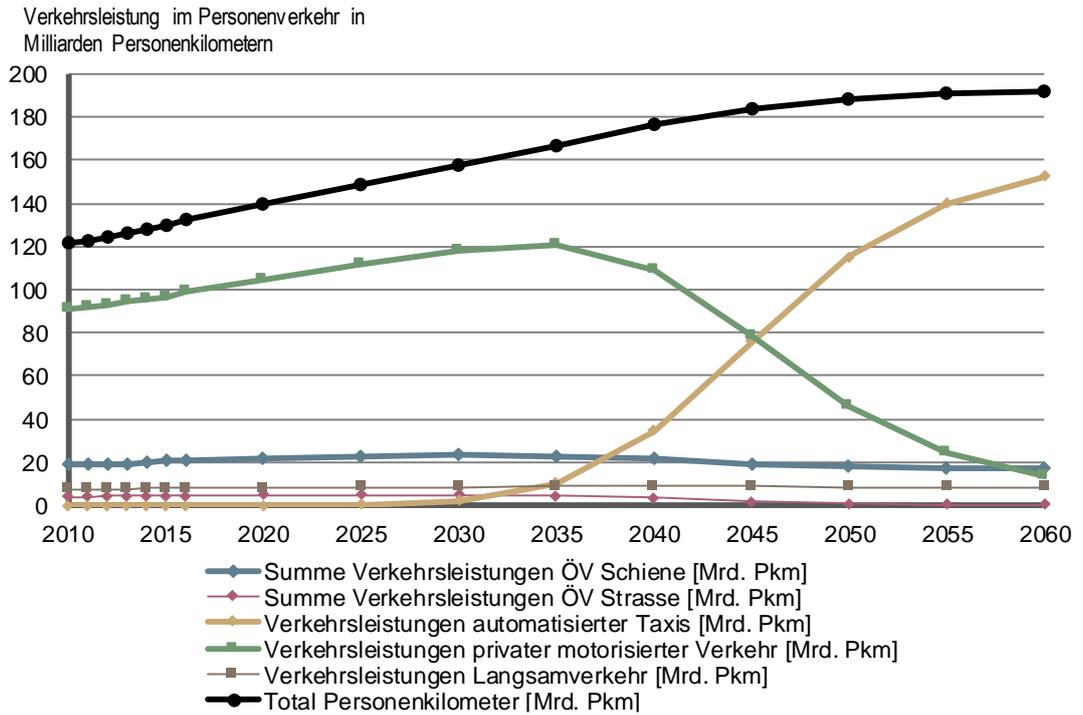


Abb. 32 Entwicklung der Personenkilometer in Szenario 3

Abb. 33 verdeutlicht den stark disruptiven Effekt des Mobility Sharings. Trotz Zunahme der Personenkilometer um fast 60% zwischen 2010 und 2060 nehmen die Fahrzeugkilometer im selben Zeitraum sogar leicht ab. Interessant ist, dass mit dem Aufkommen des automatisierten Fahrens ab ca. 2025 sowohl die Fahrzeugkilometer der automatisierten Taxis wie auch der privat genutzten automatisierten Fahrzeuge stark zunimmt. Durch die über die Zeit steigende Akzeptanz für das Sharing sowie den damit einhergehenden Kostenteilungseffekten sinkt die private Nutzung automatisierter Fahrzeuge aber ab 2040 bereits wieder, während sich der Aufstieg der automatisierten Taxis ungebremst fortsetzt. Nicht-automatisierte Fahrzeuge verschwinden mit der Zeit gänzlich.

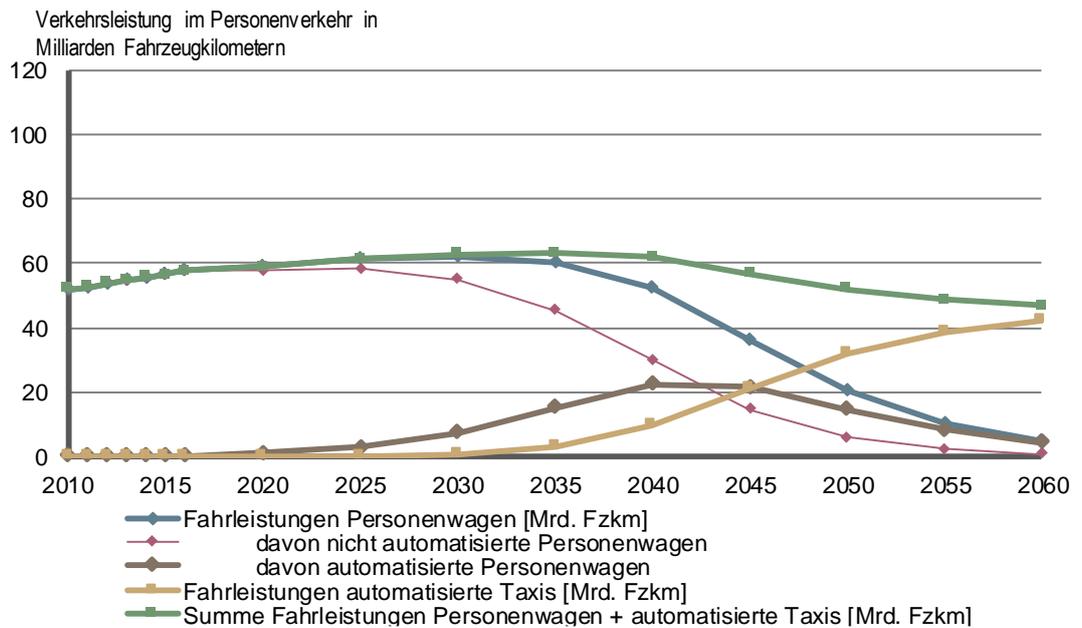


Abb. 33 Entwicklung der Fahrzeugkilometer im Strassenpersonenverkehr in Szenario 3

Besonders drastisch wirkt sich diese Entwicklung auf den Fahrzeugbestand aus. Dieser beträgt 2060 nur noch etwas mehr als 10% des Wertes von 2010.

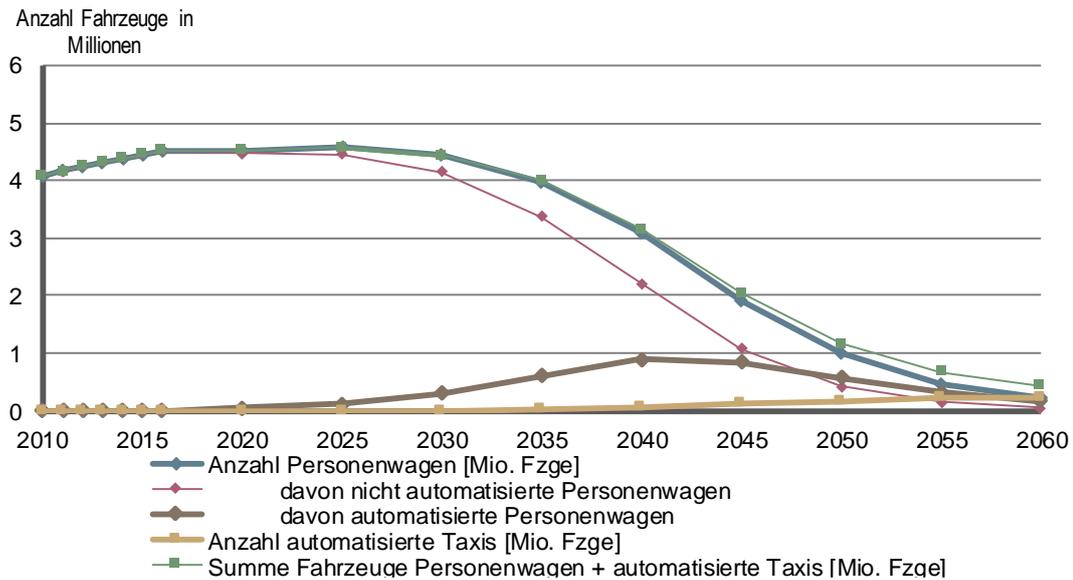


Abb. 34 Entwicklung der Personenwagenflotte in Szenario 3

Auf die Einnahmen und Ausgaben des **öffentlichen Verkehrs** als Ganzes hat das ausgeprägte Sharing aber keinen grossen Einfluss. Einfluss hat hier vor allem das automatisierte Fahren als neue starke Konkurrenz im Orts- und Regionalverkehr. Es zeigt sich fast genau dasselbe Bild, wie wir schon in Szenario 2 gesehen haben. Der Orts- und Regionalverkehr wird fast vollständig durch die automatisierten Fahrzeuge ersetzt. Der Effekt auf den strassengebundenen ÖV ist aufgrund der tiefen Preise der automatisierten Taxis sogar noch stärker als in Szenario 2. Die Kosten für die Schieneninfrastruktur steigen bis 2040 etwas an, sinken danach aber wieder leicht. Dies bildet die Entwicklung der auf der Schiene geleisteten Personenkilometer ab. Während der Regionalverkehr auf der Schiene verschwindet, weist der Fernverkehr hingegen ein stetes Wachstum auf. Dasselbe gilt für die Betriebskosten des schienengebundenen ÖV.

Der Ausgabendeckungsgrad gemäss untenstehender Abbildung verbessert sich durch diese Entwicklung sogar geringfügig von 50% im Jahr 2010 auf 52% im Jahr 2060. Der Grund dafür liegt u.a. im Wegfall des nicht-kostendeckenden strassengebundenen ÖV.

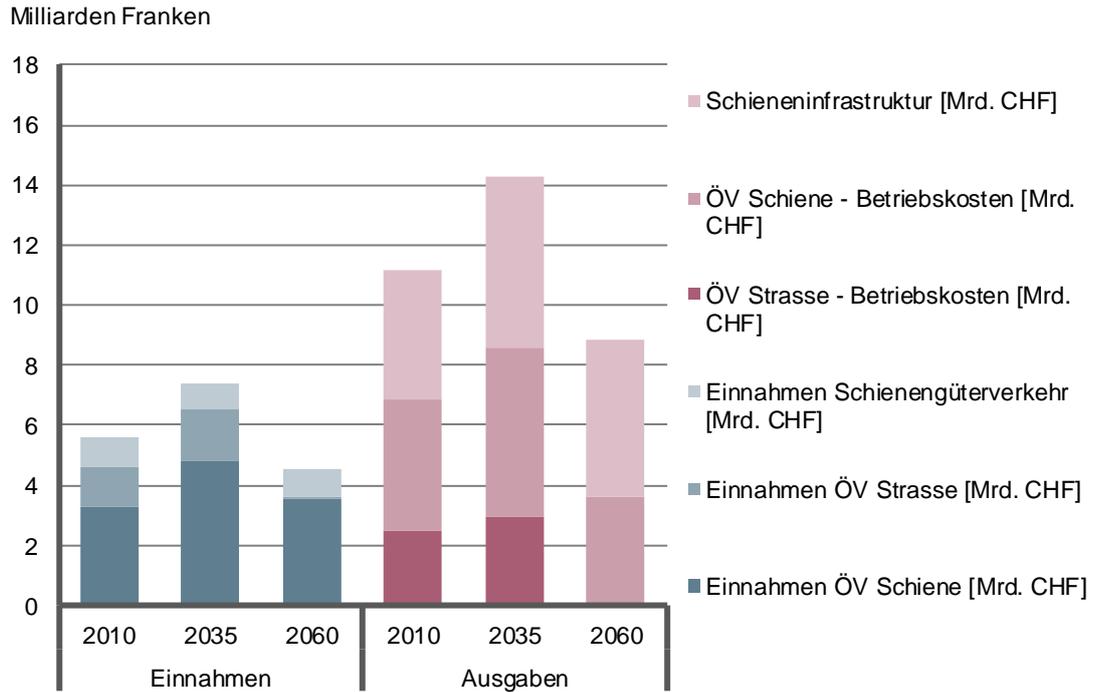


Abb. 35 Einnahmen und Ausgaben für den öffentlichen Verkehr in Szenario 3³⁰⁵

Besonders grosse finanzielle Risiken birgt ein ausgeprägtes Mobility Sharing für die Einnahmen aus den Abgaben und Steuern im **Strassenverkehr**. Wie zuvor fallen wegen der Elektrifizierung der Fahrzeuge die Einnahmen aus der Besteuerung von Benzin und Diesel gänzlich weg. Da alle weiteren Einnahmequellen mit Ausnahme der LSVA direkt von der Anzahl immatrikulierter Fahrzeuge abhängen, schwinden die restlichen Einnahmen ebenfalls dramatisch. Die Parkgebühren gehen stark zurück, da die automatisierten Taxis nahezu permanent in Betrieb sind bzw. nicht zwingend auf öffentlichen Parkplätzen abgestellt werden. Auch die privaten automatisierten Fahrzeuge brauchen keinen Zielparkplatz mehr, sie fahren zurück zum Quellparkplatz.

Durch die tiefe Anzahl Fahrzeug sinken auch die Automobilsteuern, die pro Fahrzeug erhoben wird. Dasselbe gilt für die Einnahmen aus der Nationalstrassenabgabe. Besonders ins Gewicht fällt der Wegfall eines grossen Teils der Einnahmen aus der Motorfahrzeugsteuer. Die Einnahmen aus dem Strassenverkehr bestehen massgeblich nur noch aus der LSVA (die vollständig ausgewiesen ist, inkl. des nicht für den Strassenverkehr vorgesehenen Teils) und der übrig gebliebenen Motorfahrzeugsteuer. Der in der untenstehenden Abbildung gezeigte Ausgabendeckungsgrad beträgt 2060 gerade noch 47%. 2010 waren es noch 145%.

Der Wegfall der Einnahmen vieler auf der Anzahl Fahrzeugen beruhenden Einnahmequellen wird zur Folge haben, dass ein Wechsel auf eine Besteuerung der Verkehrsnutzung, sprich die Fahrzeug- oder auch die Personenkilometer, erfolgen muss, wenn das Verkehrsfinanzierungssystem nicht aus den Fugen geraten soll.

³⁰⁵ Ohne «übrige Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge)

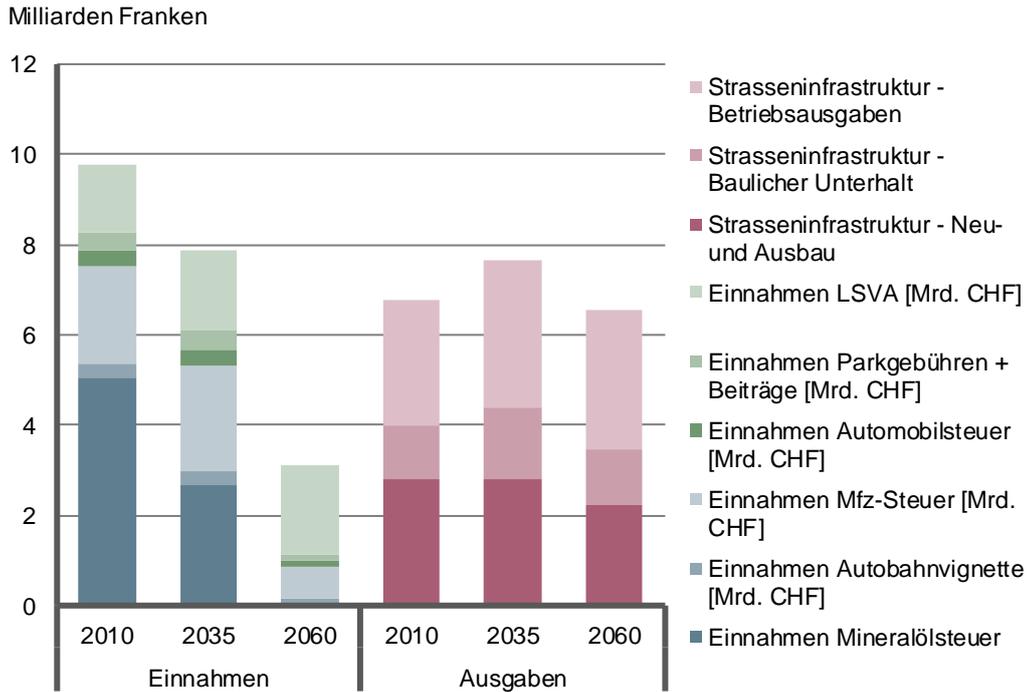


Abb. 36 Einnahmen und Ausgaben für den privaten Strassenverkehr in Szenario 3

Da die Einnahmen aus dem Strassenverkehr die dominanten Verkehrseinnahmen sind, ergibt sich auch für das **Gesamtverkehrssystem** eine immer grösser werdende Lücke zwischen Einnahmen und Ausgaben (vgl. Abb. 37).

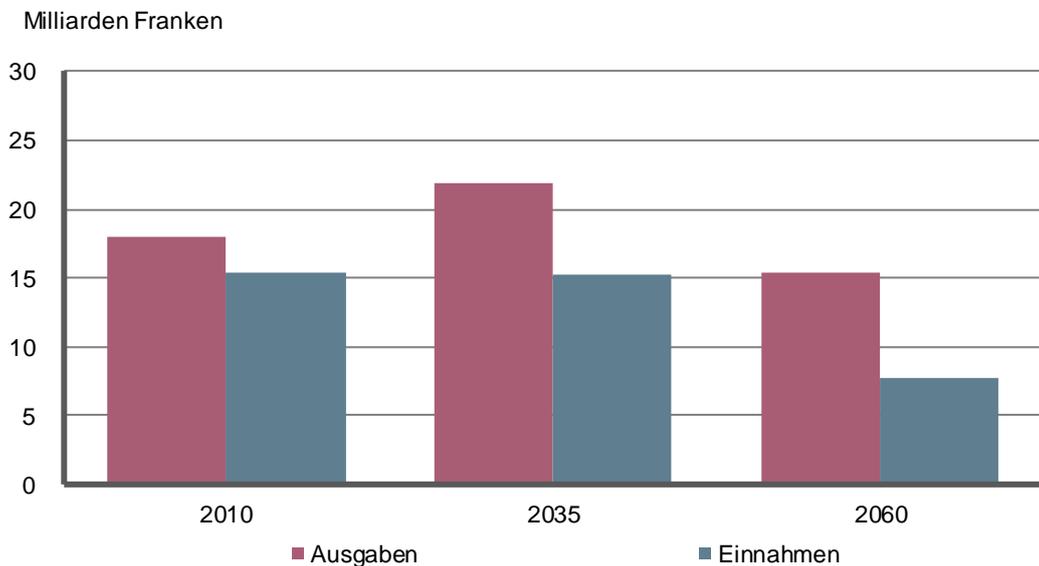


Abb. 37 Gesamteinnahmen und -ausgaben im Verkehrssystem in Szenario 3³⁰⁶

Vergleicht man das Verhältnis zwischen Einnahmen und Ausgaben, zeigt sich, dass der Ausgabendeckungsgrad von 86% im Jahr 2010 auf gerade noch 50% im Jahr 2060 fällt. Er liegt damit in der gleichen Grössenordnung wie beim Szenario 2. Absolut betrachtet ergeben sich aber klare Unterschiede: Im Szenario 3 sind zwar die Einnahmen aus dem

³⁰⁶ Ohne «übrige Erträge Schiene» (v.a. Immobilienerträge).

Verkehrssystem deutlich tiefer als im Szenario 2, das Gleiche gilt aber auch für die Ausgaben. Darum fällt die Finanzierungslücke mit rd. 7.7 Mrd. CHF im Szenario 3 etwas weniger hoch aus als im Szenario 2 mit rd. 10 Mrd. CHF. Aber auch im Szenario 3 gilt: Finanzierungsseitig besteht deutlicher Handlungsbedarf.

Glossar

Begriff	Bedeutung
3D-Druck	Fertigungsverfahren, das der Herstellung von dreidimensionalen Gegenständen dient. Dabei werden Werkstoffe schichtweise computergesteuert zu fertigen Teilen aufgebaut. Als Rohstoff interessant sind dabei vor allem Kunststoffgranulate.
AF	Vollautomatisiertes bzw. autonomes Fahrzeug
Alternative Antriebssysteme	Antrieb von Fahrzeugen unterscheidet sich mit Blick auf Energieart oder durch konstruktive Lösungen von Antriebstechniken, die auf dem Markt verbreitet sind. Beispiele hierfür können etwa Hybrid- oder Elektroantriebe sein.
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ARV 2	Verordnung über die Arbeits- und Ruhezeit der berufsmässigen Führer von leichten Personentransportfahrzeugen und schweren Personenwagen
ASTRA	Bundesamt für Strassen
Automatisiertes Fahren	Fortbewegung von Fahrzeugen, mobilen Robotern und Transportsystemen, die sich weitgehend autonom (ohne Fahrer) verhalten. Unterschieden werden verschiedene Stufen der Automatisierung. Bei vollständig fahrerlosem Fahren spricht man auch von vollautomatisiertem oder autonomem Fahren.
BAV	Bundesamt für Verkehr
BehiG	Bundesgesetz über die Beseitigung von Benachteiligungen von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz) vom 13. Dezember 2002
Betriebsmittel	Mit Betriebsmittel sind die im Verkehr verwendeten Fahrzeuge gemeint.
Big Data	Datenmengen, welche beispielsweise zu gross, zu komplex, zu schnelllebig oder zu schwach strukturiert sind, um sie mit manuellen und herkömmlichen Methoden der Datenverarbeitung auszuwerten (z.B. georeferenzierbare Daten aus der Nutzung von Smartphones).
Blockchain	Protokoll zur Sicherung der Integrität von Daten – bei Kryptowährungen z.B. Transaktionen zwischen Nutzern - in einer Abfolge von fälschungssicheren Datenblöcken. Die Fälschungssicherheit der Daten wird durch den Einsatz kryptographischer Verfahren und durch die verteilte Speicherung der Blockchain auf Hunderten von Computern in einem Peer-to-Peer-Netzwerk sichergestellt.
Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV)	Transportmittel, bei denen elektrische Energie aus den Energieträgern Wasserstoff oder Methanol durch eine Brennstoffzelle erzeugt und direkt mit dem Elektroantrieb in Bewegung umgewandelt oder zeitweise in einer Traktionsbatterie zwischengespeichert wird.
Buchungsplattformen	Plattformen zur Vorbereitung einer Reise. Hier wird weiter unterschieden zwischen öffentlichem Verkehr, Transportdienstleistungen (Mitfahrer), Vermietung von Verkehrsmitteln (Selbstfahrer), Mobilitätsservices (Zusatzdienste) und Reiseplaner / Mobilitätsportal (verkehrsmittelübergreifend).
C2C	Car-to-Car-Kommunikation
C2I	Car-to-Infrastructure-Kommunikation
Carpooling (Ridesharing)	Gemeinsames Benutzen eines Fahrzeugs für eine gewisse Strecke. Die konsequente Nutzung dieser Möglichkeiten lässt eine effiziente Bündelung der oft ähnlichen Nachfragemuster zu, das bedarfsgerechte Bereitstellen unterschiedlicher Fahrzeugarten wie beispielsweise Fahrzeuge mit einer bedürfnisgerechten Büroausrüstung oder einem attraktiven Unterhaltungsangebot sowie die direkte Bestellung und Bezahlung dieser Angebote mittels einer App.
Carsharing	Gemeinschaftliche Nutzung eines/mehrerer Autos durch verschiedene Personen (privat oder kommerziell). Mit SFF Level 5 (vollständig automatisiert) im 2040 sind darunter auch Robotaxis zu verstehen.
Car-to-Car (C2C)	Kommunikation zwischen Fahrzeugen.
Car-to-everything (C2X)	Vernetzung von Fahrzeugen untereinander oder von Fahrzeugen mit der Verkehrsinfrastruktur oder anderen Verkehrsteilnehmern. Wird üblicherweise als V2X- oder C2X-Kommunikation bezeichnet.
Car-to-infrastructure (C2I)	Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturen.

CST (Cargo Terrain)	Sous	Eigenständiges System für den Transport von normierten und kontinuierlich beförderten Transportmitteln Gütern ‚Door to Door‘ vom Sender zum Endkunden. Es ist intermodal aufgebaut und besteht aus einem Hauptlauf (unterirdischer Tube), der mit einzelnen Umladestationen (Hubs) und einem Feinverteilsystem (City Logistik) verknüpft ist, wo Güter an den Hubs an die Oberfläche gelangen und zum Endkunden verteilt werden. In der Tube erfolgt der Transport kontinuierlich und vollautomatisch mit eigens dafür vorgesehenen Fahrzeugen.
Cyber Security		Datensicherheit umfasst unter anderem die Gewährleistung der Lückenlosigkeit (Datenquantität) und Zuverlässigkeit (Datenqualität) der Daten im Gesamtsystem.
Digitalisierung		Digitalisierung bzw. digitale Transformation beinhaltet einerseits das Aufkommen neuer, technologischer Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologie, andererseits die Nutzung dieser Technologien in der Wirtschaft entlang der Wertschöpfungskette zur Optimierung von Prozessen, Produkten und Dienstleistungen sowie zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.
Drohne		Umgangssprachliche Bezeichnung für (bestimmte) unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aircraft, UA). Drohnen existieren in verschiedenen Erscheinungsformen; eine allgemein gültige Klassifizierung von Drohnen gibt es allerdings nicht. Gängig ist die Unterscheidung von Drohnen nach der Art der Anordnung der Tragflächen oder der Position der Antriebe (z.B. Fixed Wings, Multikopter).
Elektromobilität		Nutzen elektrisch angetriebener Fahrzeuge, die über einen Energiespeicher (Batterie) verfügen. Der Grad der Elektrifizierung kann variieren.
Fzkm		Fahrzeugkilometer
HOV		High Occupancy Vehicle
Hyperloop		Magnetschwebebahn, welche im Vakuum Geschwindigkeiten bis zu 1125 km/h erreichen kann.
Integrierte Mobilität		Von integrierter Mobilität spricht man, wenn mehr als ein Verkehrsmittel gemeinsam vermarktet wird und dadurch eine Kooperation von verschiedenen Dienstleistern entsteht oder ein Dienstleister mehrere Verkehrsmittel betreibt. Diese Kooperationen ermöglichen es, dass multimodale Tür-zu-Tür-Lösungen aus einer Hand angeboten werden können, die der Kunde als Dienstleistung bezieht.
Intelligent Transportation System (ITS)	Transportation System	Erfassen, Übermitteln, Verarbeiten und Nutzen verkehrsbezogener Daten. Unter der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien soll der Verkehr organisiert, informiert und gelenkt werden (Synonym: Verkehrstelematik).
MaaS		Mobility as a Service
MIV		Motorisierter Individualverkehr
Mobilität als Service (MaaS)	Service	Gesamtdienstleistung, mit welcher ein einzelner Anbieter sämtliche Mobilitätsbedürfnisse seiner Kunden abdeckt. Die Nutzerin oder der Nutzer gibt den gewünschten Zielort, die gewünschte Ankunftszeit und allenfalls weitere Präferenzen in seinen «persönlichen Mobilitätsassistenten» ein. Der Anbieter schlägt unter Berücksichtigung der besonderen Wünsche, der aktuellen Verkehrssituation und der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel die optimale Wegeketten von Tür zu Tür vor. Dabei können ganz unterschiedliche Verkehrsmittel und -träger zum Einsatz kommen, öffentliche und private. Anschliessend wird automatisch die Reservation vorgenommen und der Fahrpreis vom Konto abgebogen. Denkbar ist, dass sich ein Teil der dafür nötigen Fahrzeugflotte im Besitz solcher Mobilitätsanbieter befindet. Selbstfahrende Fahrzeuge können Teil dieser Flotte sein. MaaS ist für den Personen- oder den Gütertransport vorstellbar.
Mobilitätsdienstleister		Anbieter von physischen Mobilitätsdienstleistungen. Zu den Mobilitätsdienstleistern zählen unter anderem die TU des ÖV, Car- und Bike-Sharing-Anbieter etc.
Mobilitätsplattform		Internetbasierte Plattform, auf der Daten und Datenverarbeitungsvorgänge verschiedener Mobilitätsangebote über Schnittstellen gebündelt zur Verfügung gestellt werden. Die Plattform beinhaltet meist sowohl ein Hintergrundsystem als auch eine durch Endkunden nutzbare App. Dies ermöglicht Endkunden, multimodale Routeninformationen zu erhalten und/oder entsprechende Angebote zu reservieren und zu bezahlen. Die Anbieter einer Mobilitätsplattform können selbst Anbieter von Mobilitätsangeboten sein, oder aber als IT-Anbieter eine reine Bündelungs- und Verknüpfungsfunktion zwischen Mobilitätsangeboten erfüllen.
Mobility Pricing		Verkehrsträgerübergreifendes Konzept zur Glättung der Verkehrsspitzen durch nach Zeit und Wochentag abhängigen Preisen der Mobilität. In einem umfassenderen Verständnis ist auch ein neues Abgaben- und Finanzierungssystem gemeint sowie die Bepreisung von Mobilitätsdienstleistungen.
Motorisierter Individualverkehr (MIV)		Verkehr, der mit einem eigenen Fahrzeug aus der Verkehrsmittelgruppe der Personenwagen, Motorräder, Roller, Kleinmotorräder und Motorfahrräder erfolgt.

	Gemäss dieser Definition handelt es sich bei Carsharing nicht um MIV, da das Fahrzeug sich nicht im Privatbesitz der Nutzenden befindet.
ODD	Operating Design Domain
Öffentlicher (ÖV) Verkehr	Der öffentliche Verkehr umfasst verkehrliche Angebote mit regelmässigen Fahrten gemäss einem definierten Fahrplan, die von allen Personen aufgrund vorgegebener Beförderungsbestimmungen genutzt werden können. In der Schweiz umfasst der ÖV nicht nur Verkehrsangebote mit Bahn, Tram und Bus, sondern auch per Schiff und Seilbahn.
ÖIV	Öffentlicher Individualverkehr
ÖIV	Individualisierter öffentlicher Verkehr (Konvergenz von öffentlichen Verkehrsangeboten und individuellen Verkehr)
ÖV	(Klassischer) Öffentlicher Verkehr
PBG	Bundesgesetz über die Personenbeförderung (Personenbeförderungsgesetz) vom 20. März 2009, SR 745.1
Pkm	Personenkilometer
Plug-in-hybrid Vehicle (PHEV)	Electric Hybridelektrisches Fahrzeug.
Ride hailing	Mobilitätsform, welche über eine digitale Plattform organisiert wird, bei der eine Person in ihrem Fahrzeug eine andere Privatperson transportiert (zumeist privat).
Ridesharing	Mehrere Personen reisen gleichzeitig im selben Fahrzeug, wobei nicht alle dieselbe Quelle und / oder Ziel haben (auch: «pooling», «lift-sharing» and «covoiturage»).
Robo-Bus	Selbstfahrender Bus für den Transport von mehr als ca. 10 Personen
Robo-Cab	Selbstfahrendes Taxi für den Transport von bis zu 4-5 Personen
Robo-Taxi	Selbstfahrendes Taxi, das über eine digitale Plattform gebucht werden kann.
Robo-Van	Selbstfahrendes Sammeltaxi / selbstfahrender Kleinbus für den Transport von bis ca. 10 Personen.
Sharing Economy	Systematisches Ausleihen und Bereitstellen von Gegenständen, Räumen oder Kapazitäten. Das Prinzip lautet „Leihen statt Besitzen“. Das Aufkommen sozialer Netzwerke und Smartphones mit den entsprechenden Apps begünstigt die Sharing Economy. Auf elektronischen Plattformen wird die Verfügbarkeit eines Gegenstands bekannt gemacht. Am gleichen Ort kann der Gegenstand auch ausgeliehen und bezahlt werden. Das Ziel ist eine optimale Nutzung und Auslastung von Dingen. Car-Sharing oder Car-Pooling sind weit verbreitete verkehrsbezogene Ausprägungen der Sharing Economy.
SSF	Selbstfahrende Fahrzeuge, s. automatisiertes Fahren.
STUG	Bundesgesetz über die Zulassung als Strassentransportunternehmen vom 20. März 2009, SR 744.10
SVG	Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958, SR 741.01
SVG	Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958, SR 741.01
SVI	Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten
TU	Transportunternehmung
Vehicle-to-everything (V2X)	Vernetzung von Fahrzeugen untereinander oder von Fahrzeugen mit der Verkehrsinfrastruktur oder anderen Verkehrsteilnehmern. Wird üblicherweise als V2X- oder C2X-Kommunikation bezeichnet.
Vehicle-to-vehicle (V2V)	Kommunikation der Fahrzeuge untereinander (Vehicle to Vehicle, V2V). Z.B. beim Platooning notwendig.
Verkehrsform	Innerhalb eines Verkehrsträgers können verschiedene Verkehrsformen unterschieden werden, Im Strassenverkehr gibt es beispielsweise die Verkehrsformen MIV, Aktive Mobilität, ÖV oder Güterverkehr, Im Schienenverkehr wird zwischen Personen- und Güterverkehr unterschieden.
Verkehrsmittel	Siehe Betriebsmittel
Verkehrssystem	Das Verkehrssystem umfasst alle Komponenten, die benötigt werden, um Personen oder Güter zu transportieren. Dazu zählen beispielsweise die Infrastruktur, die Betriebsmittel sowie auch die Koordination und Abstimmung der Verkehrsströme.

Verkehrsträger	Als Verkehrsträger wird in diesem Bericht das Medium gemeint, auf dem der Verkehr abgewickelt wird. Dies können z.B. ein Strassen- oder ein Schienennetz sein.
VFM	Verkehrsfinanzierungsmodell (EXCEL-basiertes Simulationsmodell)
Virtual Reality	Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computergenerierten, interaktiven virtuellen Umgebung.
VPB	Verordnung über die Personenbeförderung vom 4. November 2009, SR 745.11
VZV	Verordnung über die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr vom 27. Oktober 1976, SR 741.51
ZINV UVEK	Ziel und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr UVEK

Literaturverzeichnis

-
- Abegg A., Hefti A. und Seferovic G. (2019)
Faires Verfahren beim Zugang zu geschlossenen Märkten des Bundes. Studie im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft. Unter Mitarbeit von Grünseis J. und Schafroth S. Zürich.
-
- ACS – Automobilclub der Schweiz (ohne Datum)
Automatisiertes Fahren – Chance und Risiken. Im Internet: <https://blog.acs.ch/automatisiertes-fahren-chancen-und-risiken/>
-
- ADAC (2017)
Die Evolution der Mobilität.
-
- AGVS (ohne Datum)
Alternative Antriebe: Konzepte für die Zukunft. Im Internet: <https://www.agvs-upsa.ch/de/welt-des-autos/fahrzeugentwicklung/alternative-antriebe-elektromobilitaet>
-
- Altenburg S., Esser K., Wittowsky D., Groth S., Kienzler H.-P., Kurte J. und van der Vlugt A.-L. (2018)
Verkehrlich-städtebauliche Auswirkungen des Online-Handels. Wie können die zunehmenden Lieferverkehre in den Städte konfliktfrei abgewickelt werden? In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 | 2018, S. 24 – 27.
-
- ARE – Bundesamt für Raumentwicklung (2017)
Zukunft Mobilität Schweiz. UVEK Orientierungsrahmen 2040. Im Internet: https://www.uvek.admin.ch/dam/uvek/de/dokumente/verkehr/Zukunft%20Mobilitaet%20Schweiz.pdf.download.pdf/ZMS_UVEK-Orientierungsrahmen_2040_August_2017_de_final.pdf
-
- ASTRA – Bundesamt für Strassen, ARE – Bundesamt für Raumentwicklung, BAFU – Bundesamt für Umwelt, BFE – Bundesamt für Energie Hrsg.) (2015)
Elektromobilität. Masterplan für eine sinnvolle Entwicklung. Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652. Bern.
-
- AXA (2017)
Axa Crashtest: Autonomes Fahren polarisiert. Im Internet: <https://www.axa.de/presse/axa-crashtests-autonomes-fahren-polarisiert>
-
- Bach M. (2015)
Autonomes Fahren und gesetzliche Grundlagen. Seminar Sommersemester 2016: Automobile Systeme in der Automatisierung. Prof. Dr. Dieter Zöbel, Universität Koblenz-Landau, FB Informatik.
-
- Beck U. (1992)
Risk society: towards a new modernity. London.
-
- Betzliche J. (2018)
Regelmässig zirkulierende Waggons statt Züge mit festen Fahrplänen: Die Eisenbahn der Zukunft wird schneller und flexibler und nutzt das Streckennetz viel effizienter als heute. NZZ am Sonntag, 1. Juli 2018, S. 47.
-
- BFE und ASTRA – Bundesamt für Energie und Bundesamt für Strassen (2018)
Roadmap Elektromobilität 2022. Übersicht Massnahmen. Bern.
-
- BFS – Bundesamt für Statistik (2017)
Kosten und Finanzierung des Verkehrs. Strasse und Schiene 2014. Neuchâtel.
-
- BFS und ARE – Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Raumplanung (2017)
Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015. Neuchâtel.
-
- bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung (2016)
Automatisiertes Fahren. bfu-Grundlage. Bern.
-
- BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2015)
Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten. Berlin.
-
- BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2017)
Automatisiert und vernetzt: grün und günstig im Strassenverkehr in die Zukunft. Fachworkshops im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) am 28. März und 4. Juli 2017. Berlin.
-

<p>BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2019) Umgang mit Drohnen im deutschen Luftraum. Verkehrspolitische Herausforderungen im Spannungsfeld von Innovation, Safety, Security und Privacy. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur. Nr. 1/Jahr 2019. Berlin.</p>
<p>Böhm M., Malzacher G. Münster M. und Winter J. (2019) NGT Logistics Terminal. In: Internationales Verkehrswesen (71) 1 2019, S. 38 – 39.</p>
<p>Bösch P., Becker F., Becker H. und Axhausen K. (2017) Costed-based analysis of autonomous mobility services. In: Transport Policy (64), S. 76-91.</p>
<p>Brack.ch (2016) Das Brack.ch-Logistikzentrum in Wilisau LU im Porträt (Video).</p>
<p>Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2016) Automatisiertes Fahren. Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 "Auto-Mobilität". Bern.</p>
<p>Bundesrat der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2017) Auswirkungen der Digitalisierung auf Beschäftigung und Arbeitsbedingungen – Chancen und Risiken. Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate 15.3854 Reynard vom 16.09.2015 und 17.3222 Derder vom 17.03.2017. Bern.</p>
<p>Cacilo A., Schmidt S., Wittlinger Ph., Herrmann F., Bauer W., Sawade O., Doderer H., Hartig M. und Scholz V. (2015) Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen. Fraunhofer IAO. München.</p>
<p>CERRE – Centre on Regulation in Europe (2016) Passenger mobility in a digital society : New challenges for competition, transport policies and regulation. Issue Paper. Brussels.</p>
<p>Deloitte (2018) Regulating the future of mobility. Balancing innovation and the public good in autonomous vehicles, shared mobility, and beyond.</p>
<p>Deloitte und zhaw – Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Management and Law (2016) Die Sharing Economy in der Schweiz: mehr, weniger oder neue Regulierungen? Zürich.</p>
<p>Deutsche Bundesregierung (2015) Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einhalten. Berlin.</p>
<p>Dobusch L. (2016) Plattformökonomie zwischen neuen Monopolen und Sharing Economy.</p>
<p>Dungs J., Duwe D., Herrmann F., Schmidt A., Stegmüller S., Gaydoul R., Peters L. and Sohl M. (2016) The Value of Time. Nutzerbezogene Service-Potenziale durch autonomes Fahren. Fraunhofer IAO. München.</p>
<p>EBP Schweiz AG (2018) Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz – Update 2018. EBP-Grundlagen, EBP-Hintergrundbericht. Zollikon.</p>
<p>EBP Schweiz AG (2019) Verkehr der Zukunft 2060: Langfristige Wechselwirkungen Verkehr und Raum. Forschungsprojekt SVI 2017/002 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI). Zürich.</p>
<p>EBP Schweiz AG und Rapp Trans AG (2018) Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr. Forschungsprojekt SVI 2017/003 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI). Zürich.</p>
<p>Ecoplan und kw (2017) Chancen und Risiken einer Öffnung des Zugangs zum öV-Vertrieb. Im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr. Altdorf, Bern und Berlin.</p>

<p>Ecoplan (2018) Abschätzung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung für die Mobilität. Machbarkeitsstudie zuhandend es Bundesamtes für Raumentwicklung. Bern.</p>
<p>Ecoplan (2019) Daten als Infrastruktur für multimodale Mobilitätsdienstleistungen. Zuhanden des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo. Bern.</p>
<p>Ecoplan und Metron (2011) Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum. Forschungsauftrag SVI 2007/001 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI). Bern und Zürich.</p>
<p>Electrosuisse, e'mobile und VSE (2012) Anschluss finden. Elektromobilität und Infrastruktur. Bern.</p>
<p>Ethik-Kommission (2017) Automatisiertes und vernetztes Fahren. Eingesetzt durch den Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin.</p>
<p>EZV (2019) Steuersätze für die wichtigsten Treib- und Brennstoffe. Bern.</p>
<p>Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019) The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. The Urban Book Series. Cham.</p>
<p>Finger M., Bert N. und Kupfer D. (2015) Mobility-as-a-Service: From the Helsinki experiment to a European Model?. European Transport Regulation Observer. Florenz.</p>
<p>Frei C. (2017) Elektromobilität – wo stehen wir heute? bulletin.ch</p>
<p>Gather M., Vollrath Ch. und You Z. (2018) Die Quote als Antrieb für E-Fahrzeuge in China. In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 Juni 2018, S. 19 – 22.</p>
<p>Gunningham, N., & Grabosky, P. (1998) Smart regulation. Designing environmental policy. New York: Oxford University Press.</p>
<p>Häberli S. und Müller T. (2018) Autonomes Fahren ist noch ein Luftschloss. In: Neue Zürcher Zeitung, 21. April 2018, S. 32.</p>
<p>Hajer M. (2003) Policy without polity? Policy analysis and the institutional void. In: Policy Sci 36 (2), S. 175–195.</p>
<p>Hamann R., Knöll V., Schimanski Th., Schulz S. und Bayer S. (2019) (E-)Kleinstfahrzeuge – Tech-Blase oder Verkehrsrevolution? In: Internationales Verkehrswesen (71) 3 2019, S. 48 – 53.</p>
<p>Hasselwander M. (2019) MaaS in Deutschland. Ausblick und Implikationen für den öffentlichen Verkehr. In: Internationales Verkehrswesen (71) 2 2019, S. 59 - 63.</p>
<p>Heine A. (2019) Wie sieht die Zukunft der Transportlogistik aus. In: Internationales Verkehrswesen (71) 1 2019, S. 34 – 35.</p>
<p>Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie Verkehr, und Landesentwicklung (2016) Sharing-Konzepte für ein multioptionales Mobilitätssystem. Zentrale Ergebnisse und Handlungsempfehlungen für die Region FrankfurtRheinMain.</p>
<p>Hofmann E. und Mathauer M. (2018) Wettbewerbskräfte im Logistikmarkt der Zukunft. Auswirkungen der Digitalisierung auf die Geschäftsmodelle von Third-Party Logistics Providern. In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 2018, S. 37 – 39.</p>

<p>Hörl S., Becker F., Dubernet Th. und K.W. Axhausen (2018) Induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge: Eine Abschätzung. Forschungsprojekt SVI/2016/001 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich.</p>
<p>Infras (2018) Forschungspaket Verkehrs der Zukunft (2060), Inputpapier 2 der Paketeleitung. Zürich.</p>
<p>Infras Forschung und Beratung (2019) Verkehr der Zukunft 2060: Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage. Forschungsprojekt SVI 2011/003 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehringenieure und Verkehrsexperten (SVI). Zürich.</p>
<p>INFRAS, Rapp Trans AG und Kurt Moll (2012) Regulierung des Güterverkehrs – Auswirkungen auf die Transportwirtschaft. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D. Forschungsauftrag SVI 2009/004 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehringenieure und der Verkehrsexperten. Zürich.</p>
<p>Interface Politikstudien Forschung Beratung, Universität Zürich – Sozialforschungsstelle und w-planung GmbH (2019) Verkehr der Zukunft 2060: Demografische Alterung und Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems. Forschungsprojekt SVI 2017/001 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehringenieure und Verkehrsexperten (SVI). Luzern.</p>
<p>ITF – International Transport Forum (2018) Cooperative Mobility Systems and Automated Driving: Summary and Conclusions. ITF Roundtable Reports, No. 167, OECD Publishing. Paris.</p>
<p>ITF – International Transport Forum (2019) Regulating App-Based Mobility Services: Summary and Conclusions. ITF Roundtable Reports, No. 175, OECD Publishing. Paris.</p>
<p>ITF – International Transport Forum, CPB – Corporate Partnership Board (2017) Data-led Governance of Road Freight Transport. Improving compliance. Corporate Partnership Board Report. Paris.</p>
<p>ITF – International Transport Forum, CPB – Corporate Partnership Board (2016a) App-Based Ride and Taxi Services. Principles for Regulation. Corporate Partnership Board Report. Paris.</p>
<p>ITF – International Transport Forum, CPB – Corporate Partnership Board (2016b) Data-Driven Transport Policy. Corporate Partnership Board Report. Paris.</p>
<p>ITF – International Transport Forum, CPB – Corporate Partnership Board (2015a) Automated and Autonomous Driving. Regulation under uncertainty. Corporate Partnership Board Report. Paris.</p>
<p>ITF – International Transport Forum, CPB – Corporate Partnership Board (2015b) Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic. Corporate Partnership Board Report. Paris.</p>
<p>Jermann J. (2017) Wir haben es mit einem epochalen Ringen um die Hoheit im Strassenverkehr zu tun. In: NZZ – Neue Zürcher Zeitung, Ausgabe vom 14. Dezember 2017, S. 15.</p>
<p>Jockel O. und Stommel S. (2018) Blockchain-Anwendungen in der Logistik. In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 2018, S. 82 – 87.</p>
<p>Kalis M. und Wilms S. (2019) Alternativer Flugturbinentreibstoff. In: Internationales Verkehrswesen (71) 3 2019, S. 12 – 14.</p>
<p>Kanton Schaffhausen (2020) Chancen der Elektromobilität. Im Internet: https://sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Behörde/Verwaltung/Baudepartement/Departementssekretariat-Baudepartement/Energiefachstelle-3655154-DE.html</p>
<p>Kaup S. und Demircioglu A. (2017) Von der Crowd-Logistik hin zu einem ganzheitlichen Ansatz hocheffizienten Warentransports.</p>

Kern M. (2017)
Die Konzession im öffentlichen Verkehr. Tagung öV – Recht für die Praxis: Konzession / Beschaffungen / Betriebspflicht vom 2. November 2017. Zentrum Paul Klee, Bern.

Kockelman K., Boyles S., Stone P., Fagnant D., Patel R., Levin M.W., Sharon G., Simoni M., Albert M., Fritz H., Hutchinson R., Bansal P., Domeneko G., Bujanovic P., Kim B., Pourrahmani E., Agrawal S., Li T., Hanna J., Nichols A. and Li J. (2017)
An Assessment of Autonomous Vehicles: Traffic Impacts and Infrastructure Needs. Final Report. University of Texas at Austin. Austin.

Krämer A. (2018)
Die Mobilisierung von preissensibler Nachfrage in einer digitalisierten Welt. Die Entstehung von vier Quasi-Monopolen im deutschen Fernverkehrsmarkt. In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 | 2018, S. 16 – 20.

Kummer S. und Stefanov S. (2019)
Öffentlicher Verkehr und Taxis. Dienstleistungen im öffentlichen Interesse zur Daseinsvorsorge – Teil 1. In: Internationales Verkehrswesen (71) 4 | 2019, S. 14 – 18.

Leeb R. (2018)
Neukonzeption der Forschung im Strassenwesen. In: Strasse und Verkehr Nr. 11 2018, S. 6 – 13.

Linden E. und Wittmer A. (2018)
Zukunft Mobilität: Gigatrend Digitalisierung und Megatrends der Mobilität, Universität St. Gallen / Center for Aviation Competence.

Lohmann M. (2015)
Höheres Haftungsrisiko für Hersteller selbstfahrende Fahrzeuget. In: NZZ – Neue Zürcher Zeitung, <https://www.nzz.ch/meinung/hoeheres-haftungsrisiko-fuer-hersteller-selbstfahrender-fahrzeuge-id.1378815>

Lohmann M.F. (2015)
Erste Barriere für selbstfahrende Fahrzeuge überwunden – Entwicklungen im Zulassungsrecht. In: sui-generis 2015, S. 135

Ludwig-Bölkow-Stiftung (2019)
Infrastrukturbedarf E-Mobilität. Analyse eines koordinierten Infrastrukturausbaus zur Versorgung von Batterie- und Brennstoffzellen-Pkw in Deutschland. Bericht zum Forschungsprojekt der Ludwig-Bölkow-Stiftung gefördert durch die ADAC Stiftung. Unterstützt durch Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH und Fraunhofer IOSB-AST. Ottobrunn

McKinsey (2016)
Automotive revolution perspective towards 2030.

Meincke P.A. (2019)
[Integration unbemannter Frachtflugzeuge in die Logistikkette. Autonome Konzepte für die Frachtabfertigung und deren Einfluss auf die zukünftige Logistikkette.](#) In: Internationales Verkehrswesen (71) 1 | 2019, S. 42 - 46.

Meyer J., Bösch P.M, Becker H. und K.W. Axhausen (2016)
Erreichbarkeitswirkungen autonomer Fahrzeuge. Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung 1229, IVT Zürich.

Mladenovic M. N. (2019)
How Should We Drive Self-driving Vehicles? Anticipation and Collective Imagination in Planning Mobility Futures. Spatial Planning and Transportation Engineering, Department of Built Environment, Aalto University, Espoo, Finland. In: Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019), The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. S. 103 – 122. The Urban Book Series. Cham.

Montero J.J. (2019)
Regulating Transport Platforms: The Case of Carpooling in Europe. In: Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019). The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. The Urban Book Series. P. 13 – 36. Cham.

NACTO – National Association of City Transportation Officials (2017)
Blueprint for Autonomous Urbanism. Module 1. Designing Cities Edition. New York.

<p>NTC Australia – National Transport Commission (2016a) Regulatory barriers to more automated road and rail vehicles. Issue Paper. Melbourne.</p>
<p>NTC Australia – National Transport Commission (2016b) Land Transport Regulation 2040. Background and supplementary questions on regulation and transport. Foundation Paper. Melbourne.</p>
<p>OECD (2018) Maintaining competitive conditions in the era of digitalisation. Paris.</p>
<p>OECD (2019) An Introduction to Online Platforms and their Role in the Digital Transformation. Paris.</p>
<p>Perret F., Arnold T., Fischer R., de Haan P. und Haefeli U. (2020) Automatisiertes Fahren in der Schweiz: Das Steuer aus der Hand geben? TA-SWISS 71/2020. Zürich.</p>
<p>Prognos (2016) Gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen im Personen- und Güerverkehr bis 2040. Studie im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung ARE. Bern.</p>
<p>Puche M. L. (2019) Regulation of TNCs in Latin America: The Case of Uber Regulation in Mexico City and Bogota. In: Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019), The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. S. 37 – 53. The Urban Book Series. Cham.</p>
<p>Rapp Trans AG (2020) Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion. Forschungsprojekt SVI 2017/006 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI).</p>
<p>Rees D. (2018) Digitalisierung in Mobilität und Verkehr. Schiene und öffentlicher Verkehr. Bingen und Hamburg.</p>
<p>Rietmann N. and Lieven Th. (2019) A Comparison of Policy Measures Promoting Electric Vehicles in 20 Countries. Institute for Customer Insight, University of St. Gallen. In: Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019), The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. S. 125 – 145. The Urban Book Series. Cham.</p>
<p>Ryghaug M. and Skolsvold T. M. (2019) Nurturing a Regime Shift Toward Electro-Mobility in Norway. Department of Interdisciplinary Studies of Culture, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. In: Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019), The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. S. 125 – 145. The Urban Book Series. Cham.</p>
<p>SBFI – Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (2019) Herausforderungen der künstlichen Intelligenz. Bericht der interdepartementalen Arbeitsgruppe «Künstliche Intelligenz» an den Bundesrat. Bern.</p>
<p>Schauer O. (2017) ATROPINE – Fast track to the physical internet. Graz.</p>
<p>Schnieder L. und Hosse R.S. (2018) Zulassung hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge. Die Rolle von Produktregulierungen, Konformitätsbewertung, Produktbeobachtung und Marktüberwachung. In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 2018, S. 24 – 26.</p>
<p>Schultz M., Temme A. und Kügler D. (2018) Unbemannter Frachttransport im Luftverkehrssystem. In: Internationales Verkehrswesen (70) 2 2018, S. 40 – 42.</p>
<p>Seum S., Winkler Ch., Kuhnimhof T. und Ehrenberger S. (2019) Verkehr und seine Umweltwirkungen. Szenarien für Deutschland 2040. In: Internationales Verkehrswesen (71) 2 2019, S. 49 - 53.</p>

<p>Skopek D. (2019) Automatisiertes Fahren in der Gütertransportlogik. Durchbruch oder Sargnagel für den Schienengüterverkehr? In: Internationales Verkehrswesen (71) 1 2019, S. 56 – 59.</p>
<p>Smith G., Sochor J. and Karlsson M.-A. (2017) Mobility as a Service : Implications for future mainstream public transport. Gothenburg.</p>
<p>Stark S. (2019) Schiene 4.0. Die Vorteile der digitalen Schiene übertreffen deutlich die Herausforderungen. In: Internationales Verkehrswesen (71) 1 2019, S. 20 – 23.</p>
<p>TCS – Touring Club der Schweiz (2018) Datenkrake Auto. In: touring, September 2018, S. 28 – 29.</p>
<p>Temerowski D. und Weismann F. (2019) Digitale Begleiter sorgen für Transparenz in der Logistikkette. In: Internationales Verkehrswesen (71) 2 2019, S. 36 – 37.</p>
<p>Topp H. (2019) Mobilität 2042 – die Verkehrswende beginnt heute. Betrachtungen zur Mobilität der Zukunft. In: Internationales Verkehrswesen (71) 4 2019, S. 12 – 13.</p>
<p>Transitec AG, Eckhaus AG und Ecoplan AG (2020) Verkehr der Zukunft 2060: Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft. Forschungsprojekt SVI 2017/004 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI). Bern.</p>
<p>UVEK – Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2018a) Multimodale Mobilitätsdienstleistungen. Massnahmenpläne: Mobilitätsdaten und Öffnung Vertrieb weiterer Mobilitätsanbieter ausserhalb des öV. Bern.</p>
<p>UVEK – Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2018b) Multimodale Mobilitätsdienstleistungen. Erläuternder Bericht zur Eröffnung des Vernehmlassungsverfahrens. Bern.</p>
<p>UVEK – Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2018c) Bereitstellung und Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr. Bern.</p>
<p>VDL Containersystemen (ohne Datum) Automated Guided Vehicle. Im Internet: http://www.vdlcontainersystemen.com/?page/4496632/AGV.aspx</p>
<p>Verband der Automobilindustrie (2009) Antriebe und Kraftstoffe der Zukunft.</p>
<p>Viergutz K., Brost M., Gebhardt L. und Karnahl K. (2019) On-demand-Mobilität – ein Lösung für alle? In: Internationales Verkehrswesen (71) 4 2019, S. 76 – 79.</p>
<p>Voege T. (2019) Data-Led Governance of Self-driving Vehicles für Urban Shared Mobility. ITF-OECD. In: Finger M. and Audouin M. (Eds.) (2019), The Governance of Smart Transportation Systems. Towards New Organizational Structures for the Development of Shared, Automated, Electric and Integrated Mobility. S. 81 – 101. The Urban Book Series. Cham.</p>
<p>Vuitton J und Hecht M. (2019) Alternative Antriebe im SPNV zum Dieselerersatz. In: Internationales Verkehrswesen (71) 3 2019, S. 42 – 45.</p>
<p>Wehle P. (2019) Zunehmende Elektrifizierung als Beitrag einer emissionsärmeren Luftfahrt. In: Internationales Verkehrswesen (71) 3 2019, S. 69 – 71.</p>
<p>Wille Ch., Ruppe S., Wesemeyer D. und Neuner H. (2019) Autonome Kleinstfahrzeuge integrieren. Kooperatives Steuerverfahren zur Integration kleiner mobiler Roboter in den verkehrssicheren und qualitätsoptimierten Verkehrsablauf und Implementierung in einer Laborumgebung. In: Internationales Verkehrswesen (71) 2 2019, S. 42 - 45.</p>
<p>Wittmer A. und Linden E. (2017) Die Zukunft der Mobilität. In: Schweizer Jahrbuch für Verkehr 2017, S. 117-133.</p>

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: 18.08.2020

Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2017/005

Projekttitel: Verkehr der Zukunft 2060: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem

Enddatum: 18.08.2020

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Im Verkehrsbereich zeichnen sich grundlegende Umwälzungen ab. Gründe dafür sind die zunehmende Automatisierung der Fahrzeuge, das vermehrte Sharing von ihnen und damit das Aufkommen von neuen Mobilitätsdienstleistungen sowie die Abkehr vom Verbrennungsmotor. Diese Entwicklungen werden durch das Regulativ inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs beeinflusst, sie stellen es aber auch vor grosse Herausforderungen. Letzteres gilt auch für die Verkehrsfinanzierung der Schweiz, die auf den Verkehr der Zukunft ausgerichtet werden muss. Die wichtigsten Projektergebnisse in zehn Kernaussagen:

- 1) Die Zulassung von (voll)automatisierten Fahrzeugen wird grundsätzliche und in der Umsetzung anspruchsvolle Änderungen im Zulassungsverfahren notwendig machen. Eine enge internationale Koordination ist unerlässlich.
- 2) Mobilitätsvermittler und Betreiber von Robo-Taxi-Flotten können zu wichtigen Akteuren im Verkehrsmarkt werden. Teilweise neue und "verkehrsfremde" Akteure werden mit neuen Geschäftsmodellen auf den Markt drängen und die aktuellen Akteure (v.a. im ÖV) herausfordern. Über die Regulierung wird entschieden werden, welche Rolle diese mitunter ausländischen Akteure spielen können und sollen.
- 3) Der Verkehr der Zukunft eröffnet neue Optionen für private kommerzielle Lösungen, auch im Infrastrukturbereich. Die Regulierung wird verstärkt auf gewinnorientierte Akteure ausgerichtet sein müssen.
- 4) Wegen veränderten Wettbewerbsverhältnissen werden das Konzessions- und Bewilligungswesen sowie das Bestellwesen neu und räumlich differenzierter ausgestaltet werden müssen.
- 5) Die Infrastrukturentwicklung wird noch länger mit Unsicherheiten bezüglich der positiven Kapazitätseffekte des Verkehrs der Zukunft leben müssen. Mit einer rollenden Planung und Infrastrukturnutzungen kann die Gefahr von "sunk investments" reduziert werden.
- 6) Das Verkehrsfinanzierungssystem der Schweiz muss einnahmenseitig auf eine neue Grundlage gestellt werden. Als Bemessungsgrundlage für Abgaben und Steuern wird die Fahrleistung der Fahrzeuge im Vordergrund stehen müssen.
- 7) Wenn vermehrt private kommerzielle Akteure Mobilitätsdienstleistungen erbringen werden, wird die Preisgestaltungsfreiheit an Bedeutung gewinnen. Das wird zu einer neuen Ausgangslage für Mobility Pricing führen. Das Gleiche gilt für technologische Entwicklungen, die neue Formen der Preisdifferenzierungen ermöglichen.
- 8) "Big Data" eröffnet neue Möglichkeiten für das Verkehrsmanagement. Auch hier dürften private Akteure an Bedeutung gewinnen.
- 9) Bei Anpassungen des Regulativs werden die künftigen hoheitlichen Zuständigkeiten zu diskutieren sein. Es zeichnet sich ein Bedeutungszuwachs der internationalen und nationalen Ebene ab.
- 10) Auch wenn der Verkehr der Zukunft 2060 zeitlich noch in einiger Ferne liegt: Gewisse Regulierungen müssen bereits kurzfristig angegangen werden, andere erst mittel- bis längerfristig. Das Projekt gibt dazu einen umfassenden Überblick und zeigt grundsätzliche Stossrichtungen auf, wie der regulatorische Handlungsbedarf wahrgenommen werden kann.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Das Forschungsprojekt verfolgte im Wesentlichen drei Ziele:

- 1) Überblick über zukünftige Trends in der Verkehrsentwicklung
- 2) Chancen-/Risiko-Analyse für den Verkehr der Zukunft
- 3) Analyse des Regulierungsbedarfs und Stossrichtungen zur Weiterentwicklung des Regulativs

Ausgehend von einem Überblick über die wichtigsten Entwicklungen auf der Nachfrage- und Angebotsseite sowie einem Zielsystem werden im Forschungsbericht die Chancen und Risiken des Verkehrs der Zukunft in insgesamt 12 Zieldimensionen umfassend dargestellt. Ebenfalls breit und detailliert werden in 10 Regulierungsfeldern inner- und ausserhalb des Verkehrsbereichs die Herausforderungen an das Regulativ aufgearbeitet. Zuhanden des Regulators werden strategische Handlungsoptionen aufgezeigt. Schliesslich ist im Rahmen des Projekts ein quantitatives Simulationsmodell entwickelt worden, mit welchem die Auswirkungen von unterschiedlichen Szenarien des Verkehrs der Zukunft auf die Verkehrsfinanzierung Schweiz grob abgeschätzt werden können. Die Projektziele sind damit erreicht worden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Das Projekt zeigt zuhanden des Regulator auf, wie er auf die Herausforderungen des Verkehrs der Zukunft reagieren kann, je nachdem ob er bei der Regulierung auf eine ausgeprägt liberale Stossrichtung (Stossrichtung "laissez-faire") setzen will oder sich stärker als selber handelnder Akteur, als "Steuermann", versteht (Stossrichtung "proaktiv steuern"). Es werden Empfehlungen abgegeben, welche regulatorischen Herausforderungen bereits kurzfristig angegangen werden sollten und bei welchen erst mittel- bis längerfristig ein konkreter Handlungsbedarf entstehen wird. Die Regulierungsdiskussion für den Verkehr der Zukunft steht auch mit dem vorliegenden Forschungsprojekt noch am Anfang. Das Projekt gibt einen breiten Überblick über die anstehenden Themen und zeigt Stossrichtungen für Lösungsansätze auf. In vielen Feldern braucht es noch vertiefende Analysen zur Entwicklung konkreter regulatorischer Lösungen.

Publikationen:

Der vorliegende Forschungsbericht.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Suter

Vorname: Stefan

Amt, Firma, Institut: Ecoplan

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Projekt liefert eine konsistente Übersicht über das Zielsystem der schweizerischen Verkehrspolitik, das als Beurteilungsraster für Anpassungen im Regulativ dient. Der systemische Ansatz hat sich bewährt. Mit dem im Forschungsprojekt erarbeiteten Excel-basierten Modell ist es gelungen, die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Verkehrsentwicklung und den Aufwendungen und Einnahmen der öffentlichen Hand langfristig aufzuzeigen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Modellierung der strassenseitigen Entwicklungen einfacher sind als im Bereich Schiene/ÖV. Die Strukturierung der einzelnen Regulierungsthemen bezieht auch die internationale Ebene und Regulierungsthemen in anderen Politikbereichen mit ein und liefert eine wertvolle Übersicht. Mit den beiden Ansätzen 'laissez faire' und 'proaktive Steuerung' können die Herausforderungen und Spielräume umfassend ausgeleuchtet werden, um eine Agenda für die zukünftige Regulierung abzuleiten. Die Forschungsziele konnten vollumfänglich erreicht werden.

Umsetzung:

Die Erkenntnisse fliessen in den Synthesebericht 'Verkehr der Zukunft' ein. Von besonderem Wert sind dabei die Konkretisierung der Regulierungsthemen und die erarbeitete zukünftige Regulierungsagenda, die als Basis für die Fragestellungen in den einzelnen Politikbereichen dient. Das Forschungsprojekt hat aufgrund des gewählten Themas eine hohe Relevanz für die Umsetzung in den einzelnen Politikbereichen, insbesondere die Infrastrukturpolitik, die zukünftige Ausgestaltung der Strassenverkehrsgesetzgebung, des Haftungsrechts sowie den Entwicklungsbedarf des Regulativs im öffentlichen Verkehr (z.B. Personenverkehrsgesetz, SBB-Gesetz).

weitergehender Forschungsbedarf:

Das Forschungsprojekt hat den Forschungsbedarf nicht konkretisiert. Verfehlungspotenzial haben der Evaluationsbereich (Zielsystem Mobilität der Zukunft) und die Modellierung von Zusammenhängen zwischen Verkehrsnachfrageentwicklung, Entwicklung der Angebotsformen und Entwicklung der Kosten und Erträge aus verschiedenen Blickwinkeln (Staat, Infrastrukturbetreiber, Transportunternehmungen). Weiterer Forschungsbedarf lässt sich orten in der Akzeptanzforschung (Zusammenhang Akzeptanz und Regulierungsthemen) und in der systematischen Konkretisierung von einzelnen Regulierungsthemen: Konzeptionen (z.B. Mobility Pricing), Auswirkungen, rechtliche und politikwissenschaftliche Analysen.

Einfluss auf Normenwerk:

kein Einfluss auf Normenwerk.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Kilcher

Vorname: Daniel

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Arbeitshilfen, Formulare, Merkblätter --> Formulare*) heruntergeladen werden.

SVI Publikationsliste

Die Liste kann bei der [SVI](#) bezogen werden.