



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Erkenntnisse und Massnahmen aus Sicht des ASTRA

**Effets de la conduite automatisée - Conclusions et mesures
du point de vue de l'OFROU**

**Impacts of automated driving - Insights and measures from
the viewpoint of FEDRO**

Bundesamt für Strassen ASTRA

**Forschungsprojekt ASTRA 2017/004 auf Antrag des Bundesamtes für
Strassen (ASTRA)**

Oktober 2020

1691

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)

Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Erkenntnisse und Massnahmen aus Sicht des ASTRA

**Effets de la conduite automatisée - Conclusions et mesures
du point de vue de l'OFROU**

**Impacts of automated driving - Insights and measures from
the viewpoint of FEDRO**

Bundesamt für Strassen ASTRA

**Forschungsprojekt ASTRA 2017/004 auf Antrag des Bundesamtes für
Strassen (ASTRA)**

Oktober 2020

1691

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Paketleitung

Hauke Fehlberg
Sigrid Pirkelbauer

Begleitkommission

Präsident

Erwin Wieland, ASTRA

Mitglieder

Annette Antz, SBB Langfristig integrierte Mobilitäts- und Arealentwicklung
Prof. Dr. Dirk Bruckmann, Hochschule Rhein-Waal
Thierry Chanard, GEA valloton et chanard sa
Christian Egeler, Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Burkhard Horn, Mobilität & Verkehr – Strategie & Planung
Dr. Arnd König, Amt für Verkehr, Kanton Zürich
Alexander Lehrmann, Sunrise Communications AG
Markus Liechti, Bundesamt für Verkehr BAV
Martina Müggler, PostAuto AG, Strategie und Innovation
René Neuenschwander, Ecoplan AG
Dr.-Ing. Thomas Sauter-Servaes, ZHAW School of Engineering

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	13
	Summary	19
1	Einleitung	25
2	Überblick über das Forschungspaket	29
2.1	Aufbau des Pakets und Ablauf der Arbeiten	29
2.2	Aufgaben der Teilprojekte	30
2.3	Würdigung des Forschungspakets	32
2.4	Verhältnis zum Forschungspaket Verkehr der Zukunft 2060.....	33
3	Wichtige Erkenntnisse aus der Forschung	35
3.1	Flottendurchdringung mit hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen	35
3.2	Verkehrswirkungen im Siedlungsraum	37
3.3	Kapazitätswirkungen auf Nationalstrassen und im nachgelagerten Strassennetz	38
3.4	Kollektive Formen des Mobilitätsangebots	38
3.5	Wettbewerbsfähigkeit des öffentlichen Verkehrs	40
3.6	Datengesteuertes Verkehrsmanagement	40
3.7	Raumwirkungen	41
3.8	Dynamik und Unsicherheiten in der Entwicklung.....	42
4	Zielbild für eine erwünschte Entwicklung der Mobilität mit automatisierten Fahrzeugen	43
4.1	Automatisiertes Fahren ist möglich	43
4.2	Umgang mit Mischverkehr ist sichergestellt.....	44
4.3	Kollektive Nutzung von automatisierten Fahrzeugen ist unterstützt	45
4.4	Gravierendste Engpässe auf dem Nationalstrassennetz sind beseitigt	46
4.5	Öffentlicher Verkehr geht aus Transformation gestärkt hervor	47
4.6	Der Verkehr wird vorausschauend gelenkt	48
4.7	Staat und AF-Stakeholder handeln agil	48
5	Massnahmen zum Erreichen des Zielbildes	51
5.1	Staatliches Handeln ist nötig.....	51
5.2	Fünf Handlungsfelder sind betroffen	51
5.3	Einführung automatisierter Fahrzeuge ist ermöglicht	53
5.4	Mischverkehr ist ermöglicht und die Phase mit Mischverkehr verkürzt	54
5.5	Kollektive Nutzung ist gefördert und multimodal integriert.....	54
5.6	Potenzial zur effizienten Nutzung der Verkehrsflächen und Verkehrsangebote ist genutzt.....	55
5.7	Öffentlicher Verkehr ist gestärkt.....	56
5.8	Agilität im Vorgehen und Verhalten	56
6	Schlussbetrachtungen	57
	Anhänge	61
	Glossar	67
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	70

Zusammenfassung

Das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Die Digitalisierung wird die Mobilität in den nächsten Jahren und Jahrzehnten grundlegend verändern. Der Einfluss der des automatisierten Fahrens dürfte besonders stark sein. Die Nutzung automatisierter Fahrzeuge weist beträchtliche Chancen aber auch Risiken auf. Was überwiegt, hängt stark davon ab, ob die Fahrzeuge vorwiegend kollektiv oder individuell genutzt werden.

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) befasst sich bereits seit mehreren Jahren mit diesen neuen Herausforderungen. Im Rahmen dieser Tätigkeiten hat es das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» lanciert und durchgeführt. Die Ergebnisse des Pakets verdeutlichen, dass der Staat die Einführung automatisierter Fahrzeuge nicht einfach «sich selbst» resp. dem Markt überlassen darf. Um die absehbaren Entwicklungen in geordnete Bahnen zu lenken, muss er frühzeitig ordnend eingreifen und die Entwicklungen begleiten.

Der vorliegende Handlungsrahmen fasst die wesentlichen Erkenntnisse der sechs Forschungsprojekte aus Sicht der Fachbehörde für die Strasseninfrastruktur und den individuellen Strassenverkehr zusammen und leitet daraus Handlungsgrundsätze sowie Massnahmen ab. Er spricht in erster Linie das ASTRA und erst in zweiter die Bundesverwaltung an. Anderen Stakeholdern gibt er eine Orientierung über die Vorstellungen, die das ASTRA bei der Einführung des automatisierten Fahrens leiten sollen. Ein Synthesebericht des Forschungspaket¹ sowie die Schlussberichte der Teilprojekte liegen separat vor².

Erkenntnisse und Handlungsgrundsätze

Flottendurchdringung dauert länger als erwartet

Die Untersuchungen zeigen, dass die Flottendurchdringung mit hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen länger dauert als bisher erwartet. Je nach getroffenen Annahmen werden im Jahr 2050 immer noch 40 bis 70 Prozent der Fahrzeuge vom Menschen gelenkt werden. Die grosse Spanne zeigt, dass die Geschwindigkeit der Flottendurchdringung beeinflusst werden kann.

Auch auf Strassen ausserhalb des Siedlungsraums muss sich die Schweiz also auf eine längere Phase mit unterschiedlich stark automatisierten sowie konventionell gelenkten Fahrzeugen einstellen. Innerhalb der Siedlungsgebiete stellt der Mischverkehr mit zu Fuss Gehenden und Zweiradfahrenden eine dauerhafte Herausforderung dar. Für beide Fälle sind Lösungen zu finden, die ein sicheres und funktionierendes Nebeneinander aller Verkehrsteilnehmender ermöglichen.

Automatisierte Fahrzeuge können zu beträchtlichem Mehrverkehr führen

Die Nutzung automatisierter Automobile ist sehr attraktiv und im Falle von automatisierten Taxis auch preiswert. Ihre unbeeinflusste Nutzung führt zu übermässigem Mehrverkehr, den insbesondere die Städte und Agglomerationen nicht bewältigen können. Um eine solche Entwicklung zu verhindern, muss die kollektive Nutzung hochautomatisierter Fahrzeuge gefördert werden. Ergänzend braucht es griffige Instrumente zur Beeinflussung der Verkehrsnachfrage.

¹ Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 1: Nutzungsszenarien und Auswirkungen

² Auswirkungen des automatisierten Fahrens. www.mobilityplatform.ch

Engpässe im Strassennetz bleiben bestehen

Um die Potenziale automatisierter Fahrzeuge zur effizienteren Nutzung der Verkehrsflächen nutzen zu können, braucht es eine hohe Durchdringung der Automobilflotte mit automatisierten Fahrzeugen. Bis zum Jahr 2050 wird die Durchdringung nicht ausreichen, um die absehbaren Engpässe im Strassennetz zu beseitigen. Die erzielbaren Kapazitätssteigerungen und der höhere Anteil an kollektiv genutzten selbstfahrenden Automobilen werden die Stauproblematik auf den Nationalstrassen und dem nachgelagerten Strassennetz trotz eines weiteren, allgemeinen Verkehrswachstums zwischenzeitlich zwar etwas entschärfen, lösen werden sie die Engpässe aber nicht. Zudem braucht es auf den Autobahnen für die schrittweise Einführung automatisierter Fahrzeuge mehr betriebliche Flexibilität. Beides bedingt einen weiteren gezielten Ausbau des Strassennetzes.

Neue Formen kollektiver Mobilitätsangebote bieten Chancen

Die Digitalisierung und die Automatisierung ermöglichen neue und vielversprechende Formen kollektiver Mobilität. Die neuen Angebotsmöglichkeiten ermöglichen eine wesentlich effizientere Abwicklung der Mobilität und können dazu beitragen, dass weniger automatisierte Autos privat angeschafft werden. Dies bedingt, dass kommerzielle kollektive Transportdienstleistungen mit hochautomatisierten Fahrzeugen zugelassen und umfassend ins multimodale Mobilitätssystem integriert werden.

Dem «klassischen» öffentlichen Verkehr erwächst starke Konkurrenz

Durch automatisierte Fahrzeuge wird die individuelle Mobilität noch preiswerter und attraktiver. Mit kollektiv genutzten automatisierten Taxifloten wird dem klassischen öffentlichen Verkehr auch in den dicht besiedelten Räumen eine namhafte Konkurrenz entstehen. Um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben, muss der öffentliche Verkehr die Möglichkeiten der Digitalisierung und der Automatisierung konsequent nutzen, um noch effizienter zu werden und seine Angebote weiterzuentwickeln. Unterstützend muss die öffentliche Hand wirkungsvolle Steuerungsinstrumente einführen und die Wettbewerbsfähigkeit kollektiv genutzter Mobilitätsangebote unterstützen.

Pooling von Reisenden gewinnt an Bedeutung

Die Erhöhung des Besetzungsgrades z. B. durch Ride-Pooling ist ein zentraler Ansatz zur Bewältigung der Mobilität mit automatisierten Fahrzeugen. Gegenwärtig fehlen Simulationsmodelle, die ein erfolgreiches Geschäftsmodell entwickeln lassen. Im Weiteren braucht das Ride-Pooling eine deutlich höhere Akzeptanz, um potenzielle Fahrgäste in grösserem Umfang für ein Ride-Pooling oder ein On-Demand-Angebot «zusammenzuführen».

Zusätzliche Daten bieten Perspektiven für das Verkehrsmanagement

Automatisierte Fahrzeuge generieren umfassende und teilweise neue Datensätze. Besonders interessant sind die Datensätze zur Bewegung der Fahrzeuge und zu den gewünschten Destinationen der Insassen. Diese Datensätze schaffen zusammen mit der Möglichkeit, automatisierte Fahrzeuge von aussen direkt beeinflussen zu können, neue Potenziale für ein vorausschauendes und wirkungsvolleres Verkehrsmanagement. Dieses Potenzial gilt es Verkehrsträger übergreifend zu nutzen.

Kein namhafter Treiber für eine weitere Zersiedelung

In der Schweiz übt etwa ein Drittel der Pendler Tätigkeiten aus, die nicht im Auto erledigt werden können. Im Weiteren zeigt die Analyse, dass sich die Länge, die Dauer und die Autobahnanteile einer typischen Pendlerstrecke für das Arbeiten im Auto nicht eignen.

Entsprechend gering ist in der kleinräumigen und gebirgigen Schweiz das Potenzial, die Pendlerzeit (oder andere Unterwegszeiten) in automatisierten Fahrzeugen fürs Arbeiten zu nutzen. Deshalb wird das automatisierte Fahren in der Schweiz aller Voraussicht nach zu keinem wichtigen Treiber für die Zersiedelung des ländlichen Raums. Die Entwicklung muss aber im Auge behalten werden.

Hohe Dynamik und Unsicherheiten erfordern Agilität

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind keine wirklich verlässlichen Aussagen über die Wirkungen von automatisierten Fahrzeugen möglich; bei den Aussagen im Bericht handelt es sich um begründete Schätzungen. Im Umgang mit diesen Unsicherheiten müssen alle Beteiligten ein hohes Mass an Agilität zeigen und die Werthaltigkeit der getroffenen Annahmen

periodisch überprüfen. Um Rahmenbedingungen richtig setzen und erfolgversprechende Regulierungen formulieren zu können, müssen die Behörden praktische Erfahrung mit dem Einsatz von (hoch-)automatisierten Fahrzeugen auf schweizerischen Strassen gewinnen können.

Zielbild für eine erwünschte Entwicklung der Mobilität mit automatisierten Fahrzeugen

Das Zielbild stellt einen wünschbaren Zustand für ein Strassenverkehrssystem mit automatisierten Fahrzeugen im Zeithorizont 2050 dar. Es fokussiert auf die verkehrlichen Belange des automatisierten Fahrens. Weitere wichtige Aspekte wie der Klimaschutz oder die Energieeffizienz wurden bewusst weggelassen. Zum einen, um die Komplexität des Zielbildes überschaubar zu halten. Zum anderen in der festen Überzeugung, dass für die Bewältigung der verkehrlichen Belange erhebliche Effizienzsteigerungen unabdingbar sind. Von diesen werden das Klima und die Energieeffizienz in vergleichbarem Umfang profitieren.

Automatisiertes Fahren ist möglich

Im Jahr 2050 sind in der Schweiz für den Personen- und den Güterverkehr automatisierte und elektronisch vernetzte Fahrzeuge im Einsatz. Der selbstlernende und gemeinsam von den Beteiligten betriebene Datenverbund liefert die notwendigen Daten und Informationen für einen sicheren Betrieb dieser Fahrzeuge. Bei Störungen des automatisierten Betriebs kommen vorbereitete Rückfallebenen zum Einsatz.

Das Nebeneinander aller Verkehrsteilnehmenden ist gewährleistet

Die konsequente Förderung kollektiv genutzter automatisierter Fahrzeuge hat zu einer rascheren Erneuerung der Fahrzeugflotte geführt und die Phase mit Mischverkehr auf den Autobahnen und Überlandstrassen verkürzt. Dank der hohen Flottendurchdringung werden auf diesen Strassen die Kapazitäten deutlich besser genutzt und die Verkehrssicherheit substantiell erhöht.

Im Siedlungsraum stellt der Mischverkehr mit den zu Fuss Gehenden und den Fahrradfahrenden eine besondere und andauernde Herausforderung dar. In diesen Räumen gelten für automatisierte Fahrzeuge spezielle Regelungen, die der grossen Dichte und Unterschiedlichkeit der Verkehrsteilnehmenden Rechnung tragen.

Alle Verkehrsteilnehmenden sind für die Besonderheiten automatisierter Fahrzeuge sensibilisiert und besitzen die notwendigen Informationen für einen sicheren Umgang mit ihnen. Um dem erhöhten Risiko bei der Einführung zu begegnen, wird der Verkehr während dieser Phasen verstärkt überwacht und es wird, wenn nötig, direkt auf einzelne Fahrzeuge korrigierend eingegriffen.

Ein namhafter Anteil automatisierter Fahrzeuge werden kollektiv genutzt

Neue Software für Ride-Pooling hat den kollektiv genutzten Taxis mit automatisierten Fahrzeugen zum Durchbruch verholfen. Diese neuen und eigenwirtschaftlich betriebenen On-Demand-Angebote sind so komfortabel und preiswert, dass nur noch wenige die automatisierten Fahrzeuge privat nutzen. Mit diesem «kommerziellen kollektivem Verkehr» hat sich zwischen dem privaten Individualverkehr und dem klassischen öffentlichen Verkehr eine dritte Verkehrsart etabliert. Das neue Angebot ist umfassend in die multimodale Mobilität integriert.

Die gravierendsten Engpässe auf dem Nationalstrassennetz sind beseitigt

Die neuralgischen Stellen des Hochleistungsstrassennetzes sind gemäss dem Infrastrukturprogramm des Bundes erweitert. Die zusätzlich geschaffenen Fahrstreifen sind von Beginn an automatisierten Fahrzeugen mit hohem Besetzungsgrad vorbehalten. Wenn sich die Situation erneut verschlechtern sollte, werden an den neuralgischen Stellen des Nationalstrassennetzes nur noch automatisierte und gut besetzte Fahrzeuge zugelassen.

Der öffentliche Verkehr geht aus der Transformation gestärkt hervor

Der klassische öffentliche Verkehr hat die Digitalisierung und die Automatisierung konsequent genutzt, um seine Angebote weiter zu verbessern und die Produktionskosten zu senken. Für längere und gebündelte Verkehre ist die Eisenbahn das Verkehrsmittel erster Wahl. In den Städten und im ländlichen Raum haben kleinere, aber sehr viel flexiblere und bedarfsgerechtere Angebote die früheren Angebote ergänzt und teilweise auch ersetzt.

Die Behörden verfolgen die Preisentwicklungen bei den Transportdiensten sehr sorgfältig. Geht die Preisschere zwischen individuellem und kollektivem Verkehr auf, greifen sie ein. Die Produktivitätseffekte durch die Automatisierung kommen ihnen dabei entgegen. Die monetären Wirkungen der Effektivitätserhöhungen können schrittweise zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs verwendet werden. Höhere Abgaben nutzen die Behörden, um das Verkehrsverhalten der Bevölkerung zugunsten aller zu beeinflussen.

Die Behörden betreiben ein vorausschauendes Verkehrsmanagement

Die Verkehrslenkung in der Schweiz erfolgt durch neutrale Behörden ohne Gewinninteressen. Mit einem vorausschauenden Verkehrsmanagement wird die Nutzung der Verkehrsangebote verkehrsträger- und strassennetzübergreifend optimiert. Von den erzielten Verbesserungen profitieren alle Verkehrsteilnehmenden gleichermassen.

Staat und Stakeholder handeln agil

Das Verkehrssystem ist international abgestimmt. Grenzüberschreitende Verkehre und die Einfuhr von automatisierten Fahrzeugen sind problemlos möglich. Die Behörden sammeln permanent praktische Erfahrungen mit automatisierten Fahrzeugen auf dem öffentlichen Strassennetz. Das erlaubt es ihnen, nötige Massnahmen und Regulierungen sinn- und massvoll zu konzipieren.

Handlungsfelder

Um die Wirkung der Automatisierung in Richtung des Zielbildes zu lenken, besteht in mehreren Bereichen Handlungsbedarf. Die Handlungsfelder fokussieren auf die Aktivitäten der öffentlichen Hand in den Themenfeldern, die in den Teilprojekten des Forschungspakets behandelt wurden. Weitere wichtige Aspekte wie der Klimaschutz, die Energieeffizienz oder die Förderung bestimmter Technologien sind nicht Gegenstand der vorliegenden Betrachtung.

Politik und Behörden müssen in fünf Handlungsfeldern aktiv werden:

- **Einführung automatisierter Fahrzeuge ermöglichen:** In der Schweiz muss die Nutzung automatisierter Fahrzeuge frühzeitig ermöglicht werden. Dafür ist der nötige regulative Rahmen zu schaffen und mit den Bedürfnissen der Gesellschaft abzustimmen. Parallel dazu müssen die zuständigen Stellen die nötigen Infrastrukturseitigen und betrieblichen Voraussetzungen für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge ergreifen. Darunter fällt auch die Initiierung des gemeinsam mit anderen Beteiligten betriebenen Datenverbunds zur Bereitstellung der erforderlichen Daten. Das Handlungsfeld bildet das Fundament für alles weitere staatliche Handeln.
- **Umgang mit Mischverkehr sicherstellen und Phase mit Mischverkehr verkürzen:** Die Schweiz muss sich auch auf den Autobahnen und Überlandstrassen auf eine längere Phase mit Mischverkehr einstellen. Innerhalb der Siedlungsräume werden automatisierte Fahrzeuge dauerhaft mit zu Fuss Gehenden und Zweiradfahrenden zurechtkommen müssen. Für ein jederzeit sicheres und funktionierendes Nebeneinander aller Verkehrsteilnehmenden sind die nötigen Vorkehrungen zu treffen. Gleichzeitig sind Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine möglichst rasche Durchdringung der schweizerischen Fahrzeugflotte mit (hoch)automatisierten Fahrzeugen begünstigen.
- **Kollektive Nutzung fördern und ins Gesamtverkehrssystem integrieren:** Automatisierte Fahrzeuge sollen soweit möglich kollektiv genutzt werden. Der beste-

hende regulative Rahmen ist so anzupassen, dass die Entstehung neuer kollektiver Angebotsformen im kommerziellen privaten sowie im öffentlichen Verkehr möglich ist. Gleichzeitig schafft die öffentliche Hand günstige Rahmenbedingungen für die Integration der kollektiv genutzten automatisierten Fahrzeuge ins Gesamtverkehrssystem.

- **Effiziente Nutzung der Verkehrsflächen sicherstellen:** Das Potenzial automatisierter Fahrzeuge für eine effizientere Nutzung bestehender Verkehrsflächen ist konsequent zu nutzen. Dafür braucht es insbesondere auf den Autobahnen und den Überlandstrassen eine möglichst hohe Durchdringung der schweizerischen Fahrzeugflotte mit hoch automatisierten Fahrzeugen. Um die Flottendurchdringung zu unterstützen, ist auf dem Hochleistungsstrassennetz für die nötige betriebliche Flexibilität zu sorgen. Die zusätzlichen Daten und Informationen automatisierter Fahrzeuge sind für den Aufbau und den Betrieb eines vorausschauenden, verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements zu nutzen.
- **Neue Angebotsformen zur Stärkung des klassischen öffentlichen Verkehrs nutzen:** Für die stark bündelbaren Verkehrsströme wird das Schienenangebot weiter ausgebaut. Zur Weiterentwicklung des flächigen Verkehrs sind Anreize zu schaffen, die die Ergänzung und den allfälligen Ersatz bestehender Angebote im klassischen öffentlichen Verkehr durch neue, bedarfsgerechtere und kostengünstigere begünstigen. Gleichzeitig sorgt die öffentliche Hand dafür, dass die Mobilität durch die Automatisierung nicht noch preiswerter wird und die Preisschere zwischen individuellem und kollektivem Verkehr geschlossen bleibt. Die Abgaben nutzt die öffentliche Hand zur effektiveren Lenkung des Verkehrs.

Im dynamischen und mit grossen Unsicherheiten behafteten Umfeld des automatisierten Fahrens muss die Umsetzung der Massnahmen mit einem **hohen Mass an Agilität** erfolgen. Dieses ist geprägt von verantwortungsvollem Experimentieren, einem raschen Handeln und dem zeitnahen Ergreifen nötiger Korrekturmassnahmen.

Massnahmen

Die Massnahmen je Handlungsfeld betreffen die nachfolgend aufgelisteten Themen:

Handlungsfeld «Einführung automatisierter Fahrzeuge ermöglichen»

- Zusammenarbeit gewährleisten, Grundlagen schaffen, Regulierungen vorbereiten
- Bevölkerung informieren und einbeziehen
- Vernetzung, bzw. kooperatives Fahren ermöglichen
- Digitale Infrastruktur für automatisiertes Fahren bereitstellen

Handlungsfeld «Mischverkehr ermöglichen und Phase mit Mischverkehr verkürzen»

- Verkehrsfluss und Verkehrssicherheit im Mischverkehr gewährleisten
- Durchdringung der Flotte mit automatisierten Fahrzeugen beschleunigen

Handlungsfeld «Kollektive Nutzung fördern und multimodal integrieren»

- Kollektive Nutzung von automatisierten Fahrzeugen unterstützen
- Neue Nutzungsformen in die multimodale Mobilität integrieren

Handlungsfeld «Potenzial zur effizienten Nutzung der Verkehrsflächen nutzen»

- Verbliebene Engpässe beseitigen, betriebliche Flexibilität erhöhen
- Vorausschauendes Verkehrsmanagements weiterentwickeln

Handlungsfeld «Stärkung des öffentlichen Verkehrs»

- Angebote im klassischen öffentlichen Verkehr erweitern und verbessern
- Effektive Preissysteme einführen

Handlungsfeld «Agilität im Vorgehen und Verhalten»

- Agilität in der Gesetzgebung und beim Vorgehen sicherstellen

- Praxistests hochautomatisierter Fahrzeuge unter schweizerischen Bedingungen durchführen

Forschungsbedarf

Weiterer Forschungsbedarf zum automatisierten Fahren wurde in den Themenbereichen Verkehrssicherheit und Funktionsfähigkeit, öffentliche Akzeptanz sowie Verkehrsmodellierung erkannt.

Fazit

Die Einführung automatisierter Fahrzeuge ist unausweichlich, dauert lange und wird zu einer anspruchsvollen Übergangsphase führen. Langfristig überwiegen jedoch die Vorteile. Die Schweiz muss sich vorausschauend auf die neu entstehenden Situationen einstellen. Der Handlungsrahmen bietet dafür eine Orientierungshilfe.

Résumé

Programme de recherche sur les effets de la conduite automatisée

La numérisation va faire évoluer profondément la mobilité dans les années et décennies à venir. L'influence de la conduite automatisée pourrait bien être particulièrement importante à cet égard. Si l'utilisation de véhicules automatisés présente des opportunités considérables, elle comporte également des risques. L'utilisation des véhicules, selon qu'elle sera essentiellement collective ou individuelle, contribuera largement à faire pencher la balance dans un sens ou dans l'autre.

L'Office fédéral des routes (OFROU) prend ces nouveaux défis à bras le corps depuis plusieurs années déjà. Dans le cadre de ces activités, il a lancé et conduit le programme de recherche sur les effets de la conduite automatisée. Les résultats de ce programme montrent que l'État ne peut pas simplement se confier à lui-même la tâche d'introduire des véhicules automatisés ni laisser au marché le soin de le faire. Afin d'encadrer les évolutions prévisibles, il doit régler suffisamment tôt et accompagner le changement.

Le présent cadre d'action synthétise les principaux enseignements tirés des six projets de recherche par l'autorité compétente en matière d'infrastructure et de circulation routières et en dégage des principes d'action ainsi que des mesures. Il s'adresse en premier lieu à l'OFROU, et seulement ensuite à l'administration fédérale. Il renseigne les autres parties prenantes sur les réflexions qui guideront l'OFROU dans le cadre de l'introduction de la conduite automatisée. Un rapport de synthèse sur le programme de recherche et les rapports finaux des projets partiels sont fournis séparément.

Enseignements et principes d'action

Les véhicules automatisés mettent plus de temps que prévu à s'imposer dans le parc automobile

Les études révèlent que les véhicules hautement ou entièrement automatisés mettent plus de temps que prévu à s'imposer dans le parc automobile. Selon les hypothèses avancées, 40 à 70 % des véhicules seront encore conduits par des êtres humains en 2050. Cette large fourchette montre qu'il est possible d'influer sur la rapidité avec laquelle les véhicules automatisés feront leur percée dans le parc automobile.

La Suisse doit donc se préparer à une longue période durant laquelle coexisteront des véhicules disposant de niveaux d'automatisation variables et des véhicules traditionnels, y compris sur les routes à l'extérieur des localités. À l'intérieur des localités, le trafic mixte avec les piétons et les conducteurs de deux-roues constitue un défi permanent. Dans les deux cas, il s'agira de trouver des solutions qui permettront à tous les usagers de la route de cohabiter efficacement et en toute sécurité.

Les véhicules automatisés sont susceptibles de générer un trafic supplémentaire considérable

L'utilisation de véhicules automatisés est non seulement très attrayante, mais également bon marché dans le cas des taxis automatisés. Si elle n'est pas régulée, elle génèrera un trafic supplémentaire excessif que les villes et les agglomérations en particulier ne seront pas en mesure de gérer. Pour prévenir un tel scénario, il est impératif de promouvoir une utilisation collective des véhicules hautement automatisés. En complément, il est nécessaire de disposer d'instruments efficaces pour influencer sur la demande de transport.

Des goulets d'étranglement subsistent sur le réseau routier

Pour pouvoir exploiter le potentiel des véhicules automatisés en matière d'optimisation de l'utilisation des aires de circulation, il est nécessaire que le taux de pénétration des véhicules automatisés dans le parc automobile soit élevé. D'ici à 2050, ce taux ne suffira pas à éliminer les goulets d'étranglement prévisibles sur le réseau routier. Entre-temps, les augmentations de capacité potentielles et la proportion accrue de véhicules autonomes collectifs vont certes légèrement réduire les embouteillages sur les routes nationales et le réseau secondaire malgré la poursuite de la croissance globale du trafic, mais elles ne feront pas disparaître les goulets d'étranglement. Par ailleurs, l'exploitation des autoroutes devra être plus flexible pour permettre l'introduction progressive de véhicules automatisés. Ces deux aspects requièrent un nouvel aménagement ciblé du réseau routier.

De nouvelles formes d'offres de mobilité collective porteuses d'opportunités

La numérisation et l'automatisation ouvrent la voie à de nouvelles formes prometteuses de mobilité collective. Les nouvelles possibilités offertes permettent d'accroître considérablement l'efficacité du processus de mobilité et peuvent contribuer à ce que les particuliers achètent moins de véhicules automatisés. Cela nécessite que les services commerciaux de transport collectif fonctionnant avec des véhicules hautement automatisés soient autorisés et pleinement intégrés dans le système de mobilité multimodal.

Les transports publics « classiques » subissent une concurrence féroce

Les véhicules automatisés vont rendre la mobilité individuelle encore plus attrayante et meilleur marché. Les flottes de taxis automatisés collectifs vont faire sérieusement concurrence aux transports publics classiques, même dans les zones très urbanisées. Pour rester concurrentiels, les transports publics devront exploiter pleinement les possibilités offertes par la numérisation et l'automatisation afin d'être encore plus efficaces et de développer leurs offres. Les pouvoirs publics devront apporter leur soutien en introduisant des instruments de pilotage efficaces et en défendant la compétitivité des offres de mobilité collective.

Le covoiturage prend de l'ampleur

L'augmentation du taux d'occupation des véhicules, notamment grâce au covoiturage (au sens de ride-pooling), est une solution de premier plan pour gérer la mobilité avec des véhicules automatisés. Cependant, il manque actuellement des modèles de simulation permettant de développer un modèle commercial à succès. Par ailleurs, il est nécessaire que le covoiturage soit beaucoup mieux accepté pour réunir un grand nombre de passagers potentiels prêts à voyager ensemble ou à utiliser une offre à la demande.

Des données supplémentaires ouvrent des perspectives pour la gestion du trafic

Les véhicules automatisés génèrent des données détaillées et parfois nouvelles. Celles relatives aux déplacements des véhicules et aux destinations souhaitées des passagers sont particulièrement intéressantes. Associées à la possibilité d'influencer les véhicules automatisés directement depuis l'extérieur, ces données ouvrent de nouveaux horizons dans l'optique d'une gestion anticipative et plus efficace du trafic. Il s'agira d'exploiter ce potentiel sur l'ensemble des modes de transport.

Pas de vecteur important favorisant un nouveau mitage

En Suisse, près d'un tiers des navetteurs exercent des activités qui ne peuvent être accomplies en voiture. En outre, l'analyse montre que la longueur, la durée et les parties sur autoroute d'un trajet classique de navetteur ne se prêtent pas au travail dans la voiture.

De ce fait, le potentiel d'utilisation du temps passé à faire la navette (ou des autres heures passées en déplacement) dans des véhicules automatisés pour travailler est faible dans un pays aussi petit et montagneux que la Suisse. Selon toute vraisemblance, la conduite automatisée en Suisse ne devrait donc pas être un vecteur important favorisant le mitage des zones rurales. Il faudra toutefois surveiller de près l'évolution de la situation.

Les évolutions rapides et les incertitudes requièrent une certaine flexibilité

À l'heure actuelle, il est impossible d'évaluer de manière véritablement fiable l'impact des véhicules automatisés ; les indications figurant dans le rapport sont des estimations fondées. Compte tenu de ces incertitudes, tous les acteurs concernés doivent faire preuve d'une grande flexibilité et contrôler régulièrement la solidité des hypothèses avancées. Pour pouvoir fixer un cadre correctement et édicter des règles vouées à donner de bons résultats, les autorités doivent être en mesure de capitaliser des expériences pratiques en matière d'utilisation de véhicules (hautement) automatisés sur les routes suisses.

Scénario optimal concernant l'évolution souhaitée de la mobilité avec des véhicules automatisés

Le scénario optimal correspond à la situation souhaitable pour un système de transport routier avec des véhicules automatisés à l'horizon 2050. Il se focalise sur les questions de circulation liées à la conduite automatisée. D'autres aspects importants tels que la protection du climat ou l'efficacité énergétique ont été délibérément laissés de côté, d'une part pour que la complexité du scénario reste modérée et, d'autre part, en raison de l'intime conviction que la gestion des problématiques liées au trafic nécessitera inévitablement des gains d'efficacité considérables, qui profiteront autant au climat qu'à l'efficacité énergétique.

La conduite automatisée, c'est possible

En 2050, des véhicules automatisés et interconnectés électroniquement sont utilisés en Suisse pour le transport de personnes et de marchandises. La plate-forme de données intelligente et exploitée conjointement par toutes les parties prenantes livre les données et les informations nécessaires à la sécurité de fonctionnement de ces véhicules. En cas de dysfonctionnements des dispositifs d'automatisation, des systèmes de secours s'activent.

La cohabitation de l'ensemble des usagers de la route est garantie

La promotion systématique des véhicules automatisés collectifs a entraîné un renouvellement rapide du parc automobile et raccourci la phase de cohabitation du trafic mixte sur les autoroutes et les routes en rase campagne. Grâce au taux de pénétration élevé des véhicules automatisés dans le parc automobile, les capacités sont nettement mieux utilisées sur ces routes et la sécurité routière s'en trouve considérablement améliorée.

Dans les zones urbanisées, le trafic mixte incluant les piétons et les cyclistes constitue un défi particulier et permanent. Les véhicules automatisés y sont soumis à des règles spécifiques qui tiennent compte de la forte densité et de la diversité des usagers de la route.

Tous les usagers de la route sont sensibilisés aux particularités des véhicules automatisés et disposent des informations nécessaires pour adopter un comportement sûr. Pour faire face aux risques élevés au moment de l'introduction de ces véhicules, le trafic fait l'objet d'une surveillance renforcée durant cette phase et des mesures correctives sont prises au besoin pour intervenir directement sur certains véhicules.

Une proportion non négligeable de véhicules automatisés est utilisée de manière collective

De nouveaux logiciels destinés au covoiturage (ride-pooling) ont contribué à l'essor des taxis collectifs utilisant des véhicules automatisés. Ces offres à la demande novatrices et rentables sont si commodes et bon marché que peu de personnes continuent d'utiliser les véhicules automatisés à titre privé. Grâce à ces « moyens de transport collectifs commerciaux », un troisième mode de transport s'est imposé au milieu des moyens de transport individuels privés et des transports publics classiques. La nouvelle offre est totalement intégrée à la mobilité multimodale.

Les goulets d'étranglement les plus sévères sont éliminés sur le réseau des routes nationales

Les points névralgiques du réseau des routes à grand débit ont été élargis conformément au programme d'infrastructure de la Confédération. Les voies de circulation supplémentaires sont réservées dès le départ aux véhicules automatisés dont le taux d'occupation est élevé. Si la situation venait une nouvelle fois à se dégrader, seuls les véhicules automatisés et transportant suffisamment de passagers seraient autorisés à circuler aux points névralgiques du réseau des routes nationales.

Les transports publics sortent renforcés de la transformation du système

Les transports publics classiques ont pleinement utilisé la numérisation et l'automatisation pour continuer d'améliorer leurs offres et réduire les coûts de production. Le chemin de fer est le moyen de transport privilégié pour les longs trajets collectifs. En ville et dans les zones rurales, des offres avec des véhicules plus petits mais beaucoup plus flexibles et adaptés aux besoins ont complété les offres antérieures et les ont même en partie remplacées.

Les autorités suivent très attentivement l'évolution des prix des services de transport. Elles interviennent si l'écart de prix entre les transports individuels et les transports collectifs se creuse. Les gains de productivité résultant de l'automatisation sont une chance pour elles ; les effets monétaires des gains d'efficacité peuvent progressivement être utilisés pour internaliser les coûts externes du trafic. Les autorités utilisent l'augmentation des redevances pour influencer sur les habitudes de déplacement de la population au profit de tous.

Les autorités assurent une gestion proactive du trafic

En Suisse, la gestion du trafic est assurée par des autorités neutres et désintéressées sur le plan économique. Une gestion proactive du trafic permet d'optimiser l'utilisation des offres de transport sur l'ensemble des modes de transport et des réseaux routiers. Les améliorations ainsi obtenues profitent à tous les usagers de la route de la même manière.

L'État et les parties prenantes font preuve de flexibilité

Le système de transport est coordonné au niveau international. Il est tout à fait possible d'effectuer des transports transfrontaliers et d'importer des véhicules automatisés. Les autorités acquièrent en permanence des expériences pratiques avec les véhicules automatisés sur le réseau routier public, ce qui leur permet de concevoir les mesures et les réglementations nécessaires de façon judicieuse et raisonnable.

Champs d'action

Pour faire en sorte que l'efficacité de l'automatisation cadre avec les objectifs fixés, il est nécessaire d'agir dans plusieurs domaines. Les champs d'action se concentrent sur les activités des pouvoirs publics dans les domaines thématiques traités dans les projets partiels du programme de recherche. D'autres aspects importants tels que la protection du climat, l'efficacité énergétique ou la promotion de certaines technologies ne font pas l'objet de la présente réflexion.

Les milieux politiques et les autorités doivent agir dans cinq domaines :

- **Permettre l'introduction de véhicules automatisés** : il est impératif d'autoriser rapidement l'utilisation de véhicules automatisés en Suisse. Pour ce faire, il faut créer le cadre réglementaire nécessaire et l'adapter aux besoins de la société. En parallèle, les instances compétentes doivent créer les conditions nécessaires à l'utilisation de véhicules automatisés, tant du point de vue des infrastructures que de l'exploitation. Le lancement de la plate-forme de données exploitée conjointement avec d'autres parties prenantes en vue de fournir les données nécessaires en fait partie. Ce champ d'action constitue le socle de toutes les autres actions des pouvoirs publics.

- **Assurer la gestion du trafic mixte et raccourcir la phase de circulation en trafic mixte** : la Suisse doit se préparer à une longue phase de circulation en trafic mixte, même sur les autoroutes et les routes en rase campagne. Dans les zones urbanisées, les véhicules automatisés devront s'accommoder durablement des piétons et des conducteurs de deux-roues. Il conviendra de prendre les mesures nécessaires pour que l'ensemble des usagers de la route coexistent toujours harmonieusement et en toute sécurité. Dans le même temps, il s'agira de créer le cadre permettant aux véhicules (hautement) automatisés de s'imposer le plus rapidement possible dans le parc automobile suisse.
- **Promouvoir un usage collectif des véhicules automatisés et intégrer ces derniers dans le système global de transport** : dans toute la mesure du possible, les véhicules automatisés devront être utilisés de manière collective. Le cadre réglementaire actuel devra être adapté de sorte à permettre l'apparition de nouvelles formes d'offres collectives, que ce soit dans les transports privés commerciaux ou dans les transports publics. En parallèle, les pouvoirs publics créeront des conditions propices à l'intégration des véhicules automatisés collectifs dans le système global de transport.
- **Garantir une utilisation efficace des aires de circulation** : le potentiel qu'offrent les véhicules automatisés en vue d'une utilisation plus efficace des aires de circulation existantes devra être pleinement exploité. À cet effet, il est nécessaire que les véhicules hautement automatisés s'imposent autant que possible dans le parc automobile suisse, en particulier sur les autoroutes et les routes en rase campagne. Pour favoriser cette percée des véhicules automatisés, il faut veiller à conserver la souplesse nécessaire en matière d'exploitation sur le réseau des routes à grand débit. Les données et informations supplémentaires fournies par les véhicules automatisés devront être utilisées pour la mise en place et l'exploitation d'une gestion proactive et intermodale du trafic.
- **Exploiter de nouvelles formes d'offres pour renforcer les transports publics classiques** : l'offre ferroviaire sera encore étendue pour les flux de trafic qui peuvent être regroupés dans une large mesure. Afin de développer le trafic à grande échelle, il faudra mettre en place des mesures qui inciteront à compléter et éventuellement remplacer les offres existantes des transports publics classiques par de nouvelles offres mieux adaptées aux besoins et moins chères. Dans le même temps, les pouvoirs publics veillent à ce que la mobilité ne devienne pas encore moins chère du fait de l'automatisation et que l'écart de prix entre les transports individuels et collectifs demeure contenu. Ils utilisent les redevances pour réguler plus efficacement le trafic.

Étant donné que la conduite automatisée évolue à la vitesse grand V et comporte une grande part d'incertitudes, les mesures doivent être mises en œuvre de manière extrêmement flexible, ce qui implique de mener des expériences de façon responsable, d'intervenir rapidement et d'adopter dans les meilleurs délais les mesures correctives nécessaires.

Mesures

Les mesures propres à chaque champ d'action concernent les thématiques suivantes :

Champ d'action « Permettre l'introduction de véhicules automatisés »

- Garantir la collaboration, créer des bases, préparer des réglementations
- Informer et impliquer la population
- Permettre une mise en réseau ou une conduite coopérative
- Mettre en place des infrastructures numériques pour la conduite automatisée

Champ d'action « Assurer la gestion du trafic mixte et raccourcir la phase de circulation en trafic mixte »

- Garantir la fluidité du trafic et la sécurité routière pour le trafic mixte
- Accélérer la percée des véhicules automatisés dans le parc automobile

Champ d'action « Promouvoir un usage collectif des véhicules automatisés et intégrer ces derniers dans le système global de transport »

- Encourager une utilisation collective des véhicules automatisés
- Intégrer de nouveaux modèles d'utilisation dans la mobilité multimodale

Champ d'action « Garantir une utilisation efficace des aires de circulation »

- Éliminer les goulets d'étranglement résiduels, accroître la flexibilité opérationnelle
- Développer une gestion proactive du trafic

Champ d'action « Exploiter de nouvelles offres pour renforcer les transports publics classiques »

- Élargir et améliorer les offres des transports publics classiques
- Introduire des systèmes de tarification efficaces

Champ d'action « Faire preuve de flexibilité dans la façon de procéder et dans l'attitude »

- Garantir une certaine flexibilité dans la législation et dans la façon de procéder
- Réaliser des tests pratiques des véhicules hautement automatisés dans les conditions fixées par la Suisse

Besoins en matière de recherche

D'autres besoins en matière de recherche sur la conduite automatisée ont été identifiés dans les domaines de la sécurité routière, de la fonctionnalité, de l'acceptation par le public et de la modélisation du trafic.

Conclusion

L'introduction de véhicules automatisés est inévitable ; elle prendra du temps et donnera lieu à une période de transition complexe. Les avantages l'emporteront toutefois sur le long terme. La Suisse doit se préparer de manière proactive aux nouvelles situations qui se présenteront. Le présent cadre d'action sert de guide à cette fin.

Summary

“Impacts of automated driving” research package

Digitalisation will fundamentally transform mobility over the next few years and in the coming decades. Automated driving is likely to have a particularly strong influence on developments. The use of automated vehicles will give rise to considerable opportunities as well as risks – which of these will predominate will largely depend on whether the vehicles are used collectively or individually.

The Swiss Federal Roads Office (FEDRO) has been focusing on these new challenges for a number of years already, during which time it developed, initiated and implemented a research package called “Impacts of automated driving”. The insights gained from this research make it clear that the government cannot simply leave the introduction of automated vehicles up to the market. The findings obtained from this research make it clear that the government cannot simply leave the introduction of automated vehicles up to the market. In order to successfully manage the introduction of automated driving it will have to implement regulatory measures at an early stage and carefully monitor the ongoing developments.

The framework for action presented here summarises the main findings of the six research projects from the point of view of the federal authority responsible for road infrastructure and private road transport, from which principles for action and potential measures are derived. The report is addressed primarily to the Federal Roads Office (FEDRO) and secondarily to other units of the Federal Administration. The framework for action also informs other stakeholders about the ideas guiding FEDRO in the introduction of automated driving. A synthesis report on the research package³ plus the final reports on each sub-project are available separately.⁴

Insights and principles for action

Penetration of vehicle fleet to take longer than expected

The studies show that the penetration of the vehicle fleet with highly and fully automated vehicles will take longer than previously anticipated. Between 40 and 70 percent of road vehicles will still be operated by human beings in 2050; the variance depends on the underlying assumptions made. This broad range shows that the rate of fleet penetration can be influenced.

Thus, Switzerland must expect a lengthy period during which conventionally operated vehicles and vehicles with varying degrees of automation will have to coexist on the roads in and outside of built-up areas. In built-up areas, the problem of mixed traffic, with pedestrians, cyclists and users of other two-wheeled vehicles, will pose a lasting challenge. In both cases, solutions will have to be found that permit safe and efficient travel for all road users.

Automated vehicles can give rise to significantly more traffic

The use of automated vehicles is highly attractive and in the case of automated taxis it is also economical. However, if their use is not managed, it could give rise to an enormous increase in traffic, which towns and cities will not be able to handle. To prevent such a development, it will be necessary to promote the collective use of highly automated vehicles. Furthermore, effective instruments for influencing mobility demand will be required.

³ Impacts of automated driving; sub-project 1: use scenarios and impacts

⁴ Impacts of automated driving. www.mobilityplatform.ch

Bottlenecks on the road network will persist

In order to benefit from the potential of automated vehicles for more efficient use of the road network, a high penetration of the fleet of automated vehicles will be required. However, not until 2050 will the degree of penetration be sufficient to eliminate the foreseeable bottlenecks on the road network. The achievable capacity increases and higher proportion of collectively used automated vehicles will temporarily ease the congestion problems on the motorways and national roads to some extent, even despite further overall growth in traffic volume. However, they will not eliminate bottlenecks altogether. The step-by-step introduction of automated vehicles on the motorways/national roads will also require a greater degree of operational flexibility. For both these reasons, further targeted expansion of the network will be needed.

New types of collective mobility services will create opportunities

Digitalisation and automation will enable new, attractive forms of collective mobility, which will permit significantly more efficient traffic management and potentially fewer privately owned automated vehicles. This means that commercial collective mobility services with highly automated vehicles will have to be licensed and comprehensively integrated into the multimodal mobility system.

Strong competition for conventional public transport services

The use of automated vehicles will make private mobility more attractive and affordable. Collectively used, automated taxi fleets will become serious competitors for providers of conventional public transport services, in densely populated areas as well as elsewhere. To remain competitive, public transport services will have to consistently exploit the potentials of digitalisation and automation so that they can become more efficient and further develop their range of services. As a support measure, the public sector will have to introduce efficient management tools and foster the competitiveness of collectively used mobility services.

Growing importance of ride pooling

Increasing the vehicle occupancy rate, for example through ride pooling, is a key approach to managing mobility with automated vehicles. As yet there are no simulation models for developing successful business models. Also, the degree of acceptance of ride pooling will have to increase greatly in order to bring together sufficiently large numbers of potential passengers for ride pooling or an on-demand service.

Additional data broaden the perspectives for traffic management

Automated vehicles generate new and comprehensive sets of data. Data relating to the movement of vehicles and the desired destination of their occupants are of particular interest. These data sets, combined with the possibility of remotely influencing automated vehicles, open up new potential for predictive, more effective traffic management. This potential has to be used across all modes of transport.

Not a major impetus for further urban sprawl

In Switzerland, approximately a third of commuters do work while commuting that could not be done in a car. Furthermore, the analysis shows that the distance and duration of a typical commuter's journey and the portion travelled on a motorway are not suited to working in a car.

This means that, in a small and mountainous country like Switzerland, the potential for using commuting time (or other travel time) spent in an automated vehicle to do work is correspondingly low. Automated driving in Switzerland is therefore unlikely to become a major impetus for further urban sprawl into rural areas. This is something that will nonetheless need to be monitored.

Strong dynamics and uncertainties call for agility

At the present time it is not possible to draw any truly reliable conclusions regarding the impacts of automated driving. The statements in the report represent substantiated approximations. When confronting these uncertainties, all involved players have to demonstrate a high degree of agility and periodically review the robustness of the assumptions made.

In order to be able to define appropriate framework conditions and formulate pertinent regulations, the authorities concerned need to be able to gain practical experience with the deployment of (highly) automated vehicles on Switzerland's roads.

Target scenario for the positive development of mobility with automated vehicles

The target scenario represents a desirable vision for a road transport system with automated vehicles in the timeframe up to 2050. Its focus is on traffic-related issues surrounding automated driving. Other important aspects such as energy efficiency and climate protection were deliberately excluded, partly so as to keep the complexity of the target scenario within reasonable bounds, but also due to the firm conviction that managing the various traffic-related issues will require significant increases in efficiency, which will similarly benefit the climate and energy efficiency.

Automated driving is possible

In 2050, automated and electronically networked vehicles will be in use in Switzerland in both the passenger and goods transport segments. The self-learning, collectively operated data network will deliver the necessary data and information for the safe operation of these vehicles. In the event of disruptions to automated operation, pre-prepared fallback modes will apply.

Coexistence of all road users assured

The consistent promotion of collectively used automated vehicles will give rise to a rapid renewal of the vehicle fleet, and the period in which mixed traffic travels on the motorways and national roads will be shortened. With increased fleet penetration, capacity utilisation on these roads will be significantly better and road safety will be enhanced substantially.

In urban areas, mixed traffic with pedestrians, cyclists and users of other two-wheeled vehicles will pose a special ongoing challenge. Here, special rules will apply for automated vehicles which will take account of the high density and diversity of road users.

All road users will be sensitised to the special aspects of automated vehicles and will possess the information needed to safely share the roads with them. To counter the higher risk during the introductory phase, traffic will be more closely monitored and, where necessary, direct corrective action will be taken.

Significant number of automated vehicles will be used collectively

New ride pooling software will support the breakthrough of collectively used taxi services with automated vehicles. These new, independently operated on-demand services will be so convenient and affordable that only few people will use automated vehicles for private purposes. This "commercial collective transport" will establish itself as a third form of mobility positioned between private and conventional public transport and will be comprehensively integrated into multimodal mobility.

Elimination of the worst bottlenecks on the motorway/national roads network

In accordance with the federal infrastructure programme, the most severely congested sections of the motorway/national roads network will be widened. The resulting additional traffic lanes will be reserved right from the start for high-occupancy automated vehicles. If bottleneck problems should arise again, only high-occupancy automated vehicles will be permitted on congested sections of the network.

Transformation will strengthen public transport

Conventional public transport will systematically use digitalisation and automation to continuously improve the range of services and cut production costs. The railways will become the number one choice for long-distance and combined transport. In both urban and rural areas, smaller but much more flexible and need-based services will supplement, and to some extent also replace, the previously existing services.

The authorities will closely monitor price development for transport services. If the gap between individual and collective transport widens, they will intervene. The productivity effects arising from automation will offer advantages here, as they provide a means of gradually internalising the external costs of transport. Increased taxes and levies will be used to influence the population's mobility behaviour to the benefit of everyone.

Predictive traffic management

In Switzerland, traffic management is carried out by neutral, non-profit-oriented authorities. The use of transport services across all carriers and road networks will be optimised through predictive traffic management. All road users will thus benefit to an equal extent from the resulting improvements.

Agility on the part of government and stakeholders

The transport system is internationally coordinated. Cross-border transport and the smooth introduction of automated vehicles will be possible. The authorities will continuously gain practical experience with automated vehicles on the public road network. This will enable them to formulate sensible, effective measures and regulations as needed.

Fields of action

To steer the use of automated vehicles in the direction of the envisioned scenario, action is needed in a number of fields. The fields of action focus on the activities of the public authorities in the thematic areas addressed by the sub-projects of the research package. Other important aspects such as climate protection, energy efficiency and the promotion of certain technologies are not the subject of the considerations here.

Politicians and the relevant authorities need to take action in the following five areas.

- **Facilitating the introduction of automated vehicles:** The use of automated vehicles in Switzerland must be made possible at an early stage. This calls for the creation of the appropriate regulatory framework and its harmonisation with the needs of society. Parallel to this, the authorities responsible must create the infrastructure-related and operational conditions enabling the use of automated vehicles. This includes initiating the data network to be jointly operated with other involved players for the purpose of providing the required data. This field of action forms the basis for all other government actions.
- **Securing mixed traffic management and shortening the mixed traffic phase:** Switzerland has to anticipate a lengthy period of mixed traffic on its motorways and national roads. In residential areas, automated vehicles will have to permanently come to terms with pedestrians and users of two-wheeled vehicles. The necessary preparations will have to be made for ensuring the safe and smooth coexistence of all road users. At the same time, the framework conditions have to be created that facilitate the fastest possible penetration of Switzerland's fleet of (highly) automated vehicles.
- **Promoting collective use and its integration into the overall transport system:** Automated vehicles should be used collectively to the greatest possible extent. The existing regulatory framework has to be adapted so that it enables the development of new forms of collective transport in both the private and public transport segments. At the same time, the public authorities have to create favourable framework conditions for the integration of collectively used automated vehicles into the overall transport system.
- **Exploiting potential for the efficient use of road infrastructure:** The potential of automated vehicles for increasing the efficient use of the existing road infrastructure has to be consistently exploited. This calls for the highest possible penetration of Switzerland's fleet of highly automated vehicles, especially on the motorways and national roads. To support fleet penetration, the motorway/national roads network must offer the necessary operational flexibility. The additional data and information acquired on automated vehicles have to be applied to the expansion and

operation of a predictive, comprehensive, interdisciplinary traffic management system.

- **Using new types of services to support conventional public transport:** Where traffic flows can be readily combined, rail transport has to be further expanded. For the further development of fully integrated mobility, incentives need to be created promoting the enhancement and potential substitution of existing services in conventional public transport with new, more need-based and economical solutions. At the same time, the public authorities must ensure that mobility does not become even more affordable through the use of automated vehicles, and that the price gap between individual and collective transport does not widen. Authorities must use the revenue from taxes and levies to manage traffic more effectively.

Given the dynamic environment and significant uncertainties associated with automated driving, the implementation of measures requires a **high degree of agility**. This means experimenting responsibly, acting swiftly and taking remedial actions where necessary without delay.

Measures

The measures for each field of action are listed below by topic:

Facilitating the introduction of automated vehicles

- Ensure cooperation, create foundations, prepare regulations
- Inform and involve the general population
- Facilitate networking/cooperative driving
- Provide the necessary digital infrastructure for automated driving

Securing mixed traffic management and shortening the mixed traffic phase

- Ensure smooth traffic flow and road safety during the mixed traffic phase
- Speed up the penetration of the fleet of automated vehicles

Promoting collective use and its integration into the overall transport system

- Foster the collective use of automated vehicles
- Integrate new types of transport use into multimodal mobility

Exploiting potential for the efficient use of road infrastructure

- Eliminate remaining bottlenecks, increase operational flexibility
- Further develop a predictive traffic management system

Supporting public transport

- Expand and improve conventional public transport services
- Introduce effective pricing systems

Demonstrating a high degree of agility

- Ensure agility in procedures and legislation
- Carry out practical tests involving highly automated vehicles under Swiss conditions

Need for research

A need for additional research on automated driving has been identified in the fields of traffic safety and functional capacity, public acceptance and traffic modelling.

Conclusions

The introduction of automated vehicles is inevitable; it will be a lengthy process and will give rise to a challenging interim phase. However, over the long term the benefits will outweigh the drawbacks. Switzerland has to adopt a predictive approach to the changing circumstances. The framework for action acts as an orientation aid for this purpose.

1 Einleitung

Digitalisierung und Automatisierung in der Mobilität

Die Digitalisierung wird die Mobilität in den nächsten Jahren und Jahrzehnten grundlegend verändern. Die Automatisierung des Fahrens stellt eine technische Evolution dar, die mit dem Einsatz von Fahrerassistenzsystemen bereits seit einigen Jahren stattfindet und in einer vollständigen Automatisierung enden wird. Sie besitzt das Potenzial, den Verkehr langfristig nicht nur sicherer und komfortabler zu machen, sondern auch die Mobilität grundlegend zu verändern. Die Nutzung des automatisierten Fahrens weist neben beträchtlichen Chancen auch Risiken auf. Was überwiegt, hängt u.a. davon ab, ob die Fahrzeuge vorwiegend kollektiv oder individuell genutzt werden. Um die Chancen zu nutzen und die Risiken zu minimieren, muss der Staat die Einführung dieser neuen Technologien begleiten und proaktiv die nötigen Rahmenbedingungen schaffen.

ASTRA nimmt sich Herausforderungen an

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) befasst sich bereits seit mehreren Jahren mit den neuen Herausforderungen. Es ist in den internationalen Expertengremien vertreten und wirkt bei der Erarbeitung internationaler Richtlinien und Standards aktiv mit. Im Rahmen der schweizerischen Strassenforschung werden grundsätzliche Fragen zum automatisierten Fahren beantwortet. Um praktische Erfahrungen zu sammeln, ermöglicht das ASTRA Pilotversuche mit selbstfahrenden Fahrzeugen. Darüber hinaus wirkt das Amt beim Aufbau eines verkehrsträgerübergreifenden und vernetzten Verkehrsmanagements mit.

Zur Erreichung seiner strategischen Ziele hat das ASTRA mit der Teilstrategie Intelligente Mobilität⁵ einen Orientierungsrahmen geschaffen. Die Teilstrategie definiert die Handlungsfelder, in denen sich das Amt in den nächsten Jahren engagieren wird und leitet daraus konkrete Massnahmen ab. Die fünf strategischen Handlungsfelder umfassen die gesellschaftlichen Zielsetzungen für intelligente Mobilität, die Einbettung neuer Mobilitätsformen und Dienste im digitalen Mobilitätssystem, die Ertüchtigung der Infrastruktur, die Nutzung der Daten aller Verkehrsteilnehmenden, Verkehrsmittel und Verkehrsträger sowie die Förderung multimodaler Mobilitätsdienstleistungen.

Verkehrspolitische Einbettung

In seinem Bericht «Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen» vom Dezember 2016⁶ hat der Schweizerische Bundesrat die Bandbreite möglicher erwünschter und unerwünschter Entwicklungen im Zusammenhang mit der Einführung des automatisierten Fahrens aufgezeigt.

Er hat darauf hingewiesen, dass der Umfang und der Zeitpunkt positiver Auswirkungen in erster Linie von der Marktdurchdringung der neuen Technologien sowie von den entstandenen Mobilitätsangeboten abhängt. Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf zentrale Einflussfelder in der Entwicklung der Schweiz bezeichnete er als noch weitgehend offen. Diese Bereiche betreffen die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur, die Regelungen für den Datenaustausch, die Anforderungen an die nötige digitale Infrastruktur, die Gewährleistung der Cybersecurity und des Datenschutzes sowie die Behandlung grundlegender rechtlicher Aspekte. Ein Teil dieser Themen wird im Bericht des UVEK «Bereitstellung und Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr» vom Dezember 2018⁷ konkretisiert.

⁵ Bundesamt für Strassen, Teilstrategie Intelligente Mobilität, Ausgabe 2019 V1.0

⁶ Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität»

⁷ Bereitstellung und Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr, ASTRA 2018

Bundesrat will rechtliche Grundlage für das automatisierte Fahren schaffen

Der Bundesrat hat an seiner Sitzung vom 12. August 2020 die Vernehmlassung zur Teilrevision des Strassenverkehrsgesetzes (SVG) eröffnet. Mit der Revision will er die rechtlichen Grundlagen für das automatisierte Fahren schaffen. Im Rahmen der Revision sollen verschiedene Grundsätze rechtlich verankert werden. Diese betreffen u.a. die Beschränkung des automatisierten Fahrens auf bestimmte Strecken, die Delegation von Kompetenzen an den Bundesrat, den hohen Stellenwert der Verkehrssicherheit sowie den Umgang, die Speicherung, den Schutz und die Sicherheit der Daten.

Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs durch das ASTRA

2017 hat das ASTRA das Initialprojekt «Automatisiertes Fahren»⁸ veröffentlicht. Es analysiert grob die möglichen Auswirkungen der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz, identifiziert Lücken im Wissensstand und beschreibt die nötigen Forschungsprojekte zur Schliessung der Wissenslücken. Das Initialprojekt fokussierte bewusst auf die verkehrlichen Belange des automatisierten Fahrens. Es lieferte die Grundlage, um ein Paket zu bilden, in dem die aus schweizerischer Sicht prioritären Forschungsthemen in mehreren Forschungsprojekten bearbeitet und aufeinander abgestimmt werden.

Als forschungswürdig wurden Themen betrachtet, die spezifisch für die Schweiz sind, deren Bearbeitung zum Erkenntnisgewinn dringend notwendig ist und die gezielt internationale Forschungslücken schliessen können.

Forschungspaket identifiziert Auswirkungen des automatisierten Fahrens

Das so konzipierte ASTRA-Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» (Kapitel 2) zielt auf einen Zustand im Jahr 2050, wobei die Jahresangabe im Sinne von «weit in der Zukunft liegender Zeitpunkt» zu interpretieren ist. Für bestimmte Arbeitsschritte ist eine konkrete Jahreszahl notwendig, so dass auf diese nicht verzichtet werden kann.

Die Ergebnisse des Pakets verdeutlichen, dass der Staat die Einführung automatisierter Fahrzeuge nicht einfach «sich selbst» resp. dem Markt überlassen darf. Um die absehbaren Entwicklungen in geordnete Bahnen zu lenken, muss er frühzeitig ordnend eingreifen und die Entwicklung begleiten. Der vorliegende Handlungsrahmen liefert eine erste Grundlage dafür.

Handlungsrahmen setzt Forschungsergebnisse in Strategie um

Der Bericht basiert auf den Ergebnissen des ASTRA-Forschungspakets «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» und formuliert einen Handlungsrahmen für den Umgang mit dem automatisierten Fahren aus Sicht der Fachbehörde des Bundes für die Strasseninfrastruktur und den individuellen Strassenverkehr. Ein Synthesebericht des Forschungspakets liegt separat vor⁹.

Der Handlungsrahmen reflektiert die Ergebnisse des Forschungspakets «Auswirkungen des automatisierten Fahrens». Er wertet die wesentlichen Erkenntnisse des Forschungspakets aus Sicht des ASTRA und leitet daraus Handlungsgrundsätze ab (Kapitel 3). Das Zielbild beschreibt für die einzelnen Handlungsfelder die erwünschte Entwicklungsrichtung im Umgang mit automatisierten Fahrzeugen (Kapitel 4). Es basiert auf den Handlungsgrundsätzen und ist auf den Zeithorizont 2050 ausgelegt. Schliesslich listet der Handlungsrahmen die nötigen Massnahmen auf, um die Entwicklung in Richtung des Zielbildes zu beeinflussen (Kapitel 5) und ergänzt die gewonnenen Erkenntnisse mit Schlussbetrachtungen (Kapitel 6).

Der Handlungsrahmen spricht in erster Linie das ASTRA und erst in zweiter die Bundesverwaltung an. Anderen Stakeholdern gibt er eine Orientierung über die Vorstellungen, die das ASTRA bei der Einführung des automatisierten Fahrens leiten sollen.

⁸ Automatisiertes Fahren; Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs. ASTRA 2017.

⁹ Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 1: Nutzungsszenarien und Auswirkungen

Die Begleitkommission des Forschungspakets wurde zum Bericht angehört; die Verantwortung für den Inhalt liegt beim ASTRA.

2 Überblick über das Forschungspaket

2.1 Aufbau des Pakets und Ablauf der Arbeiten

Modularer Aufbau des Forschungspakets

Das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» ist ein anwendungsorientiertes Forschungsprogramm, das als Teil der schweizerischen Strassenforschung durchgeführt wurde. Die Gesamtprojektleitung des ASTRA koordinierte die Durchführung der spezialisierten Teilprojekte (TP) und verfasste den Handlungsrahmen.

Das Forschungspaket besteht aus sieben Teilprojekten:

- ASTRA-Gesamtprojektleitung (TP 0);
- Nutzungsszenarien und Auswirkungen (TP 1);
- Verkehrliche Auswirkungen und Bedarf an Infrastruktur (TP 2);
- Umgang mit Daten (TP 3);
- Neue Angebotsformen (TP 4);
- Mischverkehr (TP 5);
- Räumliche Auswirkungen (TP 6).

Abbildung 1 zeigt die Paketstruktur «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» und das Zusammenspiel der Teilprojekte auf der Zeitachse.

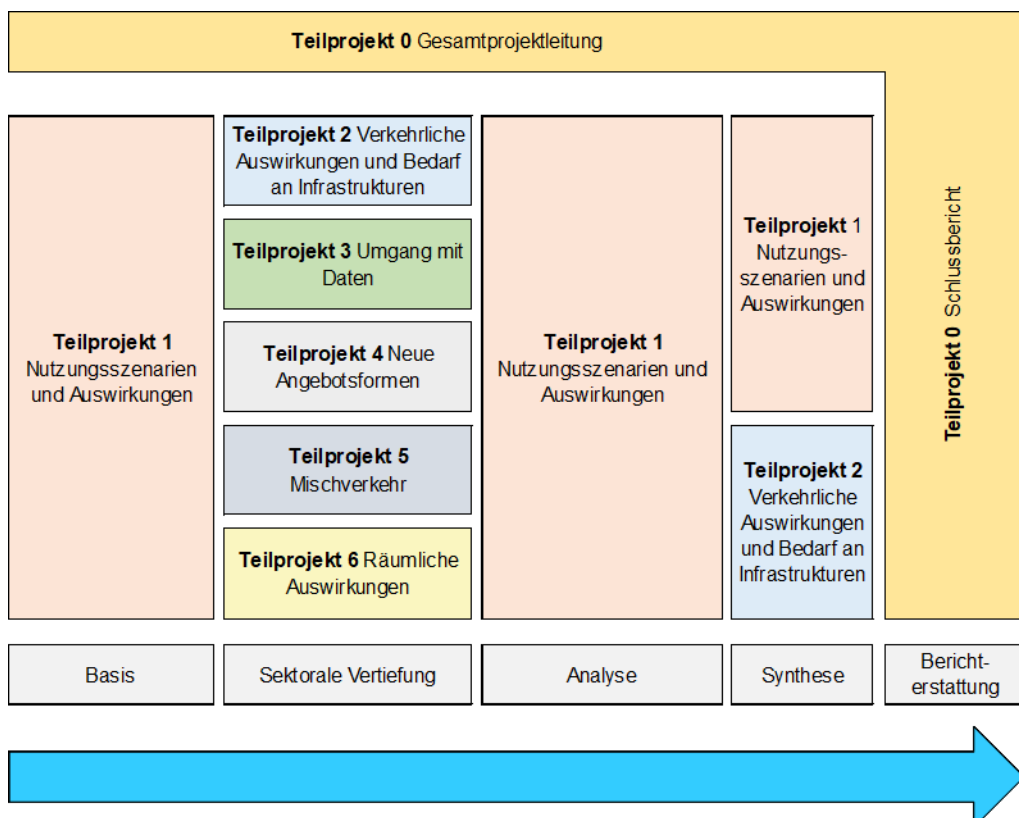


Abb. 1: Struktur Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

Die Teilprojekte haben unterschiedliche Funktionen erfüllt und verschiedene Fragestellungen beantwortet. Die TP 3 bis 6 nahmen zu einzelnen wichtigen Themen vertiefte Untersuchungen vor und zeigten spezifische Handlungsoptionen auf. Das TP 2 ermittelte mit Hilfe agentenbasierter Simulationen die verkehrlichen Auswirkungen des automatisierten

Fahrens und analysierte den künftigen Kapazitätsbedarf ausgewählter Nationalstrassenabschnitte.

Das TP 1 entwarf Entwicklungspfade mit zwei Szenarien der automatisierten Mobilität und verifizierte die getroffenen Annahmen mit den Verfassern der anderen Teilprojekte in einem iterativen Prozess. Die bereinigten Szenarien bildeten die Basis für die Modellierung der verkehrlichen Auswirkungen und die Durchführung von Sensitivitätsanalysen durch das TP 2. Gestützt auf die Ergebnisse der Modellberechnungen und die Erkenntnisse der anderen Teilprojekte hat TP 1 in einem Szenario die erwünschten Entwicklungen dargestellt und den Handlungsbedarf abgeleitet, der sich für die Behörden aus der Einführung automatisierter Fahrzeuge ergibt. Das TP 1 nahm in der gesamten Bearbeitung eine wichtige Scharnierfunktion wahr.

Paralleler Ablauf der Arbeiten

Die Arbeiten wurden mit wenigen Ausnahmen zeitlich parallel durchgeführt. Als herausfordernd erwies sich der Umstand, dass zwischen einzelnen Teilprojekten erhebliche Wechselwirkungen bestanden. In besonderem Masse galt dies für TP 2, TP 4, TP 5 und teilweise TP 6, die fallweise auf Zwischenergebnisse aus anderen Teilprojekten angewiesen waren. Um die nötigen Abstimmungen zeitgerecht sicherzustellen, wurde zwischen den betroffenen Teilprojekten ein frühzeitiger Austausch organisiert.

Für die umfassende Wirkungsanalyse konnte TP1 auf die weit vorangeschrittenen Ergebnisse der anderen Teilprojekte zurückgreifen.

In einem Schlussbericht hat jedes Teilprojekt die angewendete Methodik detailliert beschrieben und die Arbeitsergebnisse dargestellt.¹⁰

2.2 Aufgaben der Teilprojekte

Die Aufgaben der Teilprojekte waren folgende:

Teilprojekt 0 Gesamtprojektleitung / Paketleitung

- Vorbereitung und Durchführung der Ausschreibungen;
- Führung, Organisation, Koordination und Zusammenführung der Teilprojekte des Forschungspakets;
- Erstellung des Schlussberichtes mit der Wertung der wesentlichen Erkenntnisse und dem daraus abgeleiteten Handlungsbedarf.

Teilprojekt 1 Nutzungsszenarien und Auswirkungen

- Aufzeigen möglicher Nutzungen automatisierter und vernetzter Strassenfahrzeuge für den Transport von Personen und Gütern für den Zeitraum 2020 bis 2050;
- Schrittweises Konkretisieren und Bewerten der Fahrzeugnutzungen in einem iterativen Prozess unter Einbezug der Ergebnisse aus den TP 2 bis 6;
- Erstellen eines Szenarios unter Berücksichtigung anzustrebender Wirkungen mit einer Abschätzung und Bewertung der relevanten Auswirkungen im Szenario auf den Bedarf an Verkehrsinfrastrukturen.

¹⁰ Die Teilprojektberichte können unter www.mobilityplatform.ch heruntergeladen werden.

Teilprojekt 2 Verkehrliche Entwicklungen und Bedarf an Infrastrukturen

- Quantifizierung der verkehrlichen Auswirkungen im Zeitraum 2020 bis 2050 für das teil- und das vollautomatisierte Fahren in der gesamten Schweiz sowie in bestimmten Räumen;
- Durchführung von Sensitivitätsbetrachtungen für definierte Entwicklungen;
- Ermittlung der Folgen für die vorgesehene Erweiterung der Nationalstrassen im Rahmen des strategischen Entwicklungsprogramms;
- Formulierung von wesentlichen Erkenntnissen für Planung und künftige Bereitstellung der Verkehrsinfrastrukturen in Handlungsempfehlungen.

Teilprojekt 3 Umgang mit Daten

- Ermittlung des Umfangs an Daten, die aus dem teil- und vollautomatisierten Fahren sowie aus den daraus ermöglichten Nutzungen entstehen können;
- Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten dieser Daten, insbesondere in Hinblick auf die künftige Lenkung und Steuerung des Verkehrs sowie auf die Rolle der dafür in Frage kommenden Stakeholder;
- Aufzeigen der dafür nötigen digitalen Infrastruktur und der Anforderungen an ihren Aufbau und Betrieb;
- Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse in Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder.

Teilprojekt 4 Neue Angebotsformen

- Bezeichnung möglicher neuer Angebotsformen für den Zeitraum 2020 bis 2050 und Beurteilung ihres Beitrags zur Erreichung der verkehrspolitischen Ziele;
- Ermittlung von erfolversprechenden neuen Angebotsformen mittels quantitativen und qualitativen Ansätzen;
- Konkretisierung der Angebotsformen in Hinblick auf Ausgestaltung, benötigte Technologien, Betreiber sowie benötigte Mittel und Infrastrukturen;
- Ermittlung der erforderlichen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Einführung und Etablierung dieser neuen Angebotsformen;
- Formulierung der resultierenden Handlungsempfehlungen zuhanden relevanter Stakeholder.

Teilprojekt 5 Mischverkehr

- Definition realistischer Migrationsszenarien von traditionellen zu vollautomatisierten Strassenfahrzeugen für den Transport von Personen und Gütern;
- Identifikation und Bewertung besonderer Herausforderungen, die sich aus dem damit verbundenen Nebeneinander von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowie mit nicht automatisierten Fahrzeugen und weiteren Verkehrsteilnehmenden ergeben (Mischverkehr);
- Ableitung von Lösungsvorschlägen zur Gewährleistung eines sicheren Strassenverkehrs für alle Verkehrsteilnehmenden und der Funktionsfähigkeit der Verkehrsinfrastrukturen;
- Formulierung von Handlungsempfehlungen zuhanden der relevanten Stakeholder.

Teilprojekt 6 Räumliche Auswirkungen

- Analyse möglicher Auswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf die räumliche Entwicklung der Schweiz;
- Formulierung von Handlungsempfehlungen zur Unterstützung raumplanerischer Ziele durch das automatisierte und vernetzte Fahren.

2.3 Würdigung des Forschungspakets

Die Ergebnisse des Forschungspakets schliessen wesentliche Wissenslücken im Zusammenhang mit der Einführung des automatisierten Fahrens in der Schweiz. Sie stellen einen deutlichen Fortschritt dar und ermöglichen es, die Grundsätze für das staatliche Handeln zu konkretisieren und nötige Massnahmen zu formulieren.

Im Weiteren liefern die Ergebnisse des Pakets einen Überblick über weitere Wissenslücken und zusätzlichen Forschungsbedarf im Zusammenhang mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge. Der Forschungsbedarf bezieht sich insbesondere auf den Betrieb höher automatisierter Fahrzeuge der SAE-Stufen 3 und 4¹¹.

Übertragbarkeit ausländischer Forschungsergebnisse begrenzt

Es zeigte sich, dass Ergebnisse internationaler Forschungen nicht in jedem Fall auf die spezifischen Umstände des schweizerischen Verkehrssystems übertragbar sind. In besonderem Masse gilt dies für Forschungen, die auf einfachen linearen Strassensystemen und unter vorteilhaften Wetterbedingungen durchgeführt wurden. Die Forschung unter schweizerischen Bedingungen ist auch weiterhin bedeutsam und die Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen auf die schweizerischen Verhältnisse ist im Einzelfall zu hinterfragen.

Szenariotechnik ermöglicht Einschätzung langfristiger Bandbreite

Verlässliche Entwicklungsprognosen über einen Zeitraum von 30 Jahren sind nicht möglich. Daher wurde auf die Szenariotechnik zurückgegriffen. In zwei Eckszenarien wurden die Extreme dargestellt, um eine Bandbreite der möglichen Entwicklungen erfassen zu können. Dabei sind die dafür getroffenen Annahmen besonders zu beachten. Je stärker sich das hoch- und ggfs. vollautomatisierte Fahren konkretisiert, umso genauer können mit der Zeit die Annahmen gesetzt werden.

Verkehrssimulation des automatisierten Fahrens hat noch erhebliche Lücken

Ohne weitere Softwareentwicklung und umfangreiche Berechnungen können auch mit der durchgeführten agentenbasierten Simulation des automatisierten Verkehrs (MATSim) mehrere Fragestellungen nicht beantwortet werden. Betroffen sind die Zielwahländerungen der Agenten, der durch das automatisierte Fahren zusätzlich induzierte Verkehr, Tür-zu-Tür-Dienste mit automatisierten Fahrzeugen, die zeitlich versetzte Nutzung von automatisierten Fahrzeugen innerhalb einer Familie oder die Simulation von Ride-Pooling mit automatisierten Taxis¹². Auch die Leerkilometer automatisierter Fahrzeuge im Privatbesitz und im Güterverkehr konnten im TP2 nicht simuliert werden.

In der Summe dürften die Aussagen zu den verkehrlichen Auswirkungen des automatisierten Fahrens *das Verkehrswachstum auf der Strasse unterschätzen*. Dies ist bei Betrachtung der Ergebnisse zu bedenken.

¹¹ Für eine Erläuterung der SAE-Stufen der Automatisierung vgl. Glossar.

¹² Der Begriff «automatisierte Taxis» wird nachfolgend für alle Formen eines kommerziellen kollektiven Strassentransports für weniger als neun Personen verwendet. Dabei können die Fahrzeuge verschiedene Formen und Grössen aufweisen.

2.4 Verhältnis zum Forschungspaket Verkehr der Zukunft 2060

Das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» wurde gleichzeitig mit dem SVI-Forschungsprogramm «Verkehr der Zukunft 2060»¹³ durchgeführt. Dabei wurden die wesentlichen Erkenntnisse wechselseitig berücksichtigt.

Verkehr der Zukunft 2060

Im Gegensatz zum Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» fokussierte das Forschungsprogramm «Verkehr der Zukunft 2060» auf den gesamten Landverkehr und nicht nur auf das automatisierte Fahren. Zudem lag der betrachtete Zeithorizont von 2060 um zehn weitere Jahre in der Zukunft.

Der methodische Ansatz von «Verkehr der Zukunft 2060» war stark von der Analyse der Treiber für die Verkehrsangebote bzw. die Verkehrsnachfrage geprägt. Die Beeinflussung der Mobilität in der Schweiz bis 2060 wurde entlang der Linie sozioökonomische und ökologische Treiber, neue Geschäftsmodelle und Organisation des Verkehrsangebots, Potenziale sowie strategische Handlungsoptionen für das Regulativ untersucht.

Auswirkungen des automatisierten Fahrens

Dem gegenüber befasste sich das Paket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» ausschliesslich mit dem Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Strassenverkehr. Für verschiedene Nutzungsszenarien wurden die Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge analysiert. Dabei standen spezifisch verkehrliche Fragestellungen im Vordergrund. Auf die Bearbeitung von Fragen zum Klimaschutz oder zur Energieeffizienz wurde bewusst verzichtet. Sie hätten den Umfang der Arbeiten gesprengt. Es sind aber Erkenntnisse entstanden, die auch für die Behandlung solcher Fragestellungen erste Hinweise erlauben.

Aus den Ergebnissen der Auswirkungsanalyse wurden Handlungsgrundsätze abgeleitet, ein Zielbild skizziert und die dafür nötigen Massnahmen entworfen (vgl. Abb.2).



Abb. 2: Charakteristik der beiden Forschungspakete «Verkehr der Zukunft 2060» und «Auswirkungen des automatisierten Fahrens»

¹³ Verfügbar im Internet unter www.mobilityplatform.ch

3 Wichtige Erkenntnisse aus der Forschung

3.1 Flottendurchdringung mit hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen

Erkenntnis: Die Flottendurchdringung mit hoch- und vollautomatisierten Fahrzeugen dauert länger als bisher erwartet

Die Forscher gehen als Annahme davon aus, dass in der Schweiz private hochautomatisierte Personenwagen der SAE-Stufen 4 und 5 ab dem Jahr 2025 und hochautomatisierte Sharing-Fahrzeuge ab dem Jahr 2030 verfügbar sind. Werden diese Fahrzeuge weiterhin fast ausschliesslich individuell genutzt, wird im Jahr 2050 erst knapp ein Drittel der schweizerischen Fahrzeugflotte hoch- oder vollautomatisiert sein (vgl. Abb. 3). Über zwei Drittel der Fahrzeuge werden in 30 Jahren immer noch konventionell vom Menschen gelenkt werden.

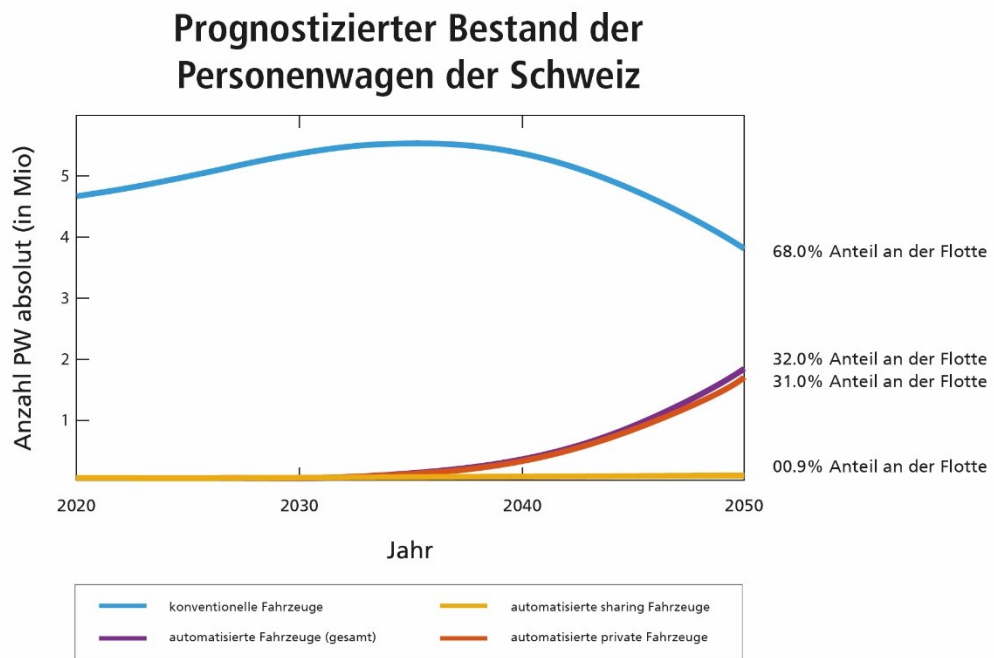


Abb. 3: Prognostizierter Bestand der Personenwagen in der Schweiz gemäss Szenario «Trend»; Quelle: Schlussbericht TP5.

Im Siedlungsraum wird es mit den zu Fuss Gehenden und den Zweiradfahrenden immer Mischverkehr geben. Ausserhalb der Siedlungsgebiete ist es jedoch vorstellbar, ab einer bestimmten Durchdringung der Flotte mit automatisierten Fahrzeugen auf geeigneten Strassentypen oder Streckenabschnitten nur noch vernetzte und automatisiert fahrende Automobile zuzulassen.

Auch auf solchen Strassentypen werden unterschiedlich automatisierte Fahrzeuge den möglichen Kapazitätssteigerungen Grenzen setzen oder sie sogar negativ beeinflussen. Flächig hinzu kommen bei einem Nebeneinander von konventionell gelenkten und automatisierten Fahrzeugen negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit durch die neu entstehenden Unsicherheiten in der Kommunikation untereinander sowie mit anderen Verkehrsteilnehmenden. Zudem ist das gesamte Strassensystem für alle Mischverkehrsteilnehmenden auszulegen und zu betreiben, was höhere Kosten verursacht.

Ohne lenkende Massnahmen wird der Mischverkehr von automatisierten Fahrzeugen verschiedener Automatisierungsstufen mit konventionell gelenkten Fahrzeugen eine lange an-

haltende Herausforderung darstellen und die Nutzbarmachung der Chancen automatisierter Fahrzeuge zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur besseren Ausnutzung der bestehenden Verkehrsflächen erheblich verzögern¹⁴.

Erkenntnis: Die Flottendurchdringung kann beschleunigt werden

Der Durchdringungsprozess mit automatisierten Fahrzeugen kann beschleunigt werden, wenn ein möglichst hoher Anteil der neu zugelassenen Fahrzeuge aus intensiv genutzten automatisierten Sharing-Fahrzeugen besteht und wenn möglichst viele konventionelle Fahrzeuge durch solche ersetzt werden. Gemäss den Berechnungen der Forscher reagiert die Flottendurchdringung sehr sensibel auf solche Änderungen (vgl. Abb. 3 und 4).

Unter der Annahme einer starken Förderung von automatisierten Sharing-Fahrzeugen sind im Jahr 2050 bereits knapp zwei Drittel der schweizerischen Fahrzeugflotte mit SAE-Stufe 4 hochautomatisiert. Knapp die Hälfte der Fahrzeugflotte sind automatisierte Fahrzeuge im Privatbesitz und ein Sechstel hochautomatisierte Sharing-Fahrzeuge.

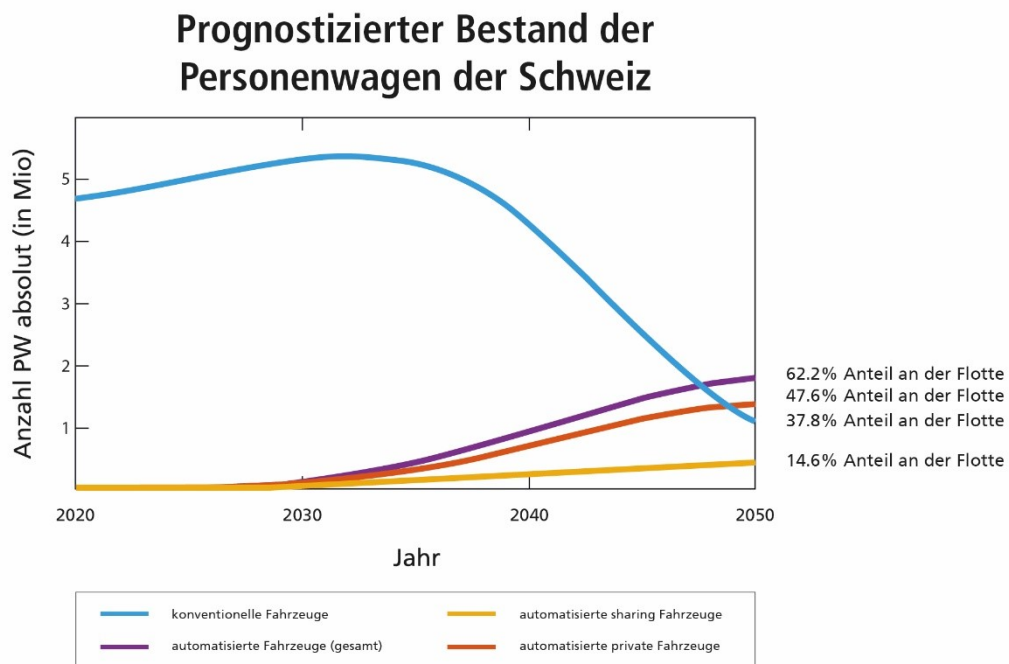


Abb. 4: Prognostizierter Bestand der Personenwagen in der Schweiz gemäss Extrem-Szenario «Pro Sharing»; Quelle: Schlussbericht TP5

Handlungsgrundsatz: Eine beschleunigte Durchdringung der Automobilflotte mit hochautomatisierten Fahrzeugen fördern

Eine hohe Durchdringung der Fahrzeugflotte mit hochautomatisierten Fahrzeugen wirkt sich positiv aus auf die Verkehrssicherheit, die effizientere Nutzung der Verkehrsflächen und die Kosten für den Betrieb der Infrastrukturen. Entsprechend gross ist das öffentliche Interesse, die Phase mit Mischverkehr zwischen unterschiedlich automatisierten sowie konventionell gelenkten Fahrzeugen ausserhalb des Siedlungsraums soweit möglich zu verkürzen und die Durchdringung der Fahrzeugflotte mit hochautomatisierten Fahrzeugen zu beschleunigen.

¹⁴ Im Folgenden wird unter dem Begriff «Mischverkehr» der Verkehr von Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsstufen ausserhalb der Siedlungsgebiete verstanden. Er ist zu unterscheiden vom «Mischverkehr», der im Siedlungsraum zwischen zu Fuss Gehenden und Zweiradfahrenden sowie motorisierten Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsstufen dauerhaft entstehen wird.

Handlungsgrundsatz: Auf längere Phase mit Mischverkehr einstellen

Die Möglichkeiten zur Beschleunigung der Flottendurchdringung sind begrenzt. Entsprechend stellt sich die Schweiz auch ausserhalb der Siedlungsgebiete auf eine längere Phase mit Mischverkehr ein und trifft die nötigen Vorkehrungen für einen sicheren und funktional befriedigenden Mischverkehr zwischen allen Mobilitätsformen.

Handlungsgrundsatz: Das Verfahren für die Zulassung von hochautomatisierten Fahrzeugen auf bestimmten Strassentypen und Streckenabschnitten festlegen

Für die Zulassung von Strassen für hochautomatisierte Fahrzeuge bestehen zwei grundsätzliche Möglichkeiten:

- a) Die Behörden legen für ausgewählte Strecken die Bedingungen fest, die automatisierte Fahrzeuge für ihre Benutzung einhalten müssen.
- b) Die Behörden stellen zusammen mit anderen Beteiligten in einem gemeinsam betriebenen und selbstlernenden Datenverbund (vgl. Fussnote 5) Informationen zu den Eigenschaften der Streckenabschnitte (physischer und digitaler Ausrüstungsstand, Verkehrsangaben, etc.) zur Verfügung. Gestützt auf diese Informationen entscheiden die Fahrzeugbetreiber, auf welchen Strecken das Fahrzeug im Selbstfahrmodus fährt.

Noch ist unklar, wie ein international abgestimmtes Vorgehen aussehen wird.

3.2 Verkehrswirkungen im Siedlungsraum

Erkenntnis: Automatisierte Automobile führen insbesondere in Städten und Agglomerationen zu übermässigem Mehrverkehr

Automatisierte Fahrzeuge kombinieren die Vorzüge des öffentlichen Verkehrs (gefahren werden, keine Parkplatzsuche, keine Verantwortung, etc.) mit den Vorzügen des Individualverkehrs (jederzeit und überall verfügbar, höhere Flexibilität, individuelle Ausstattung der Fahrzeuge, etc.). Sie sind so attraktiv und komfortabel, dass sie intensiv genutzt werden. Die unregelmässige Nutzung als automatisierte Privatfahrzeuge und als automatisierte Taxi führt dazu, dass die Fahrleistungen des Gesamtverkehrs bis 2050 stark ansteigen werden. Besonders betroffen sind die Städte und Agglomerationen sowie der dispers besiedelte ländliche Raum.

In den Städten und Agglomerationen bleibt es dabei ohne Einfluss, ob sich die automatisierten Fahrzeuge im Privatbesitz befinden oder nicht. Diese Entwicklung führt zu Verkehrsüberlastungen und in der Folge zu einer Verschlechterung der Erreichbarkeiten. In von Tälern geprägten, ländlichen Regionen ist der Einfluss des verkehrspolitischen Umfeldes dagegen bedeutend; bei Betonung einer individuellen Nutzung steigen die Fahrleistungen, während sie bei Bedingungen, die eine kollektive Nutzung unterstützen, in etwa gleichem Ausmass zurückgehen.

Handlungsgrundsatz: Die kollektive Nutzung hochautomatisierter Fahrzeuge fördern

In der dicht besiedelten Schweiz sind einem weiteren substanziellen Ausbau des Strassennetzes Grenzen gesetzt. Deshalb werden mit automatisierten Fahrzeugen Angebotsformen gestärkt und in ein verkehrsmittelübergreifendes System multimodaler Mobilität integriert, die zu einer massgeblichen Erhöhung des Besetzungsgrades führen.

Handlungsgrundsatz: Das Verkehrsmanagement für weitere Effizienzgewinne nutzen

Hochautomatisierte und vernetzte Fahrzeuge bieten neue Möglichkeiten, den Verkehr direkt und wirkungsvoll zu beeinflussen. Diese Möglichkeiten werden konsequent genutzt, um die bestehenden Verkehrsflächen und –angebote effizienter zu nutzen.

Handlungsgrundsatz: Instrumente zur Steuerung der Verkehrsnachfrage einführen

Ohne Steuerung der Verkehrsnachfrage lässt sich eine zusätzliche Überlastung des Strassensystems beim Einsatz automatisierter Fahrzeuge in Städten und Agglomerationen kaum vermeiden. Neben der oben angeführten Erhöhung des Besetzungsgrades und eines verbesserten Verkehrsmanagements sind wirkungsvolle ökonomische Instrumente zur Beeinflussung der Nachfrage zu entwickeln und anzuwenden.

3.3 Kapazitätswirkungen auf Nationalstrassen und im nachgelagerten Strassennetz

Erkenntnis: Das allgemeine Verkehrswachstum neutralisiert die Kapazitätsgewinne durch automatisiertes Fahren

Die deutlich kürzeren Reaktionszeiten vernetzter automatisierter Fahrzeuge ermöglichen geringere Abstände und erhöhen damit die Kapazitäten von Strassen. Substanzielle Verbesserungen ergeben sich aber erst bei einer sehr hohen Flottendurchdringung mit hochautomatisierten Fahrzeugen. Eine solche wird ohne Eingriffe der öffentlichen Hand bis 2050 nicht erreicht sein. Die erzielbaren Kapazitätssteigerungen und der höhere Anteil an kollektiv genutzten selbstfahrenden Automobilen werden die Stauproblematik auf dem Nationalstrassen- und dem nachgelagerten Strassennetz trotz eines weiteren, allgemeinen Verkehrswachstums zwischenzeitlich zwar etwas entschärfen, lösen werden sie bis zum Jahr 2050 aber nicht.

Handlungsgrundsatz: Eine beschleunigte Durchdringung der Automobilflotte mit automatisierten Fahrzeugen fördern

Das Potenzial automatisierter Fahrzeuge zur effizienteren Nutzung der Verkehrsflächen soll möglichst frühzeitig genutzt werden. Zu diesem Zweck wird die Durchdringung der Fahrzeugflotte mit hochautomatisierten Fahrzeugen soweit möglich beschleunigt.

Handlungsgrundsatz: Die Erhöhung des Besetzungsgrads automatisierter Fahrzeuge unterstützen

Dank höherem Besetzungsgrad können bei gleich hoher oder gar abnehmender Anzahl Fahrzeugkilometer mehr Personen transportiert und die Strassen effizienter genutzt werden. Entsprechend wichtig ist die kollektive Nutzung der automatisierten Fahrzeuge.

Handlungsgrundsatz: Bauliche Erweiterungen der Nationalstrassen vorantreiben

Trotz effizienterer Nutzung der verfügbaren Verkehrsflächen kann bis 2050 auf eine bauliche Erweiterung der Nationalstrassen nicht verzichtet werden. Dies schliesst nicht aus, dass weitere Massnahmen, insbesondere im Bereich der Beeinflussung des Verkehrsverhaltens ergriffen werden. Zusätzliche Fahrspuren erhöhen die betriebliche Flexibilität der Nationalstrasse. Diese kann dann genutzt werden, um beispielsweise eine Fahrspur pro Richtung für vollautomatisierte Fahrzeuge oder für Fahrzeuge mit mindestens zwei Insassen zu reservieren.

3.4 Kollektive Formen des Mobilitätsangebots

Erkenntnis: Kollektiv genutzte automatisierte Strassenfahrzeuge führen zu neuen und effizienten Mobilitätsangeboten

Hochautomatisierte Fahrzeuge ermöglichen neue Formen kollektiver Mobilität. Diese müssen nicht zwangsläufig dem heutigen System des öffentlichen Verkehrs entsprechen, den die öffentliche Hand bestellt und abgilt.

Vielmehr scheint es möglich, dass sich teils auch auf eigenwirtschaftlicher Basis zusätzliche Mischformen zwischen individuellem und kollektivem Verkehr entwickeln werden.

Diese bedienen als Teil von multimodalen Angeboten auf längeren Distanzen einen Abschnitt der Wegekette oder bieten Direkttransporte an. Im Nahbereich könnten sie Tür-zu-Tür-Transporte offerieren.

Die heute gültigen Regulierungen des Personentransports, wie z.B. die Konzessionsvorschriften, lassen solche kommerziellen Angebote ausserhalb des öffentlichen Verkehrs jedoch noch nicht zu. Soll eine attraktive Alternative zum Kauf und zur (übermässigen) Nutzung von automatisierten Fahrzeugen im Privatbesitz geboten werden, muss das Angebot hinsichtlich Komfort (z.B. Tür-zu-Tür-Dienste) etwa gleichwertig sein.

Damit könnten in Zukunft auf der Strasse drei Arten von automatisiertem Personenverkehr nebeneinander stehen: individueller Privatverkehr, kommerzieller kollektiver Verkehr und abgoltener öffentlicher Verkehr. Noch ist offen, ob und wie der kommerzielle kollektive Verkehr vom öffentlichen Verkehr abzugrenzen ist.

Handlungsgrundsatz: Die neuen Angebotsmöglichkeiten konsequent nutzen und ins Mobilitätssystem integrieren

Die Möglichkeiten aus der Automatisierung und der Digitalisierung werden konsequent genutzt, um bestehende Verkehrsangebote zu verbessern und zu ergänzen.

Handlungsgrundsatz: Kollektive und kommerzielle Transportdienstleistungen mit hochautomatisierten Fahrzeugen ausserhalb des klassischen öffentlichen Verkehrs zulassen

Die bestehenden rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen sind im Hinblick auf eine stärkere kollektive und kommerzielle Nutzung von automatisiert fahrenden Automobiltypen anzupassen (vgl. auch Punkt 3.5). Damit wird einer übermässigen Erhöhung der Fahrleistung mit hochautomatisierten Fahrzeugen entgegengewirkt.

Erkenntnis: Die Erhöhung des Besetzungsgrades durch Pooling ist ein zentraler Ansatz zur Bewältigung der Mobilität mit automatisierten Fahrzeugen

Die Erhöhung des Besetzungsgrads von Fahrzeugen ist einer der wichtigsten Ansätze, um die Verkehrsmenge mit automatisierten Fahrzeugen bewältigen zu können (vgl. auch Kapitel 3.2). Dazu bietet sich u.a. das Pooling von Fahrgästen an. Die betroffenen Reisenden werden im Vorlauf einer gemeinsamen Strecke an verschiedenen Orten aufgenommen und im Nachlauf individuell wieder abgesetzt.

Noch haben die meisten Menschen starke Vorbehalten, ein Fahrzeug gemeinsam mit nicht bekannten Personen zu nutzen. Eine weitere Herausforderung besteht in der Simulation der potentiellen Fahrgäste; die bestehenden Modelle lassen die Entwicklung eines ausreichend erfolgreichen Ride-Pooling-Geschäftsmodells jedenfalls noch nicht zu.

Handlungsgrundsatz: Entwicklung von technischen und verhaltensökonomischen Ansätzen zur Erhöhung des Besetzungsgrades von Fahrzeugen unterstützen

Die Wissenslücken für die Entwicklung erfolgversprechender Massnahmen zur Erhöhung des Besetzungsgrades von Fahrzeugen sind zu schliessen. Klärungsbedarf besteht beispielsweise bei der Simulation von gemeinsamen Wunschlinien und der kurzfristigen Bildung eines passenden Mobilitätsangebots. Weitgehend unbekannt sind aber auch die Gründe für die breite Skepsis gegenüber Pooling-Angeboten. Allein darauf zu vertrauen, dass der Verkehrsmarkt dieses Problem löst, erscheint aufgrund der Bedeutung des Prinzips als nicht sinnvoll.

Die entsprechenden Massnahmen sind bereits vor der Einführung automatisierter Fahrzeuge an die Hand zu nehmen.

3.5 Wettbewerbsfähigkeit des öffentlichen Verkehrs

Erkenntnis: Durch automatisierte Fahrzeuge wird die individuelle Mobilität noch preiswerter und attraktiver

Im Transportdienstleistungsgewerbe mit automatisierten Taxis wird der Ersatz des Fahrens durch die Automatisierung zu einer substanziellen Kosten- und Preissenkung führen. Verbunden mit dem Komfortgewinn, den dieses Verkehrsmittel z.B. durch Direkttransporte von Tür- zu-Tür oder eine bessere örtliche und zeitliche Verfügbarkeit ermöglicht, gerät der klassische, öffentliche Personentransport unter Druck.

Gemäss den Modellergebnissen aus dem TP 2 benutzte ein grosser Anteil der Fahrgäste in automatisierten Taxis vormals den öffentlichen Verkehr. Besonders ausgeprägt war dieser Effekt im Fernverkehr, in dem automatisiertes Fahren gegenüber dem öffentlichen Verkehr sehr attraktiv ist.

Wird den Modellbetrachtungen hingegen hinterlegt, dass die Effizienzsteigerungen durch die Automatisierung des öffentlichen Verkehrs in Form von Preisreduktionen an die Fahrgäste weitergegeben werden, wirkt sich dies positiv auf die Nutzung des öffentlichen Verkehrs aus. Unter diesen Bedingungen kann der klassische öffentliche Verkehr dem Konkurrenzdruck der automatisierten Taxis entgegenhalten.

Handlungsgrundsatz: Die Möglichkeiten zum Erzielen von Effizienzsteigerungen durch Automatisierung im öffentlichen Verkehr nutzen

Der klassische öffentliche Verkehr muss seine «Produktionskosten» weiter senken. Die bereits begonnenen Programme zur Klärung der Möglichkeiten von Automatisierungen und damit Effizienzsteigerungen im öffentlichen Verkehr auf Schiene und Strasse sind weiterzuführen und auszubauen.

Handlungsgrundsatz: Wirkungsvolle Steuerungsinstrumente einführen, um die Wettbewerbsfähigkeit kollektiv genutzter Mobilitätsangebote zu unterstützen

Die Preisschere zwischen individuell und kollektiv genutzten Mobilitätsangeboten darf sich nicht weiter öffnen, zudem ist die Mobilität grundsätzlich zu billig. Daher sollen die Produktivitätseffekte, die durch die Digitalisierung und die Automatisierung von individuell genutzten automatisierte Taxis entstehen, zumindest teilweise abgeschöpft werden. Eine vollständige Abschöpfung hingegen dürfte die Entwicklung entsprechender Geschäftsmodelle verunmöglichen und so die private Nutzung automatisierter Fahrzeuge begünstigen (vgl. Pkt. 3.4)

3.6 Datengesteuertes Verkehrsmanagement

Erkenntnis: Neue Datensätze zur Bewegung und Destination von automatisierten Fahrzeugen schaffen neue Möglichkeiten für ein vorausschauendes Verkehrsmanagement

Schon heute prognostizieren Navigationsdienstleister mit Modellen das Verkehrsaufkommen sowie die Fahrrichtung und die Geschwindigkeit der Fahrzeuge für einige Minuten in die Zukunft. Damit können einer Fahrzeugflotte vorausschauend Routen empfohlen oder vorgegeben und der Verkehrsfluss im Gesamtsystem verbessert werden. Basis für solche Modelle sind Bewegungsdaten und die gewünschten Ziele der Fahrten in Echtzeit.

Automatisierte Fahrzeuge verfügen zwingend über diese Informationen. Zudem können ihr Routing und ihr Fahrverhalten direkt beeinflusst werden. Verbunden mit Lösungen, die mit Unterstützung des Maschinenlernens entwickelt werden, kann ein solches vorausschauende System eine massgebliche Rolle für das Routing von hochautomatisierten Fahrzeugen und zur allgemeinen Steuerung des Strassenverkehrs spielen. Darüber hinaus können die Informationen für die weitere Verbesserung des verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements genutzt werden.

Dabei muss selbstverständlich gewährleistet werden, dass die Bestimmungen des Datenschutzes eingehalten werden.

Handlungsgrundsatz: Das Potenzial von Mobilitätsdaten für die weitere Verbesserung des Verkehrsmanagements nutzen

Die Möglichkeiten aus der Nutzung von Bewegungs- und Destinationsdaten in Echtzeit versprechen neue Handlungsspielräume, den Verkehr unter Berücksichtigung verkehrlicher, energie- und umweltpolitischer sowie sozialer Gesichtspunkte zu organisieren und zu lenken.

Die Vorteile eines optimierten Verkehrsflusses sollen allen und nicht nur speziell dafür zahlenden Kunden zur Verfügung stehen. Entsprechend ist ein durch die öffentliche Hand geführtes Verkehrsmanagement gegenüber einer Verkehrsbeeinflussung durch Betreiber privater Flotten mit automatisierten Fahrzeugen zu bevorzugen.

3.7 Raumwirkungen

Erkenntnis: Automatisiertes Fahren scheint in der Schweiz kein wichtiger Treiber für die Zersiedlung des ländlichen Raums zu werden

Mit selbstfahrenden Fahrzeugen könnte die Pendelzeit als Arbeitszeit genutzt werden. In grossen Flächenstaaten wie den USA wird deshalb seit einigen Jahren über die Möglichkeit diskutiert, den Wohnort in attraktive ländliche Gegenden weitab vom Arbeitsort zu verlegen. Die Folge wäre eine weiter voranschreitende Zersiedelung und eine zusätzliche Zunahme der Mobilität.

In der Schweiz übt etwa ein Drittel der Pendler Tätigkeiten aus, die nicht im Auto erledigt werden können. Im Weiteren zeigt die Analyse, dass sich die Länge, die Dauer und die Autobahnanteile einer typischen Pendlerstrecke für das Arbeiten im Auto nicht eignen. Zudem führen in der Schweiz die topografischen Bedingungen und die kleinräumige Besiedelung häufig zu kurvigen Fahrten. Auf entsprechenden Strassen und im städtischen Verkehr mit häufigen Stopps und Goes kann beim Arbeiten im Fahrzeug Reiseübelkeit entstehen. Für eine aktive Nutzung der Pendelzeit (oder anderer Unterwegszeiten) sind deshalb längere Wege mit langen Autobahnstrecken nötig. In der Schweiz sind mit dem Auto zurückgelegte Pendlerwege jedoch relativ kurz und ohne längere Autobahnanteile. Für eine aktive Zeitnutzung eignen sie sich daher nicht.

Auch unterscheiden sich typische Wege zwischen Stadt und Agglomeration in Distanz und Dauer nur unwesentlich von jenen zwischen Stadt und Land. Eine Motivation, zur aktiven Reisezeitnutzung aus der Stadt oder der Agglomeration aufs Land zu ziehen, lässt sich daraus jedenfalls nicht ableiten. Dazu wären bei der Wohnortwahl sehr radikale Entscheide zu treffen. Dies würde z.B. bedeuten, dass eine Familie nicht mehr aus der Stadt oder der Agglomeration ins benachbarte ländliche Gebiet umzieht, sondern in ein erheblich weiter entferntes Gebiet. Bei Entscheidungen über die Wahl des Wohnorts spielen jedoch nicht nur der Wohnungs- bzw. Immobilienpreis oder der «Aufwand» für die Pendelzeit eine Rolle, sondern auch soziale Aspekte wie die Nähe zur Familie, zu Bekannten oder zum Heimaort.

Aus diesen Überlegungen dürfte das automatisierte Fahren in der Schweiz aller Voraussicht nach zu keinem wichtigen Treiber für die weitere Zersiedlung des ländlichen Raums werden. Die Entwicklung muss aber im Auge behalten werden.

Handlungsgrundsatz: Entwicklung beobachten

Aus heutiger Sicht besteht kein Handlungsbedarf. Die Entwicklung wird aber beobachtet und bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt neu beurteilt.

3.8 Dynamik und Unsicherheiten in der Entwicklung

Der künftige Verlauf der technologischen Entwicklung oder der Entwicklung des gesellschaftlichen Umfeldes über einen Zeitraum von Jahrzehnten ist ebenso unbekannt wie dessen Geschwindigkeit. Zudem stehen in der Schweiz keine hochautomatisierten Fahrzeuge in regulärem Betrieb und die Entwickler machen die Verhaltensdaten solcher Fahrzeuge kaum zugänglich. Wirkungsschätzungen für das hochautomatisierte Fahren müssen daher mit Annahmen und Szenarien arbeiten.

Erkenntnis: Zum heutigen Zeitpunkt sind die Aussagen über die Wirkungen automatisierter Fahrzeuge begründete Schätzungen

Zu den konkreten Auswirkungen des hoch- bzw. vollautomatisierten Fahrens bleiben erhebliche Unsicherheiten bestehen. Dies gilt insbesondere für die Schweiz, in der solche Fahrzeuge nicht entwickelt und nur begrenzt getestet werden. Gleichzeitig findet weltweit eine sehr dynamische Entwicklung statt.

Handlungsgrundsatz: Im Umgang mit den Unsicherheiten bei der Einführung automatisierter Fahrzeuge zeigen alle Beteiligten ein hohes Mass an Agilität

Die Schweiz und ihre Behörden sollen sich möglichst frühzeitig auf die Veränderungen einstellen, die mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge verbunden sind. Dafür muss der Umgang mit den dynamischen und teilweise noch unbekanntem Entwicklungen flexibel und proaktiv, aber auch antizipativ und initiativ sein. Der strategischen Führung des Einführungsprozesses von automatisierten Fahrzeugen kommt eine besondere Bedeutung zu, ebenso wie einer periodischen Überprüfung der gesellschaftlichen Ziele und ihrer Erfüllung.

Handlungsgrundsatz: Behörden gewinnen praktische Erfahrung mit dem Einsatz von automatisierten Fahrzeugen auf schweizerischen Strassen

Der Übergang von theoretischen Überlegungen und von auf Annahmen basierenden Schätzungen zu Erkenntnissen und Erfahrungen muss vollzogen werden. Dafür sind in der Schweiz praktische Anwendungen von höher automatisierten Fahrzeugen der SAE-Stufen 3 und 4 notwendig. Dabei ist zu beachten, dass die Bedeutung des Schweizer Marktes für Hersteller automatisierter Fahrzeuge begrenzt ist und Nachbarländer mit bedeutender Automobilindustrie bereits seit Jahren sogenannte Testfelder für den Testeinsatz solcher Fahrzeuge zur Verfügung stellen.

4 Zielbild für eine erwünschte Entwicklung der Mobilität mit automatisierten Fahrzeugen

Das Zielbild stellt einen wünschbaren Zustand für ein Strassenverkehrssystem mit automatisierten Fahrzeugen im Zeithorizont 2050 dar. Es wurde aus den Handlungsgrundsätzen des Kapitels 3 abgeleitet, berücksichtigt die Zielsetzungen der Schweizer Verkehrspolitik und definiert den Rahmen für die Ausrichtung der nötigen Massnahmen aus Sicht der Fachbehörde des Bundes für die Strasseninfrastruktur und den individuellen Strassenverkehr.

Das Zielbild fokussiert auf die verkehrlichen Belange des automatisierten Fahrens. Weitere wichtige Aspekte wie der Klimaschutz oder die Energieeffizienz werden bewusst weggelassen. Zum einen, um die Komplexität des Zielbildes überschaubar zu halten. Zum anderen in der festen Überzeugung, dass für die Bewältigung der verkehrlichen Belange im heutigen Verkehrssystem erhebliche Effizienzsteigerungen unabdingbar sind und dass von diesen das Klima und der Energiebedarf in vergleichbarem Umfang profitieren werden.

4.1 Automatisiertes Fahren ist möglich

Im Jahr 2050 sind in der Schweiz für den Personen- und den Güterverkehr automatisierte Strassenfahrzeuge bis und mit SAE-Stufe 4 im Einsatz¹⁵. Sie verkehren elektronisch vernetzt und tauschen untereinander, mit der Infrastruktur sowie mit Dritten (andere Fahrzeuge, nicht motorisierte Verkehrsteilnehmende, Verkehrsmanagement-Zentralen etc.) Daten und Informationen aus. Für eine sichere Orientierung von automatisierten Fahrzeugen sowie für den sicheren, schnellen und verlässlichen Datenaustausch bestehen die physischen und digitalen infrastrukturseitigen Voraussetzungen.

Datenverbund für das Strassenverkehrssystem liefert Informationen für einen sicheren und effizienten Betrieb

Für den Betrieb der Strasseninfrastruktur sowie für den zuverlässigen Betrieb von automatisierten Fahrzeugen sind u.a. Informationen über den Zustand der Strasseninfrastruktur, die Umgebungsbedingungen und den Umgebungsverkehr erforderlich. Insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten und in unübersichtlichen Situationen reichen Daten aus bord-eigenen Sensoren für ein sicheres Fahren nicht immer aus. Daher werden extern gesammelte und verarbeitete Echtzeitdaten in das Fahrzeug geleitet. Die Daten stammen aus einem digitalen Abbild des Strassenverkehrssystems, das von einem von allen Beteiligten gemeinsam betriebenen und selbstlernenden Datenverbund gespeist wird. Zu den Daten gehören u.a. Angaben zur Verortung, statische Daten wie Strassenbeschaffenheit oder Nutzungsbeschränkungen sowie dynamische Daten wie die Positionen der Fahrzeuge oder der Status der Signalisation. Ebenfalls von Bedeutung sind Daten aus dem Building Information Management (BIM) für den Verkehrsträger Strasse, Daten aus dem «Verkehrsnetz Schweiz»¹⁶, Daten über die Bewältigung von Ereignissen sowie Daten zur Hard- und Software der Fahrzeuge.

Rückfallebenen bei Störungen des automatisierten Betriebs

Automatisierte Fahrzeuge, die beispielsweise aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen nicht mehr selbst fahren können, werden manuell gesteuert oder sie fahren eigständig an einen sicheren Ort und halten dort an.

¹⁵ Fachkreise gehen davon aus, dass die Entwicklung von Fahrzeugen der SAE-Stufe 5 so komplex ist, dass mit ihrer Einführung zumindest vorderhand nicht zu rechnen ist.

¹⁶ Beim «Verkehrsnetz Schweiz» handelt es sich um eine Datenplattform, mit der die öffentliche Hand die Vernetzung, Erweiterung und Optimierung der digitalen Abbildung des Verkehrssystems der Schweiz vornimmt.

4.2 Umgang mit Mischverkehr ist sichergestellt

Die Einführung automatisierter Fahrzeuge ist erfolgreich vorangekommen. Um die nötigen Vorkehrungen rechtzeitig treffen zu können, haben die Behörden für die schrittweise Einführung automatisierter Fahrzeuge verschiedene Entwicklungspfade erarbeitet. Diese Pfade zeigen die erforderlichen Tätigkeiten, die Zuständigkeiten, die Zeiträume sowie den Finanzbedarf auf. Sie bilden eine zentrale Grundlage für die Planung des staatlichen Handelns. Die Entwicklungspfade basieren auf den verfügbaren Informationen aus der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge und werden regelmässig aktualisiert sowie an neue Erkenntnisse angepasst.

Staatliche Eingriffe verkürzen Phase mit Mischverkehr

Der Staat nutzte die Potenziale automatisierter Fahrzeuge zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur effizienteren Nutzung der bestehenden Verkehrsflächen frühzeitig und konsequent. Er hat bereits zu Beginn der Einführung automatisierter Automobile Massnahmen ergriffen, um die Durchdringung der Fahrzeugflotte mit automatisierten Fahrzeugen zu beschleunigen.

Am erfolgreichsten ist eine konsequente Förderung kollektiv genutzter, automatisierter Fahrzeuge. Ihre jährliche Fahrleistung ist um Faktoren höher als die Fahrleistung individuell genutzter Fahrzeuge. Deshalb müssen sie bereits nach wenigen Jahren ersetzt werden, was die schnelle Durchdringung der Flotte mit Fahrzeugen auf dem neusten technologischen Stand unterstützt.

2050 sind in der schweizerischen Flotte rund 60% der Fahrzeuge hochautomatisiert. Besonders hoch ist der Anteil automatisierter Fahrzeuge auf den Autobahnen und den Überlandstrassen. Entsprechend hoch sind auf diesen Strassen die bereits realisierten Sicherheits- und Effizienzgewinne.

Trotz dieser durchaus erfolgreichen Strategie stellt der Mischverkehr den Staat und alle weiteren Beteiligten auch ausserhalb der Siedlungsgebiete noch für eine längere Zeit vor grössere Herausforderungen.

Spezielle Regelungen im Siedlungsraum

In den besiedelten Gebieten gelten spezielle Regelungen, die leicht verletzbare Verkehrsteilnehmende schützen und das Nebeneinander aller Verkehrsmittel ermöglichen. Insbesondere ist dafür gesorgt, dass automatisierte Fahrzeuge für alle am Verkehr Beteiligten erkennbar sind und die Kommunikation mit ihnen möglich ist.

Für einen zusätzlichen Sicherheitsgewinn soll sich künftig jede am Verkehr teilnehmende Person unter Einhaltung des Datenschutzes an der elektronischen Vernetzung mit den automatisierten Fahrzeugen beteiligen können. Erste Grundlagen dafür bestehen bereits.

Sensibilisierung für Verhalten automatisierter Fahrzeuge

Der sichere Umgang mit automatisierten Fahrzeugen erfordert Wissen über das besondere Verhalten solcher Fahrzeuge. Die Vermittlung dieses Wissens ist Teil der für alle notwendigen Sensibilisierung. Sie beginnt bereits in der Schule und ist fester Bestandteil der Fahrerausbildung. Für alle anderen Personen wird sie durch regelmässige Aufklärungskampagnen sichergestellt.

Verstärkte Verkehrsüberwachung

Die Gewährleistung der Verkehrssicherheit ist zwingende Voraussetzung für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge. Die Einführungsphasen sind diesbezüglich besonders anfällig. Deshalb wird der Verkehr während solcher Phasen besonders intensiv überwacht und kontrolliert.

In Notsituationen, aber auch zur Verkehrslenkung (vgl. Kapitel 4.6), können die Behörden von aussen auf die betroffenen Fahrzeuge zugreifen und die Fahrten beeinflussen.

4.3 Kollektive Nutzung von automatisierten Fahrzeugen ist unterstützt

Um die Entwicklung des Verkehrs im Griff zu behalten und ein zu starkes Umsteigen vom klassischen öffentlichen Verkehr sowie von Zweirädern auf schwach besetzte automatisierte Taxis zu verhindern, haben die Behörden seit ihrer Einführung lenkend eingegriffen. Im Fokus liegt die Erhöhung des Besetzungsgrades automatisierter Fahrzeuge und die Bereitstellung neuer kollektiver Mobilitätsangebote. Die Basis dafür bilden breit abgestützte verkehrspolitische Ziele, die noch vor der Einführung automatisierter Fahrzeuge festgelegt wurden.

Auf neue Simulationen gestützte Geschäftsmodelle beim Ride-Pooling verhelfen kollektiv genutzten automatisierten Taxis zum Durchbruch

Die technischen Lösungen für das Erfassen und das «Zusammenführen» der sich teilweise überlagernden Wunschlinien von Reisenden sind gut. In den Städten und Agglomerationen stehen passende Angebote in kleineren Transportgefässen, sogenannten automatisierten Taxis, schnell zur Verfügung und die Preise für diese kollektiv genutzten Fahrzeuge sind attraktiv.

Diese Mobilitätsform ist weder privat, noch Bestandteil des öffentlichen Verkehrs. Mit den automatisierten Taxis hat sich eine neue kollektive Mobilitätsform gebildet, die eigenwirtschaftlich und kommerziell organisiert ist. Sie hat konzeptionell mehr Gemeinsamkeiten mit Taxis als mit öffentlichem Verkehr.

Bereits seit geraumer Zeit bestehen die rechtlichen und technischen Voraussetzungen für die Entwicklung von On-Demand-Angeboten mit Transportgefässen von weniger als neun Personen. Das Konzessionssystem im öffentlichen Verkehr ist in Bezug auf diese neuen Erfordernisse angepasst worden.

Verkehrlich wirken sich die kollektiv genutzten automatisierten Taxis gleich in mehreren Hinsichten positiv aus:

- Dank des vermehrten Einsatzes etwas grösserer Transportgefässe und der Erhöhung des Besetzungsgrades werden mit weniger Fahrzeugen weit mehr Personen transportiert als früher. Die Strassen in den Städten und Agglomerationen profitieren davon in besonderem Masse.
- Durch die Bereitstellung eines guten, komfortablen und preiswerten Angebots im kollektiven automatisierten Verkehr verliert der private Erwerb von teuren automatisierten Fahrzeugen für viele an Bedeutung. Dies ist ein Vorteil, denn automatisierte Fahrzeuge im Privatbesitz weisen eine deutlich höhere jährliche Fahrleistung auf als die konventionell gesteuerten Automobile früherer Zeiten.

Steuerung des Verkehrs über den Preis

Mobilität auf Strasse und Schiene war viel zu preiswert; bei Experten hat sich diese Erkenntnis bereits vor vielen Jahren durchgesetzt. Als die Einführung automatisierter Fahrzeuge die Verkehrsnachfrage noch zusätzlich anzuheizen drohte und die Bevölkerung in der dicht besiedelten Schweiz auch Infrastrukturweiterungen für den öffentlichen Verkehr nicht mehr akzeptierte, war die Zeit für eine generelle Verteuerung der Mobilität reif.

Inzwischen ist ein Teil der externen Kosten des gesamten Verkehrs internalisiert. Die Produktivitätseffekte aus der Automatisierung und der Digitalisierung in der Mobilität haben diesen Prozess erleichtert. Beim öffentlichen Verkehr wurde ein Teil der Produktivitätseffekte abgeschöpft, um die Abgeltung der ungedeckten Kosten zu reduzieren.

Die Verteuerung hat zu einem bewussteren Umgang mit der Mobilität geführt. Als besonders wirksam erweisen sich die gleichzeitig mit der Verteuerung eingeführten Preissysteme. Sie verteuern unerwünschte Verkehre wie die Leerfahrten von automatisierten Fahrzeugen, belohnen räumlich und energetisch effektive Verkehre wie Fahrten mit stark besetzten Fahrzeugen und begünstigen eine im Tagesverlauf ausgeglichene Nutzung der Verkehrsangebote.

Förderung und Regulierung von multimodaler Mobilität

Die Mobilität von Tür zu Tür erfolgt weitestgehend multimodal; jede und jeder nutzt die Verkehrsmittel, die ihren/seinen Bedürfnissen gerade am besten entsprechen und die verfügbar sind. Mehrere Mobilitätsdienstleister stellen die passenden Wegeketten zusammen und bieten sie ihren Nutzenden an. Einige arbeiten mit den Transportunternehmen und Verkehrsverbänden zusammen. Andere verwenden ihre eigenen Tools und verbinden die Mobilität mit anderen Anwendungen.

Die Angebote der Mobilitätsdienstleister sind in Bezug auf Komfort und Geschwindigkeit nahezu gleich gut wie die Nutzung des eigenen automatisierten Fahrzeuges, aber wesentlich preiswerter und erst noch viel umweltgerechter. Der Staat steht diesen «Mobility-as-a-Service-Dienstleistern» wohlwollend gegenüber. Er sorgt aber konsequent dafür, dass es beim Zugang zur Mobilität über Plattformen zu keinen Monopolbildungen kommt und dass der Schutz der persönlichen Daten gewährleistet bleibt.

Eine wichtige Rolle kommt den multimodalen Mobilitätsdrehscheiben zu. Sie sind in den Zentren sowie an der Peripherie von Agglomerationen entstanden und dienen schon seit vielen Jahren als zentrale Umsteigepunkte zwischen den Verkehrsmitteln und –trägern. Die fortschreitende Digitalisierung und die Entstehung neuer Mobilitätsangebote nach der Einführung automatisierter Fahrzeuge haben den Drehscheiben einen zusätzlichen Schub verliehen. Heute sind es hoch attraktive und multifunktional genutzte Standorte, die aus dem Mobilitätssystem der Schweiz mit seinem starken Fokus auf die kollektiven Angebote nicht mehr wegzudenken sind.

4.4 Gravierendste Engpässe auf dem Nationalstrassennetz sind beseitigt

Auf dem Hochleistungsstrassennetz vermochten die ergriffenen Massnahmen u.a. zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens und zur Vermeidung von Verkehr den Mehrverkehr aus dem Bevölkerungswachstum und dem allgemeinen Mobilitätswachstum zwar zu kompensieren, die gravierendsten Engpässe konnten sie aber nicht beseitigen. Zudem bestand das Hochleistungsstrassennetz fast ausschliesslich aus Strassen mit zwei Fahrstreifen pro Richtung. Diese wiesen eine geringe betriebliche Flexibilität auf und liessen weder die bevorzugte Nutzung eines Fahrstreifens durch automatisierte Fahrzeuge, noch dessen ausschliessliche Nutzung durch Fahrzeuge mit einem hohen Besetzungsgrad zu.

Hochleistungsstrassen gemäss dem Infrastrukturprogramm des Bundes erweitert

Zwischenzeitlich sind die Nationalstrassen gemäss dem Strategischen Entwicklungsprogramm des Bundes erweitert worden. Die verbliebenen Engpässe sind beseitigt und die neuralgischen Abschnitte des Schweizer Nationalstrassennetzes weisen mindestens drei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung auf.

Damit ist das Nationalstrassennetz der Schweiz «gebaut». Zusätzliche Erweiterungen sind in der dicht besiedelten Schweiz weder vorgesehen, noch möglich. Die weitere Entwicklung der Schweiz muss mit den verfügbaren Verkehrsflächen auskommen.

Zusätzliche Fahrstreifen sind automatisierten Fahrzeugen mit hohem Besetzungsgrad vorbehalten

Die zusätzlich erstellten Fahrstreifen sind automatisierten Fahrzeugen mit mindestens zwei Insassen vorbehalten. Dies schafft zusätzliche Anreize für einen Wechsel hin zu hoch automatisierten Fahrzeugen und zur Erhöhung des Besetzungsgrades. Zusammen mit den minimalen Abständen, die die kurze Reaktionszeit der automatisierten Fahrzeuge ermöglicht, trägt beides zur effizienteren Nutzung der verfügbaren Verkehrsflächen bei.

Vorbehaltener Beschluss: Die am stärksten belasteten Nationalstrassenabschnitte werden nur noch für automatisierte Fahrzeuge zugelassen

Am grössten sind die Kapazitätsgewinne auf Strassen ausserhalb des Siedlungsraums, auf denen nur noch automatisierte Fahrzeuge verkehren. Die Behörden diskutieren derzeit, auf den am stärksten belasteten Nationalstrassenabschnitten ab einem Stichjahr nur noch automatisierte Fahrzeuge der SAE-Stufe 4 (oder höher) zuzulassen. Diese Massnahme

soll verhindern, dass es auf den massiv staugefährdeten Abschnitten der Nationalstrassen nach der Umsetzung des Strategischen Entwicklungsprogramms erneut zu regelmässigen Engpässen kommt.

4.5 Öffentlicher Verkehr geht aus Transformation gestärkt hervor

Mit den kommerziell betriebenen und den kollektiv genutzten automatisierten Taxifloten hat sich zwischen dem individuellen Privatverkehr und dem abteilungsberechtigten öffentlichen Verkehr eine dritte Verkehrsart etabliert. Sie unterscheidet sich in der Nutzung kaum vom klassischen öffentlichen Verkehr, ist aber ausgesprochen wettbewerbsfähig.

Die kollektiv genutzten automatisierten Taxifloten sind so komfortabel und preiswert, dass sie für den öffentlichen Verkehr auch in den dicht besiedelten Räumen eine namhafte Konkurrenz darstellen. Sie schliessen aber auch die Angebotslücken in den Zwischenräumen. Diese waren früher oft der Grund dafür, dass ein Haushalt ein privates Automobil anschaffte und dieses dann auch für andere Fahrten nutzte. Gleichzeitig ermöglichen die Digitalisierung und die Automatisierung auch für den öffentlichen Verkehr die Entstehung völlig neuer und bedarfsgerechterer Angebotsformen. Die Anbieter des öffentlichen Verkehrs nutzen diese Möglichkeiten konsequent, um ihre Angebote zu verbessern.

Die neuen Angebote sind vollständig in den öffentlichen Verkehr integriert. Ein Teil als Ergänzung der früheren Angebote, ein anderer Teil als Ersatz nicht mehr zeitgemässer Angebote. Auch Kooperationen mit kommerziellen Anbietern von automatisierten Taxifloten sind inzwischen gängige Praxis. Der öffentliche Verkehr ist bereits stark automatisiert. Die durchgeführten Automatisierungsschritte haben in Teilbereichen erhebliche Kostensenkungen ermöglicht.

Weitere Stärkung der Bahnangebote

Für die stark bündelbare Verkehrsnachfrage auf mittleren und langen Distanzen stellen die automatisierten Fahrzeuge keine wünschenswerte Option dar. Für die Abwicklung dieser Verkehre setzen die Behörden weiterhin auf den Schienenverkehr. Entsprechend haben sie die beschlossenen Infrastrukturmassnahmen aus dem strategischen Entwicklungsprogramm zur Weiterentwicklung des Schienenverkehrs umgesetzt und damit die Voraussetzungen für weitere gezielte Angebotsverbesserungen geschaffen. Die Digitalisierung wird konsequent genutzt, um die Zuverlässigkeit der Angebote weiter zu verbessern und den Komfort für die Fahrgäste zu erhöhen. Für die meisten Reisenden ist für den Verkehr über mittlere und lange Distanz die Bahn das Verkehrsmittel erster Wahl.

Flexiblere Angebote in der Fläche

In den dicht besiedelten Räumen ergänzen kleinere, aber sehr viel flexiblere und bedarfsgerechtere Transportgefässe die bestehenden Angebote mit Trams und Linienbussen. Diese neuen Angebote nehmen die kleineren Verkehrsströme auf. Sie verkehren entlang virtueller Haltestellen On-Demand und nutzen dafür die Software für das Ride-Pooling der automatisierten Taxis (vgl. Kapitel 4.3).

In Gebieten mit geringer Siedlungsdichte kommen hauptsächlich kollektiv genutzte automatisierte Fahrzeuge zum Einsatz. Sie sind teilweise in den öffentlichen Verkehr integriert und basieren auf gemeinsam genutzten Fahrzeugen, die algorithmisch optimierte Routen bedienen und individuelle Ziele anfahren.

Die konsequente Förderung multimodaler Mobilitätsangebote durch die öffentliche Hand fördert diese Entwicklung zusätzlich.

Potenziale zur Kostensenkung sind konsequent genutzt

Die Betreiber des klassischen öffentlichen Verkehrs haben die Potenziale aus der Automatisierung konsequent zur Senkung der Produktionskosten genutzt. Durch die bisher umgesetzten Automatisierungsschritte konnten die Kosten je nach Verkehrsmittel um 20 bis 50 Prozent gesenkt werden.

Einen Teil dieser Kosteneinsparungen nutzen die Behörden, um die ungedeckten Kosten des öffentlichen Verkehrs zu senken (vgl. auch Kapitel 4.3). Mit dem anderen Teil finanzieren sie einen Teil der weiteren Angebotserweiterungen und -verbesserungen. Für die öffentliche Wahrnehmung ist es wichtig, dass der öffentliche Verkehr einen Teil seiner Angebotserweiterungen «selbst» finanziert.

Preisschere zwischen individuellem und kollektivem Verkehr bleibt geschlossen

Die Nachfrage nach Transportdiensten ist sehr preiselastisch. Gleichzeitig ist die dicht besiedelte Schweiz auf die starke Nutzung flächeneffizienter Verkehrsmittel angewiesen. Entsprechend wichtig ist es, dass sich die Preisschere zwischen dem privaten, dem öffentlichen sowie dem kommerziellen kollektiven Verkehr durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge nicht wieder öffnet.

Die Behörden verfolgen die entsprechenden Preisentwicklungen aufmerksam und greifen bei Bedarf frühzeitig lenkend ein, indem sie beim Individualverkehr weitere Teile der externen Kosten internalisieren. Mit dieser Preispolitik greifen sie in das Verkehrsverhalten der Bevölkerung ein und stellen sicher, dass Wohngebiete, Arbeitsplätze und Freizeitanlagen trotz beschränkter Verkehrsinfrastrukturen weiterhin zuverlässig erreichbar sind (vgl. auch Kapitel 4.3).

4.6 Der Verkehr wird vorausschauend gelenkt

Trotz der kollektiveren Nutzung automatisierter Fahrzeuge bleibt der Strassenverkehr beträchtlich. Gleichzeitig ergeben sich aus der Automatisierung und der Digitalisierung völlig neue Möglichkeiten für eine direkte Beeinflussung des Verkehrs. Die Behörden nutzen diese Möglichkeiten, um den Verkehr strassennetz- und verkehrsträgerübergreifend zu lenken.

Verkehrslenkung erfolgt durch neutrale Behörden

Als Eigentümer der Verkehrsinfrastrukturen und als neutrale Stelle spielt der Staat bei der Lenkung des Verkehrs eine führende Rolle. Er sorgt dafür, dass die verfügbaren Verkehrsangebote möglichst effizient genutzt werden und dass das Verkehrsmanagement von wirtschaftlichen Interessen unbeeinflusst bleibt. Das Verkehrsmanagement-System ist verkehrsträger- sowie strassennetzübergreifend konzipiert und optimiert den Verkehr zugunsten aller Nutzenden.

Um diese Aufgabe wahrnehmen zu können, haben die Behörden unter Einhaltung des Datenschutzes Zugriff auf alle dazu notwendigen Informationen und Daten von Privaten sowie kommerziellen und öffentlichen Verkehrsunternehmen. Dazu gehören insbesondere Informationen aus den Fahrzeugen sowie die Angaben zu den gewünschten Destinationen. Im Weiteren nutzen die Behörden weitere Verkehrs- und Umgebungsdaten sowie die stets aktualisierten Daten aus dem gemeinsam betriebenen Datenverbund (vgl. Kapitel 4.1). Über diesen Verbund stehen die Daten aus dem Verkehrsmanagement-System allen Interessierten zur Verfügung.

Vorausschauendes Verkehrsmanagement zur optimalen Nutzung der Verkehrsangebote

Die Verkehrsmanagementzentralen für die Strassen nutzen Daten aus dem Datenverbund, um die Verkehrssituation für bestimmte Perimeter in die Zukunft zu prognostizieren. Zeigt die Simulation Verkehrsengpässe, geben die Systeme optimierte Routenempfehlungen, Hinweise zur optimalen Geschwindigkeit oder Empfehlungen zur Nutzung anderer Verkehrsträger heraus. Die Behörden machen diese Informationen allen Nutzenden, Verkehrs- und Flottenbetreibern sowie den «Mobility-as-a-Service»-Anbietern zugänglich.

4.7 Staat und AF-Stakeholder handeln agil

Im Umgang mit der schwer vorhersehbaren und dynamischen Entwicklung bei der Einführung des automatisierten Fahrens zeigen alle Beteiligten ein hohes Mass an Agilität. Sie

entwickeln neue Ideen offensiv, handeln proaktiv und leben eine Kultur des Ausprobierens und des systematischen Lernens.

Die getroffenen Annahmen für die Einführung der automatisierten Fahrzeuge werden periodisch auf ihre Angemessenheit hin überprüft und laufend angepasst. Dies ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die weitere Verbreitung automatisierter Fahrzeuge.

Verkehrssystem ist international abgestimmt

Der Bund stimmt sich bei der Entwicklung des Verkehrssystems auf internationaler Ebene ab. Seine Behörden stellen sicher, dass der grenzüberschreitende Verkehr möglich bleibt und dass in der Schweiz keine vermeidbaren Insellösungen entstehen. Wo nötig und volkswirtschaftlich vertretbar, wird der nötige Spielraum geschaffen, um auf schweizerische Besonderheiten einzugehen. Solche können beispielsweise in der verstärkten kollektiven Nutzung automatisierter Fahrzeuge oder in ihrer Integration in die Angebote des öffentlichen Verkehrs bestehen.

Praktische Erfahrungen sammeln mit automatisierten Fahrzeugen

Damit Behörden und Dritte für die Einführung des automatisierten Fahrens auf Schweizer Strassen praktische Erfahrungen gewinnen konnten, förderte der Bund bereits in den zwanziger Jahren hochautomatisierte Pilotanwendungen u.a. auf Nationalstrassen. Die Ergebnisse und Erfahrungen hat er für weitere Abklärungen und Forschungen bzw. als Basis für Regulierungen verwendet.

5 Massnahmen zum Erreichen des Zielbildes

5.1 Staatliches Handeln ist nötig

Die Ergebnisse des Forschungspakets «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» zeigen, dass automatisierte Fahrzeuge sehr attraktiv sind und dass ihre uneingeschränkte Nutzung in den dicht besiedelten Räumen zu erheblichen Verkehrsproblemen führen kann. Sie zeigen aber auch, dass die Digitalisierung in der Mobilität vielfältige Chancen bietet, um die kollektiven Verkehre weiter zu stärken, die verfügbaren Verkehrsinfrastrukturen effizienter zu nutzen und die Verkehrssicherheit weiter zu erhöhen.

Politik und Behörden dürfen die Einführung automatisierter Fahrzeuge nicht einfach sich selbst bzw. dem Markt überlassen. Vielmehr müssen sie die Nutzung automatisierter Fahrzeuge von Beginn an in geordnete Bahnen lenken und günstige Rahmenbedingungen für eine effektive und verkehrspolitisch erwünschte Nutzung der vielversprechenden, neuen Technologien schaffen.

Wie in Kapitel 1 bereits ausgeführt, befasst sich das ASTRA bereits seit Jahren mit den Herausforderungen des automatisierten Fahrens. Im Rahmen seiner Amtstätigkeit werden bereits verschiedene Massnahmen ausgeführt, bzw. vorbereitet. Diese sind u.a. in der ASTRA-Teilstrategie Intelligente Mobilität¹⁷ sowie im Papier des Bundesrates «Bereitstellung und Austausch von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr»¹⁸ aufgeführt und werden nachfolgend als «laufende Massnahmen» erwähnt.

5.2 Fünf Handlungsfelder sind betroffen

Um die Wirkung der Automatisierung in Richtung des Zielbildes zu lenken, besteht in mehreren Bereichen Handlungsbedarf. Die aufgeführten Handlungsfelder fokussieren auf die Aktivitäten der öffentlichen Hand in den Themenfeldern, die in den Teilprojekten des Forschungspakets «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» behandelt wurden. Weitere wichtige Aspekte wie der Klimaschutz, die Energieeffizienz oder die Förderung bestimmter Technologien sind nicht Gegenstand der vorliegenden Betrachtung.

Politik und Behörden müssen in fünf Handlungsfeldern aktiv werden (vgl. Abb. 5):

- **Einführung automatisierter Fahrzeuge ermöglichen:** In der Schweiz muss die Nutzung automatisierter Fahrzeuge frühzeitig ermöglicht werden. Dafür ist der nötige regulative Rahmen zu schaffen und mit den Bedürfnissen der Gesellschaft abzustimmen. Parallel dazu müssen die zuständigen Stellen die nötigen infrastrukturseitigen und betrieblichen Voraussetzungen für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge ergreifen. Darunter fällt auch die Initiierung des gemeinsam mit anderen Beteiligten betriebenen Datenverbunds zur Bereitstellung der erforderlichen Daten. Das Handlungsfeld bildet das Fundament für alles weitere staatliche Handeln.
- **Umgang mit Mischverkehr sicherstellen und Phase mit Mischverkehr verkürzen:** Die Schweiz muss sich auch auf den Autobahnen und den Überlandstrassen auf eine längere Phase mit Mischverkehr einstellen. Dafür sind die nötigen Vorkehrungen zu treffen. Gleichzeitig sind Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine möglichst rasche Durchdringung der schweizerischen Fahrzeugflotte mit (hoch)automatisierten Fahrzeugen begünstigen.

¹⁷ Bundesamt für Strassen, Teilstrategie Intelligente Mobilität, Ausgabe 2019 V1.0

¹⁸ UVEK, Bereitstellung und Auswahl von Daten für das automatisierte Fahren im Strassenverkehr. Bern Juli 2018. <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet/studien-und-berichte.html>

- **Kollektive Nutzung fördern und ins Gesamtverkehrssystem integrieren:** Automatisierte Fahrzeuge sollen soweit möglich kollektiv genutzt werden. Der bestehende regulative Rahmen ist so anzupassen, dass die Entstehung neuer kollektiver Angebotsformen im kommerziellen privaten sowie im öffentlichen Verkehr möglich ist. Gleichzeitig schafft die öffentliche Hand günstige Rahmenbedingungen für die Integration der kollektiv genutzten automatisierten Fahrzeuge ins Gesamtverkehrssystem.
- **Effiziente Nutzung der Verkehrsflächen sicherstellen:** Das Potenzial automatisierter Fahrzeuge für eine effizientere Nutzung bestehender Verkehrsflächen ist konsequent zu nutzen. Es sind Massnahmen zu ergreifen, die eine beschleunigte Durchdringung der schweizerischen Fahrzeugflotte mit (hoch)automatisierten Fahrzeugen begünstigen. Dafür ist insbesondere auf dem Hochleistungsstrassennetz für die nötige betriebliche Flexibilität zu sorgen. Die zusätzlichen Daten und Informationen automatisierter Fahrzeuge sind für den Aufbau und den Betrieb eines vorausschauenden und verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements zu nutzen.
- **Neue Angebotsformen zur Stärkung des klassischen öffentlichen Verkehrs nutzen:** Das Schienenangebot wird weiter ausgebaut. Zur Weiterentwicklung des flächigen Verkehrs sind Anreize zu schaffen, die die Ergänzung und den allfälligen Ersatz bestehender Angebote im klassischen öffentlichen Verkehr durch neue, bedarfsgerechtere und kostengünstigere Angebotsformen begünstigen. Gleichzeitig sorgt die öffentliche Hand dafür, dass die Mobilität durch die Automatisierung nicht noch preiswerter wird und die Preisschere zwischen individuellem und kollektivem Verkehr geschlossen bleibt. Die Abgaben nutzt die öffentliche Hand zur effektiveren Lenkung des Verkehrs.

Im dynamischen und mit grossen Unsicherheiten behafteten Umfeld des automatisierten Fahrens muss die Umsetzung der Massnahmen mit einem **hohen Mass an Agilität** erfolgen. Dieses ist geprägt von verantwortungsvollem Experimentieren, einem raschen Handeln und dem zeitnahen Ergreifen nötiger Korrekturmassnahmen.

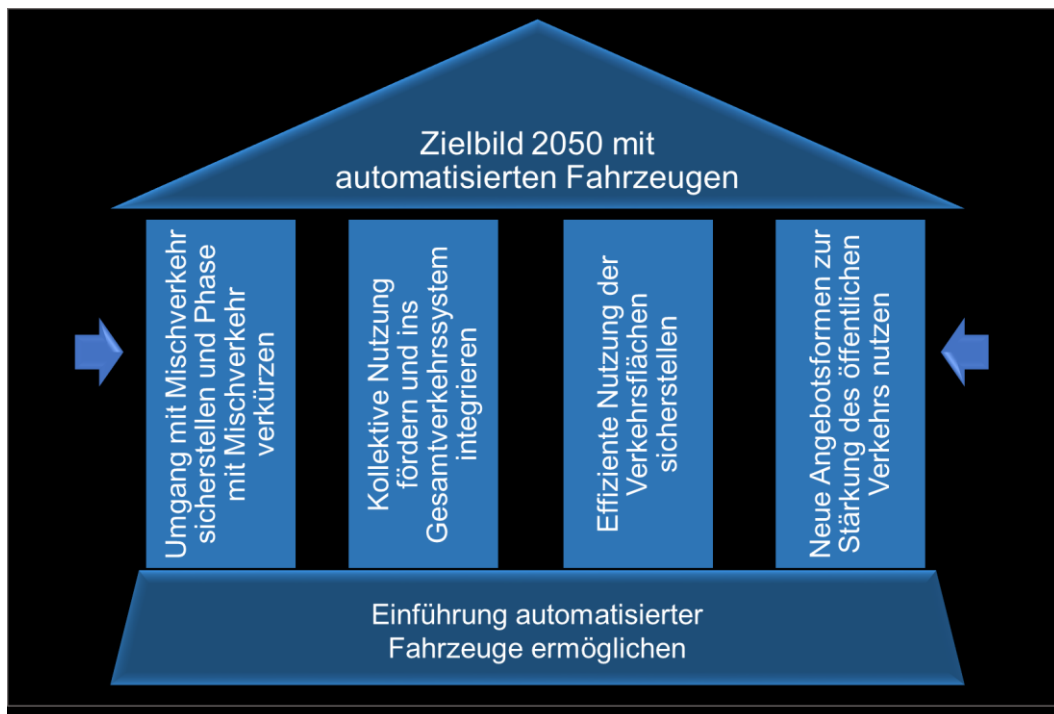


Abb.5: Konzeption der fünf Handlungsfelder mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge als Fundament, dem Umgang mit Mischverkehr, der Förderung einer kollektiven Nutzung, der effizienten Nutzung der Verkehrsflächen sowie der Stärkung des klassischen öffentlichen Verkehrs als Säulen und der Agilität als umhüllender Handlungsgrundsatz.

Nachfolgend sind je Handlungsfeld die wichtigsten Massnahmen aufgelistet. Dabei wird zwischen bereits laufenden Aktivitäten und neu zu initiiierenden unterschieden. Die jeweils zu einem Thema gehörenden Massnahmen bzw. Aktivitäten sind gebündelt dargestellt. Massnahmen, die zu mehreren Themen gehören, werden nur einmal aufgeführt.

5.3 Einführung automatisierter Fahrzeuge ist ermöglicht

Zusammenarbeit, Standards, Konzepte und Regulierungen

Laufende Massnahmen

- Mitarbeit in internationalen Organisationen zur Festlegung gemeinsamer Standards und Prozesse bei der Einführung des automatisierten Fahrens
- Regulierung für den Einsatz automatisierter Fahrzeuge in der Schweiz
- Zusammenarbeit mit Nachbarländern zur Vorbereitung praktischer Aspekte beim grenzüberschreitenden Verkehr automatisierter Fahrzeuge
- Raumbeobachtung zur Feststellung allfälliger Zersiedlungstendenzen

Neue Massnahmen

- Erarbeitung und periodische Überprüfung mögliche Entwicklungspfade für die Einführung und die Nutzung automatisierter Fahrzeuge unterschiedlicher Automatisierungsgrade. Darunter fallen beispielsweise Überlegungen zur Reihenfolge, in der bestimmte Strassentypen für das automatisierte Fahren zur Verfügung stehen sollen oder zur Frage, ob bestimmte kollektive Nutzungen im Siedlungsraum priorisiert werden sollen. Die daraus entwickelten Vorstellungen zu den nötigen Tätigkeiten, den Umsetzungsverantwortungen, den Zeiträumen und dem Finanzbedarf bilden die Basis für die Festlegung und die Koordination des staatlichen Handelns.
- Bei Bedarf: Definition Schweiz-spezifischer Leistungsanforderungen für den Einsatz von automatisierter Fahrzeuge

Information und Einbezug der Bevölkerung

Laufende Massnahmen

- Sensibilisierung der Bevölkerung zum automatisierten Fahren über Information und Mitwirkung (neu) sowie den Einbezug in Pilotversuche (läuft)
- Klärung von spezifischen ethischen Fragen, die im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren im schweizerischen Kontext entstehen werden

Vernetzung/kooperatives Fahren

Laufende Massnahmen

- Regelung der Pflicht zur Vernetzung von automatisierten Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur (V2X) in Abstimmung mit dem internationalen Diskussionsstand
- Koordination der Voraussetzungen für den Aufbau und den Betrieb von Kommunikationseinrichtungen für eine Vernetzung
- Weiterentwicklung von Vorstellungen für die Vernetzung der weiteren Verkehrsteilnehmenden mit den automatisierten Fahrzeugen und der Infrastruktur

Digitale Infrastruktur für automatisiertes Fahren

Laufende Massnahmen

- Konzeption, Regulierung, Finanzierung, Aufbau und Betrieb des gemeinsam betriebenen, selbstlernenden und offenen Datenverbundes (neu/Pilot läuft)
- Konzeption, Regulierung, Finanzierung, Aufbau und Betrieb eines Building Information Modelling (BIM) des Strassennetzes, das als Lieferant des gemeinsam betriebenen Datenverbundes Daten und Informationen erzeugt bzw. von dort Daten bezieht (neu, Pilot läuft);

5.4 Mischverkehr ist ermöglicht und die Phase mit Mischverkehr verkürzt

Verkehrsfluss und Verkehrssicherheit im Mischverkehr

Neue Massnahmen

- Mischverkehrsbezogene Anpassung der Regulierung zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses und der Verkehrssicherheit (insbes. für besonders verletzbare Verkehrsteilnehmende)
- Sensibilisierung der Bevölkerung im Hinblick auf den Umgang mit automatisierten Fahrzeugen
- Konzeptionierung und Ausbau der Überwachung und Kontrolle des automatisierten Verkehrs
- Regulierung des Eingriffs in die automatisierten Fahrfunktionen durch Behörden in bestimmten (Notfall-) Situationen

Durchdringung der Flotte mit automatisierten Fahrzeugen beschleunigen

Neue Massnahmen

- Frühzeitige Ermöglichung der Nutzung von Strassen für hochautomatisierte Fahrzeuge durch die Bereitstellung der notwendigen Daten über den gemeinsam betriebenen Datenverbund
- Unterstützung der Verbreitung von automatisierten Sharing-Fahrzeugen durch regulative Eingriffe, die zur Förderung kollektiv genutzter Fahrzeuge mit überdurchschnittlich hoher Fahrleistung beitragen
- Unterstützung des frühzeitigen Ersatzes konventionell gelenkter Fahrzeuge durch hochautomatisierte Sharing-Fahrzeuge
- Verkürzung der Nutzungsdauer von konventionell gelenkten Fahrzeugen durch die Förderung attraktiver Alternativen zur Nutzung des konventionellen Fahrzeugs

5.5 Kollektive Nutzung ist gefördert und multimodal integriert

Unterstützung der kollektiven Nutzung von automatisierten Fahrzeugen

Laufende Massnahmen

- Regulative Ermöglichung von On-Demand-Angeboten im gewerbsmässigen privaten (und im öffentlichen) Verkehr (z.B. Anpassung im Konzessionsrecht). Um die Entwicklung entsprechender Dienstleistungen von Beginn an zu ermöglichen, soll die Ermöglichung bereits vor der Einführung automatisierter Fahrzeuge erfolgen (läuft)

Neue Massnahmen

- Forschung und Regulierung für einen erfolgreichen kommerziellen Einsatz von Ride-Pooling und kollektiv genutzten automatisierten Taxiflotten
- Konzeption und Regulierung des Ein- und Ausstiegs in bzw. aus kollektiv genutzten automatisierten Fahrzeugen im Siedungsraum

Neue Nutzungsformen in die multimodale Mobilität integrieren

Laufende Massnahmen

- Konzeption, Masterplanung und Abstimmung von multimodalen Verkehrsdrehscheiben in Zusammenarbeit mit anderen Behörden, Mobilitätsanbietern sowie Gebietskörperschaften (läuft) und Integration der neuen Angebotsformen in die Drehscheiben (neu);
- Regulierung und Förderung eines Geschäftsmodells im Sinne von «Mobility as a Service», das die verstärkte Nutzung multimodaler Mobilitätsangebote unterstützt

Neue Massnahmen

- Regulierung zur Verhinderung von Monopolbildung beim Zugang zur Mobilität durch elektronische Mobilitätsportale

5.6 Potenzial zur effizienten Nutzung der Verkehrsflächen und Verkehrsangebote ist genutzt

Verbliebene Engpässe beseitigen, betriebliche Flexibilität erhöhen

Laufende Massnahmen

- Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit und Erhöhung der betrieblichen Flexibilität der Nationalstrassen durch die Umsetzung des Strategischen Entwicklungsprogramms überall dort, wo die Massnahmen zur besseren Nutzung der verfügbaren Kapazitäten, zur verstärkten Nutzung kollektiver Angebote und zur Vermeidung von Verkehr keine ausreichende Entlastung ermöglichen

Neue Massnahmen

- Nutzung der höheren betrieblichen Flexibilität zur Förderung automatisierter Fahrzeuge mit hohem Besetzungsgrad, indem die zusätzlichen Fahrstreifen aus dem Strategischen Entwicklungsprogramm automatisierten Fahrzeugen mit mindestens zwei Insassen vorbehalten sind
- Vorbehaltene Massnahme, falls die getroffenen Massnahmen keine ausreichende Wirkung zeigen: Prüfung einer ausschliesslichen Zulassung automatisierter Fahrzeuge auf häufig überlasteten Abschnitten der Nationalstrasse, sobald automatisierte Fahrzeuge die notwendigen Automatisierungsgrade aufweisen und eine ausreichende Flotten-Durchdringung erreicht ist

Weiterentwicklung des prospektiven Verkehrsmanagements

Neue Massnahmen

- Konzeption, Planung, Organisation, Regulierung, Finanzierung und Aufbau eines verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagement-Systems. Das System ermöglicht eine behördliche Verkehrslenkung, die die umfassenden Informationen automatisierter Fahrzeuge nutzt, um das Verkehrsgeschehen prospektiv zu beeinflussen. Ziel der Verkehrsbeeinflussung ist die optimale Nutzung des Gesamtverkehrssystems
- Schaffung der rechtlichen Grundlagen für den Zugriff des Staates auf anonymisierte Bewegungsdaten und Destinationseingaben der Verkehrsteilnehmenden unter Einhaltung des Datenschutzes

Einführung effektiver Preissysteme

Neue Massnahmen

- Internalisierung eines Teils der externen Kosten des Verkehrs durch die Abschöpfung der Produktivitätseffekte aus der Automatisierung der Mobilität
- Abschöpfung eines Teils der Produktivitätseffekte aus der Automatisierung des öffentlichen Schienen- und Strassenverkehrs zur Senkung der ungedeckten Kosten des öffentlichen Verkehrs
- Nutzung der Preissteigerungen im individuellen und im kollektiven Verkehr zur Einführung eines wirkungsvollen Mobility-Pricing, das die tageszeitlich und räumlich besser ausgeglichene Nutzung der Angebote sowie die Nutzung kollektiver Angebote unterstützt

5.7 Öffentlicher Verkehr ist gestärkt

Angebotsverbesserungen im klassischen, öffentlichen Verkehr

Laufende Massnahmen

- Weitere Stärkung des Schienenangebotes durch die Umsetzung der strategischen Entwicklungsprogramme des Bundes und der darin vorgesehenen Angebotserweiterungen
- Konsequente Nutzung der Automatisierung zur Senkung der Produktionskosten im öffentlichen Schienen- und Strassenverkehr

Neue Massnahmen

- Nutzung der neuen automatisierten Angebotsformen zur Ergänzung und fallweise zum Ersatz bestehender Angebote in der Fläche. Dazu gehören insbesondere der Einsatz kleinerer sowie flexibler einsetzbarer Transportgefässe sowie die Nutzung der neuen technologischen Möglichkeiten zur Verbesserung des Ride-Poolings
- Schaffung und Bewirtschaftung attraktiver und flexibel nutzbarer Haltepunkte für den Fahrgastwechsel
- Nutzung eines Teils der Produktivitätseffekte zur Finanzierung weiterer Angebots-erweiterungen

5.8 Agilität im Vorgehen und Verhalten

Laufende Massnahmen

- Systematisches Schliessen von Wissenslücken im Bereich des automatisierten Fahrens und seiner Wirkungen durch zielgerichtete, angewandte Forschung
- Ermöglichung von Praxistests hochautomatisierter Fahrzeuge (u.a. auf Nationalstrassen) unter den spezifischen schweizerischen Bedingungen, um diese entsprechend auszugestalten und testen zu können

Neue Massnahmen

- Laufende Überprüfung der getroffenen Annahmen in den Strategien und Konzepten für die Einführung des automatisierten Fahrens,
- Anwendung der Prinzipien der Agilität in der Gesetzgebung und beim Vorgehen; d.h. aus praktischen Erfahrungen werden kurzfristig abgestimmte Verbesserungen der Regelungen abgeleitet und in Kraft gesetzt

6 Schlussbetrachtungen

Radikaler Wandel des Ökosystems Verkehr mit automatisiertem Fahren absehbar

Die Einführung und die Etablierung des automatisierten Fahrens werden eine Umwälzung des Ökosystems Verkehr zur Folge haben. Dabei geht es nicht nur um die Verkehrsmittel an sich, sondern auch um das Automobilgewerbe, das Versicherungswesen, den öffentlichen Verkehr, etc. Eine vergleichbar radikale Veränderung gab es zu Beginn des 20. Jahrhunderts, als der Motor das Pferd als Traktionsmittel ablöste.

Treiber der Entwicklung sind die IT- und die Automotive-Industrie. Sie möchten das Potenzial nutzen, das durch die zunehmende Digitalisierung entsteht. Die Frage, ob die Automatisierung des Fahrens kommen soll oder nicht, stellt sich aufgrund des fortgeschrittenen Entwicklungsstandes und der bereits getätigten Investitionen heute nicht mehr. Es geht ums Festlegen wie, unter welchen Rahmenbedingungen und wann hochautomatisierte Fahrzeuge in der Schweiz eingeführt werden sollen und um die Frage wie die Gesellschaft damit umgehen will.

Gesetzgeber und Behörden nehmen bei Einführung wichtige Rolle ein

In das automatisierte Fahren werden grosse Hoffnungen gesetzt. Von ihm wird eine Abnahme der Unfälle, eine Kostensenkung im Verkehr, die Erhöhung der Flexibilität im Transportwesen, eine Effizienzsteigerung im Strassenverkehr, eine bessere Integration mobilitätseingeschränkter Nutzergruppen sowie der Abbau von Parkplätzen erwartet. Diese Hoffnungen basieren auf der impliziten Annahme, dass die schweizerische Fahrzeugflotte vollständig mit hochautomatisierten Fahrzeugen durchdrungen ist. Eine solche Durchdringung ist aber noch weit entfernt.

Für die Einführung und die Nutzbarmachung der verkehrspolitisch erwünschten Potenziale automatisierter Fahrzeuge braucht es eine physische und digitale Ausrüstung des Verkehrssystems sowie Regulierungen und lenkende Massnahmen in grösserem Umfang. Mit der Bereitstellung der Fahrzeugtechnologie alleine ist es nicht getan. Die infrastrukturseitigen Voraussetzungen müssen geschaffen werden. Eine kluge Regulierung muss sicherstellen, dass die Potenziale automatisierter Fahrzeuge zur Unterstützung der verkehrspolitischen Ziele genutzt und potentiell nachteilige Auswirkungen vermieden werden. Gesetzgeber und Behörden kommt für eine erfolgreiche Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge eine zentrale Rolle zu.

Öffentliche Akzeptanz von automatisierten Fahrzeugen ist mitentscheidend

Ebenso entscheidend ist eine hohe öffentliche Akzeptanz des automatisierten Fahrens. Um diese zu erreichen, ist transparent über die Vor- und Nachteile zu informieren und es sind ethische Grundsätze für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge als Basis für eine gesellschaftliche Diskussion in der Schweiz vorzulegen. Dabei ist zu bedenken, dass die Einführung automatisierter Fahrzeuge zunächst mit vielfältigen Schwierigkeiten verbunden sein wird, während ihre Potenziale erst viel später voll ausgeschöpft werden können.

Lange Einführungsphase mit Mischverkehr ist herausfordernd

Lenkende Eingriffe werden nicht verhindern können, dass die Einführung automatisierter Fahrzeuge zu einer langanhaltenden Phase mit Mischverkehr unterschiedlich automatisierter Fahrzeuge führen wird. Innerhalb der Siedlungsgebiete wird es ein andauerndes Nebeneinander mit zu Fuss Gehenden und Zweiradfahrenden geben.

Mischverkehr stellt für Fahrzeugentwickler, Gesetzgeber, Behörden und nicht zuletzt die Verkehrsteilnehmenden selbst eine besondere Herausforderung dar. Zudem zeigen sich viele der positiven Wirkungen des automatisierten Fahrens erst bei einem sehr stark verminderten Anteil an konventionell gelenkten Fahrzeugen. Dies schliesst jedoch nicht aus,

dass sich regional oder lokal in bestimmten Einsatzfeldern positive Wirkungen schneller entfalten können.

Pragmatischen Umgang mit Zielkonflikten finden

Um die Phase mit Mischverkehr ausserhalb der Siedlungen zu verkürzen, sollten einerseits Bedingungen geschaffen werden, in denen private konventionelle Fahrzeuge rasch durch automatisierte Fahrzeuge ersetzt werden. Andererseits führt der private Besitz von automatisierten Fahrzeugen zu einer sehr hohen Fahrleistung. Zur Verhinderung dieses Dilemmas sollte bereits mit dem Auftreten erster hochautomatisierter Fahrzeuge, eine komfortable, annähernd gleichwertige und preiswerte Alternative zum Privatbesitz eines automatisierten Fahrzeugs angeboten werden.

Die höchste Gleichwertigkeit dürfte ein Tür-zu-Tür-Angebot besitzen. Ein solcher Einzelpersonentransport im automatisierten Taxi steht die beabsichtigten Verminderung der Fahrleistung entgegen. Für den Umgang mit solchen Zielkonflikten werden Kompromisse unumgänglich sein.

Datenverfügbarkeit und -lieferung

Der Verkehrsablauf im Siedlungsraum, aber auch auf den Hochleistungsstrassen, wird im Mischverkehr deutlich komplexer als er heute ist. Gleichzeitig generieren automatisierte und vernetzte Fahrzeuge grosse Mengen an Daten zum aktuellen Verkehrsgeschehen und zu den Zielen der Fahrzeuge. Wenn die öffentliche Hand keinen Zugriff auf diese Daten erhält, werden private Mobilitätsdienstleister dank der Mobilitätsdaten ihrer Kunden ein weit umfassenderes Bild des Verkehrsgeschehens haben, als die verkehrslenkenden Behörden. Das Potenzial automatisierter Fahrzeuge für eine weit effektivere neutrale Lenkung des Verkehrs bliebe ungenutzt, respektive dem privaten Mobilitätsdienstleister vorbehalten. Hier gilt es, gleich lange Spiesse zu schaffen.

Behörden sind aber auch selbst Bereitsteller von Daten und von Infrastrukturen für den Austausch von Daten. Gegenwärtig ist noch nicht geklärt, ob und in welchem Umfang es Aufgabe der Behörden ist, die Verfügbarkeit und die Qualität von wesentlichen Daten für das sichere automatisierte Fahren zu regeln bzw. sicherzustellen. Ebenfalls offen ist, ob die Bereitstellung eines Datenangebots und gewisser Dienstleistungen für das automatisierte Fahren ein neuer Service Public sein soll. Ein gemeinsam von Beteiligten betriebener und selbstlernender Datenverbund, wie ihn das UVEK im 2018 vorgeschlagen hat, könnte dafür eine Lösung darstellen. Erste Vorschläge zur Beantwortung dieser Fragen hat der Bundesrat 2020 im Rahmen der Revision des Strassenverkehrsgesetzes zur Diskussion gestellt.

Verkehrssicherheit und neue Unfallursachen

In einer stark von automatisierten Fahrzeugen durchdrungenen Flotte werden Unfälle stark abnehmen, die menschliche Fahrer bis anhin durch Unaufmerksamkeit verursacht haben. Aber es dürften neue Unfallursachen entstehen, wie z.B. Missverständnisse in der Kommunikation zwischen menschlichen Verkehrsteilnehmenden und automatisierten Automobilen, Manipulationen, Unterbrüche in der Datenübertragung oder Hard- und Softwarefehler. Ein völlig unfallfreies Fahren wird es auch nach der Einführung des automatisierten Fahrens nicht geben; im Mischverkehr nehmen die Risiken tendenziell sogar zu.

Der hohen Erwartung, dass Strassenverkehrsunfälle mit der Einführung von selbstfahrenden Fahrzeugen bereits mittelfristig massiv abnehmen werden, ist ein realistisches Erwartungsbild gegenüber zu setzen, und es sind Vorkehrungen zu treffen, mit denen neuen Unfallursachen erfolgreich begegnet werden kann. Im Weiteren ist zu beachten, dass die physikalischen Gesetze mit der Einführung des automatisierten Fahrens nicht ändern werden. Deshalb ist Wert darauf zu legen, dass die bisher so erfolgreichen passiven Sicherheitssysteme auch in automatisierten Fahrzeugen weiterhin wirksam bleiben.

Betriebssicherheit automatisierter Fahrzeuge und Systemresilienz

Eine weitere wichtige Thematik betrifft die Bedrohung der Betriebssicherheit automatisierter Fahrzeuge durch Dritte. Die Möglichkeiten zur Gewährleistung der Cybersecurity müssen ausgeschöpft werden, und es sind funktional ausreichende Rückfallebenen vorzusehen, um die Sicherheit und die Verlässlichkeit des Verkehrssystems sicherstellen zu können. Diesem Feld müssen sich die Behörden in Zukunft stärker zuwenden.

Fazit

Die Einführung automatisierter Fahrzeuge ist unausweichlich, dauert lange und wird zu einer anspruchsvollen Übergangsphase führen. Langfristig überwiegen jedoch die Vorteile. Die Schweiz muss sich vorausschauend auf die neu entstehenden Situationen einstellen. Der Handlungsrahmen bietet eine Grundlage, die notwendigen Handlungen zeitgerecht und agil anzugehen.

Anhänge

I	Forschungsfragen zum automatisierten Fahren	63
I.1	Verkehrssicherheit und Funktionsfähigkeit des Strassennetzes	63
I.2	Öffentliche Akzeptanz eines automatisierten Strassenverkehrssystems	64
I.3	Simulation des automatisierten Fahrens	64
II	Strategiepapiere und politische Vorstösse zur Schweizer Verkehrspolitik	65

I Forschungsfragen zum automatisierten Fahren

Die Entwicklung hochautomatisierter Strassenfahrzeuge ist noch nicht abgeschlossen. Das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» zeigt, dass die potentiellen Auswirkungen auf den Verkehr bedeutend sein dürften. Aus dem Handlungsbedarf im Bericht und den sechs Teilprojekten des Forschungspakets ergeben sich grössere Wissenslücken. Diese gilt es durch Forschungsaktivitäten zu schliessen.

Nachfolgende Forschungsfragen in den Themenbereichen Verkehrssicherheit und Funktionsfähigkeit, öffentliche Akzeptanz, Anwendung des Verkehrsrechts für automatisierte Fahrzeuge sowie Verkehrsmodellierung mit automatisierten Fahrzeugen sollten prioritär Gegenstand der angewandten Forschung darstellen.

I.1 Verkehrssicherheit und Funktionsfähigkeit des Strassennetzes

Auf welche Weise wird die Verkehrssicherheit im Mischverkehr mit automatisierten Fahrzeugen gefährdet? Durch welche Massnahmen kann sie erhalten bzw. gesteigert werden?

Gegenstand: Simulationen des Mischverkehrs mit allen Gruppen von am Verkehr Teilnehmenden, Identifikation von Gefahrenpotentialen und von Massnahmen zum Erhalt der Verkehrssicherheit bei Mischverkehr, Klärung der Anforderungen an Überwachung und Kontrolle des Mischverkehrs, Möglichkeiten zur Vernetzung aller Verkehrsteilnehmenden.

Zweck: Erkennen potentieller Risiken im Verkehrsablauf und Ableitung entsprechender Massnahmen, u.a. Regulierungen.

Wie kann das automatisierte Strassenverkehrssystem befähigt werden, bei Störungen bzw. Teil-Ausfällen wesentliche Systemdienstleistungen aufrechtzuerhalten?

Gegenstand: Bedrohungsszenarien erarbeiten, diese unter dem Aspekt notwendiger Redundanz bzw. Resilienz des Strassenverkehrssystems bewerten und Massnahmen erarbeiten.

Zweck: Auch bei Manipulationen und Teilausfällen Gewährleistung des Funktionierens des automatisierten Strassenverkehrs als kritisches nationales Transportsystem.

Wie kann eine sichere Übernahme der Fahraufgabe durch den menschlichen Fahrer nach Aufforderung durch das automatisierte Fahrsystem bei den Automatisierungsgraden SAE 3 und 4 gewährleistet werden? Welchen Einfluss hat eine verzögerte bzw. fehlende Übernahme auf die Verkehrssicherheit und die Funktionsfähigkeit des Strassenverkehrs?

Gegenstand: Kritischer Vorgang im Fahrbetrieb von automatisierten Fahrzeugen (SAE <5, insbesondere SAE 3), der einerseits sicherheits- und andererseits funktionsrelevant ist.

Zweck: Basis für Regulation und Infrastrukturplanung (z.B. Übergaberäume)

Welche Voraussetzungen bzw. Rahmenbedingungen sind nötig, damit automatisierte Fahrzeuge verstärkt kollektiv genutzt werden?

Gegenstand: Entwicklung von Unterstützungsformen einer verstärkten kollektiven Nutzung von hochautomatisierten Fahrzeugen; Möglichkeiten der Berücksichtigung einer kollektiven Nutzung automatisierter Fahrzeuge in einem System der multimodalen Mobilität, Verbesserung der Modellierung des Ride-Poolings für die Entwicklung erfolgreicher Geschäftsmodelle.

Zweck: Erhöhung des Besetzungsgrades von Fahrzeugen, Reduktion von verkehrlichen Überlastungen des Strassensystems durch vermehrte (private) Fahrleistungen automatisierter Fahrzeuge.

I.2 Öffentliche Akzeptanz eines automatisierten Strassenverkehrssystems

Welche ethischen Grundsätze sollen beim automatisierten Fahren in der Schweiz gelten?

Gegenstand: Erarbeitung schweizerischer ethischer Grundsätze für das Fahrverhalten automatisierter Fahrzeuge

Zweck: Ermöglichung einer gesellschaftlichen Diskussion über das automatisierte Fahren als Basis für Regulierungen.

Welche Möglichkeiten bestehen oder sollten geschaffen werden, damit Behörden unter Einhaltung des Datenschutzes für das Verkehrsmanagement auf Mobilitätsdaten Zugriff erhalten und hochautomatisierte Fahrzeuge in speziellen (Not-)Situationsen oder grundsätzlich direkt steuern können?

Gegenstand: Klärung des bestehenden oder zu schaffenden Spielraums für einen staatlichen Datenzugriff und für direkte Eingriffe in Fahrfunktionen automatisierter Fahrzeuge, Klärung der neuen Anforderungen an die Steuerung von automatisierten Fahrzeugen durch Verkehrsmanagement-Zentralen.

Zweck: Basis für Regulierungen, Grundlage für Aufbau entsprechender Infrastruktur und Organisationsformen.

I.3 Simulation des automatisierten Fahrens

Wie entwickelt sich die Verkehrsnachfrage aufgrund von Leerfahrten privater automatisierter Fahrzeuge, Änderungen des Wohn- und Arbeitsstandorts, Änderungen der Zielwahl sowie des von automatisierten Fahrzeugen induzierten Verkehrs? Wie hoch ist die Prognosezuverlässigkeit der Simulationsmodelle?

Gegenstand: Besser abgesicherte Grundlagendaten über die künftige Verkehrsentwicklung mit automatisierten Fahrzeugen, da heutige Modelle einen Grossteil der Eigenschaften von automatisierten Verkehrssystemen noch nicht berücksichtigen können.

Zweck: Verbesserte Basisinformationen zur Planung der Verkehrsinfrastruktur und der Regulation

II Strategiepapiere und politische Vorstösse zur 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 2016	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 Indikatorensystem 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.

Quelle: Verkehr der Zukunft 2060: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem, Forschungsprojekt SVI 2017/005

Glossar

Begriff	Bedeutung
agentenbasierte Simulation	Individuen-basierte Methode der computergestützten Modellbildung und Simulation. Im Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» wurde das MATSim-Modell verwendet.
Agilität	Fähigkeit, bei Veränderungen flexibel, proaktiv, antizipativ und initiativ zu agieren.
automatisierte Fahrzeuge	Fahrzeuge, die einen Modus zum automatisierten Fahren der Automatisierungsstufen 3 bis 5 gemäss Definition SAE J3016 (in der jeweils gültigen Fassung) aufweisen. Nur Fahrzeuge der SAE-Stufen 3 bis 5 werden jedoch mit dem Begriff «automatisiertes Fahrsystem» (engl. Automated Driving System, ADS) bezeichnet. Hardware und Software sind hier gemeinsam in der Lage, einen Teil oder alle dynamischen Fahraufgaben dauerhaft auszuführen.
automatisierte Taxis	Alle Formen eines kommerziellen kollektiven Strassentransports mit weniger als 9 Sitzplätzen, mit dem man sich gegen Bezahlung zum gewünschten Zielort befördern lassen kann. Das Fahrzeug weist mindestens die Automatisierungsstufe SAE 4 auf.
Automatisierungsstufen	Die Stufen beziehen sich auf die jeweils angewendeten Eigenschaften der Fahrautomatisierung beim Strassenbetrieb eines entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugs. Diese sind in der Taxonomie der SAE-Empfehlung J3016 beschrieben (vgl. SAE-Stufen).
bedingte Open Data	Ein Zugriff auf die Daten wird nur dann ermöglicht, wenn der Bezüger von Daten als Gegenleistung zum Bezug selbst Daten auf der betreffenden Plattform zur Verfügung stellt. In dieser Weise soll die zur Verfügung stehende Datenmenge und –vielfalt wachsen.
Besetzungsgrad	Besetzungsgrad von Personenwagen; Durchschnittswert für bestimmte Perioden, gemessen in Personen pro Fahrzeug.
Building Information Modeling (BIM)	Daten der Strasseninfrastruktur werden digital modelliert, mit weitergehenden Informationen kombiniert und können als virtuelles Modell geometrisch visualisiert werden.
Datenverbund	Bereitstellung und Austausch von Daten unter allen am Verkehr in der Schweiz Beteiligten. Daten werden im gemeinsamen Verbund erfasst, verifiziert, laufend aktualisiert und allen Interessierten zugänglich gemacht. Der Austausch findet nach dem Prinzip bedingter Open Data statt.
digitale Infrastruktur	Umfasst hier neben den Einrichtungen für die digitale Kommunikation u.a. den gemeinsamen Datenverbund sowie ein Building Information Modeling (BIM) der Strasseninfrastruktur.
Flottendurchdringung	Entwicklung der Anteile von hoch- und vollautomatisierten Automobilen in der schweizerischen Fahrzeugflotte.
hochautomatisiertes Fahren	vgl. SAE-Stufe 4
kollektive Mobilität	Von mehreren Personen gemeinsam genutzte Form der Mobilität.
kooperatives Fahren	Kooperative, intelligente Verkehrssysteme (C-ITS) ermöglichen es, dass Strassennutzer und Verkehrsleitzentralen/Verkehrsinfrastruktur miteinander kommunizieren und Informationen austauschen können. Massnahmen und Handlungen können anhand dieser Informationen koordiniert werden.
Leerfahrt	Fahrt eines Transportmittels ohne Ladung oder Passagier.
Maschinenlernen	Oberbegriff für die «künstliche» Generierung von Wissen aus Erfahrung. Algorithmen bauen dazu ein mathematisches Modell auf der Grundlage von Beispieldaten («Trainingsdaten») auf, um Vorhersagen oder Entscheidungen zu treffen, ohne explizit dazu programmiert zu sein.
Mischverkehr	Strassenverkehr, der sich aus einem Nebeneinander von verschiedenen Fahrzeugtypen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowie deren Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden wie konventionell gelenkten Fahrzeugen, zu Fuss Gehenden oder Zweiradfahrenden zusammensetzt. Mischverkehr ist im Siedlungsraum ein Dauerzustand.
Mobilitätsdrehscheibe	Auch: Mobilitätshubs; Verkehrsdrehscheibe, in denen das Umsteigen zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln oder Verkehrsträgern (z.B. Direktanschluss der Bahn an hochrangige Strasseninfrastruktur) vereinfacht möglich ist. Dazu bieten sie Raum für Zusatzdienste für die Mobilität wie Ladestationen, Reparaturservices etc. Mobilitätsdrehscheiben können im Siedlungszentrum oder auch peripher liegen.

Mobility-as-a-Service (MaaS)	Mit MaaS soll es künftig möglich sein, Mobilität vollumfänglich auf persönliche Bedürfnisse Einzelner abzustimmen. Die Abstimmung wird als Dienstleistung verkauft, wobei ein digitaler Mobilitätsassistent über eine elektronische Plattform Vorschläge für die Reise unterbreitet. Diese meist multimodalen Kombinationen werden dabei auf die individuellen Präferenzen, die aktuelle Verkehrslage und weitere Rahmenbedingungen abgestimmt. Voraussetzung hierfür ist die Bereitstellung von Echtzeitdaten von sämtlichen vorhandenen Mobilitätsanbietern.
Mobility Pricing	Benützungsbezogene Abgaben für Infrastrukturnutzung und Dienstleistungen im Individual- und im öffentlichen Verkehr mit dem Ziel, die Mobilitätsnachfrage und das Mobilitätsverhalten zu beeinflussen.
Multimodalität	Auch multimodaler Verkehr. Mobilitätsform, bei der für eine Reise von A nach B verschiedene Verkehrsmodi zur Verfügung stehen und zu einer Reisekette verknüpft werden können. Bei einem multimodalen Verkehr muss für einen Reiseweg nicht zwingend die Möglichkeit bestehen, das Verkehrsmittel zu wechseln, ist aber im Allgemeinen möglich.
On-Demand-Angebot	Variante des Bedarfsverkehrs, bei der Verkehrsmittel flexibel, entsprechend der Nachfrage verkehren.
Pooling	Vgl. Ride-Pooling
Ride-Hailing	Profitorientierter Online-Service, der über eine App Fahrgäste an Fahrer vermittelt. Fahrgäste buchen ihre Fahrt spontan per App, so dass Informationen zur Buchung, (z.B. Fahrerposition, Ankunftszeit) in Echtzeit angezeigt werden (Bsp. UBER).
Ride-Pooling	Dienstleistung der Personenbeförderung, mit der Fahrten von Personen gebündelt werden. Dazu werden mittels IT-Systemen automatisch Fahrgemeinschaften zwischen Fahrgästen gebildet, die einen Teil der Strecke gemeinsam zurücklegen können. Es ist möglich, den Fahrpreis zu teilen. Das Angebot erfolgt über eine App. Die Motivation für das Angebot sind kommerzielle Interessen.
Ride-Sharing	Private Mitfahrgelegenheiten ohne kommerziellen Hintergrund.
Routing	Weg zwischen einem Start- und einem Zielort, der von einem Algorithmus unter Berücksichtigung von vorgegebenen Kriterien (z.B. schnellste, kürzeste, günstigste, ökologischste Route) berechnet wird.
SAE-Stufe 3 - Bedingt automatisiert	Gemäss Definition der SAE J3016: Das Fahrzeug übernimmt für einen gewissen Zeitraum oder in spezifischen Situationen die Quer- und die Längsführung des Fahrzeugs. Eine dauerhafte Überwachung des Systems durch den Fahrer ist jedoch nicht mehr notwendig. Er muss jedoch in der Lage sein, auf Anforderung des Systems mit einer ausreichenden Zeitreserve die Kontrolle des Fahrzeugs wieder zu übernehmen.
SAE-Stufe 4 - hochautomatisiert	Gemäss Definition der SAE J3016: Auf dieser Stufe kann das Fahrzeug in einem definierten Anwendungsfall wie beispielsweise dem Fahren auf Autobahnen alle Situationen automatisch bewältigen. Ein Fahrer muss vor Beendigung des Anwendungsfalls zur Übernahme der Fahraufgabe aufgefordert werden. Kommt er dem nicht nach, muss das Fahrzeug einen risikominimalen Zustand einnehmen.
SAE-Stufe 5 – vollautomatisiert	Gemäss Definition der SAE J3016: Auf dieser Stufe ist vom „Start“ bis zum „Ziel“ kein Fahrer mehr notwendig. Das System übernimmt die Fahraufgabe vollumfänglich, d.h. bei allen Strassentypen und in allen Geschwindigkeitsbereichen.
Szenario	Bestandteil einer Methode der strategischen Planung, die dazu dient, mögliche Entwicklungen der Zukunft zu analysieren und zusammenhängend darzustellen. Im Forschungspaket wurden für den Zustand 2050 ein wenig und ein stärker differenziertes Nutzungsszenario für das automatisierte Fahren (individuelle versus kollektive Nutzung von automatisierten Fahrzeugen) angenommen, um die Bandbreite seiner möglichen Auswirkungen abzuklären.
Sharing von Fahrzeugen	Organisierte gemeinschaftliche Nutzung eines oder mehrerer automatisierter Fahrzeuge, die sich nicht im Privatbesitz befinden. Sharing erlaubt anders als konventionelle Autovermietung ein kurzzeitiges, auch minutenweises Anmieten von Fahrzeugen. Die Nutzung der Fahrzeuge wird über einen, die Energiekosten miteinschliessenden Zeit- oder Kilometerarif oder Mischformen solcher Tarife abgerechnet. Ob die Nutzung allein oder in Gruppen («gepoolt») stattfindet, wird hier nicht unterschieden.
Strategisches Entwicklungsprogramm Nationalstrassen (STEP Nationalstrassen)	Investitionsprogramm des Bundes mit Projekten zur langfristigen Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Nationalstrassen.
Testfeld	Längere Strassenabschnitte mit Alltagsverkehr, die im Zusammenhang mit dem vernetzten und automatisierten Fahren als sogenanntes Reallabor Firmen und Forschungseinrichtungen zur Erprobung ihrer Technologien und Dienstleistungen zur Verfügung stehen.

Wunschlinien	Sie geben an, wieviel Personen (bzw. Fahrzeuge) in einem bestimmten Zeitraum mit einem bestimmten Verkehrsmittel von einer Verkehrszone in eine andere Verkehrszone fahren wollen.
Verkehrsmanagement	Befasst sich aus Betreibersicht eines Verkehrssystems mit der Verbesserung der Verkehrsabläufe im Rahmen der bestehenden baulichen Verkehrsinfrastruktur und der Verkehrsanlagen. Massnahmen des Verkehrsmanagements sollen den vorherrschenden Verkehr möglichst gleichmässig, ruhig, störungsfrei, emissionsarm und sicher fliessen lassen. Elemente sind Verkehrslenkung, Verkehrsleitung, Verkehrssteuerung und Verkehrsinformation.
Vernetzung	Elektronische Verbindung von Fahrzeugen im Personen- und im Güterverkehr zur Koordination mit anderen Verkehrsteilnehmenden sowie zur optimalen Nutzung verfügbarer Kapazitäten. Es erfolgt vor, während und nach der Fahrt ein Datenaustausch mit anderen Fahrzeugen, der Infrastruktur sowie mit anderen Verkehrsteilnehmenden wie zu Fuss Gehenden, Zweiradfahrenden und Waren des Güterverkehrs. Durch die umfassende Vernetzung entsteht ein kooperatives intelligentes Verkehrssystem («Cooperative Intelligent Transport System, C-ITS»).
virtuelle Haltestelle	Nach Bedarf eröffnete und von vernetzten (automatisierten) Fahrzeugen angefahrene flexible und bedarfsgerechte Haltestelle.
vollautomatisiertes Fahren	vgl. SAE-Stufe 5
Zersiedlung	Je mehr Flächen bebaut sind, je weiter gestreut die Gebäude sind und je geringer die Ausnützung der Siedlungsflächen durch Einwohner oder Arbeitsplätze ist, desto höher ist die Zersiedelung. Ihr Grad wird bestimmt durch das Ausmass der Bebauung der Landschaft mit Gebäuden und ihrer Streuung, im Verhältnis zur Ausnützung der überbauten Flächen für Wohn- oder Arbeitszwecke.

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.