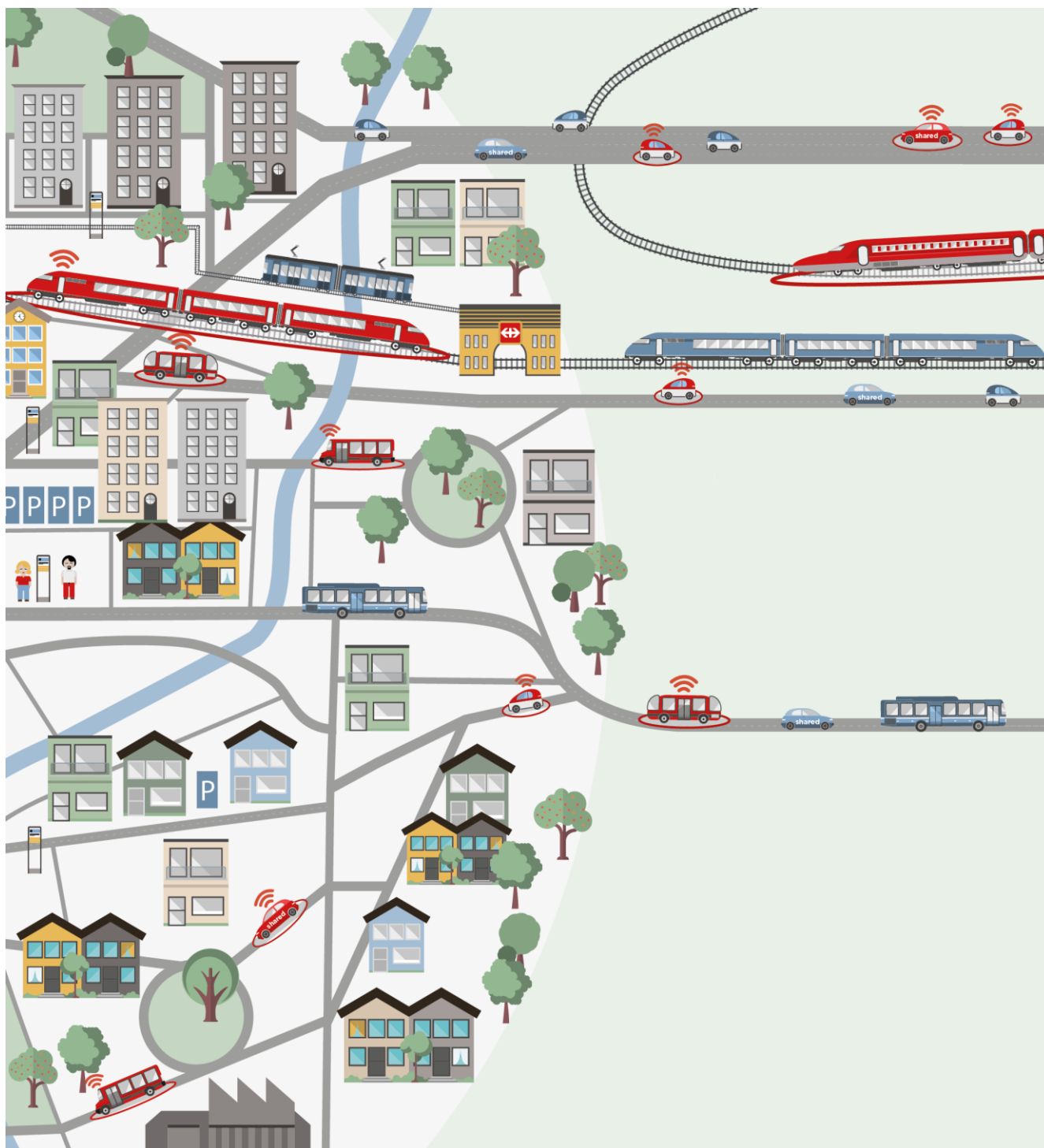


Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz

Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A)
Definitive Fassung vom 24.10.2017



Projektpartner

BaslerFonds

Schweizerischer Städteverband SSV

Stadt Zürich (TAZ, DAV, VBZ)

Stadt Bern (Direktion Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün, Verkehrsplanung)

Bernmobil

Schweizerische Südostbahn AG, SOB

Kanton St. Gallen (TBA, AÖV)

Kanton Zürich (AFV, AWEL)

Kanton Basel-Stadt (Bau- und Verkehrsdepartement, Mobilität)

Basler Verkehrsbetriebe BVB

Kanton Obwalden (Raum und Verkehr)

Stadt Winterthur (Amt für Städtebau)

AXA Winterthur (Unfallforschung & Prävention)

Stadt St. Gallen (Amt für Umwelt und Energie)

Autobus AG Liestal AAGL

Viasuisse AG

Projektteam

Fabienne Perret

Frank Bruns

Lorenz Raymann

Simon Hofmann

Remo Fischer

Christoph Abegg, Dr.

Peter de Haan, Dr.

Ralph Straumann, Dr.

Stephan Heuel, Dr.

Markus Deublein, Dr.

Christian Willi

EBP Schweiz AG

Mühlebachstrasse 11

8032 Zürich

Schweiz

Telefon +41 44 395 16 16

info@ebp.ch

www.ebp.ch

Vorwort

In den letzten Jahren liest man fast täglich vom «autonomen» oder «automatischen Fahrzeug»: die Rede ist zum Beispiel vom «Google-Car», dessen Entwicklung zwischenzeitlich eingestellt wurde, von Lastwagen im Konvoi-Fahren, vom Tesla und seinen technischen Möglichkeiten, von Teststrecken in Deutschland, von den ersten unbemannten Kleinbussen in der Schweiz, etc. Das Thema wird in erster Linie technologie- und industriegetrieben behandelt, Medienwirksames ist aber auch oft marketinggetrieben. Einige verfolgen diese Entwicklungen euphorisch, andere sind skeptischer. Autofahrer und ÖV-Benutzerinnen, verantwortliche Behörden, Planerinnen und Transportunternehmer stellen Fragen – während andere bereits handeln und experimentieren. Doch fundiertes Wissen darüber, in welche Richtungen all diese Entwicklungen führen können, was erwünscht ist und was man vermeiden möchte, fehlt weitgehend. Thesen über massive Effizienzsteigerungen verunsichern. Auch gesicherte Informationen über die Wirkungen auf das Mobilitätsverhalten, das gesamte Verkehrsgeschehen, die Raumentwicklung und den Infrastrukturbedarf sind kaum verfügbar.

Aus Sicht der Planer und Planerinnen in Städten, Agglomerationen und Kantonen sowie öffentlicher Transportunternehmungen sind der Einfluss des automatisierten Fahrzeuges beispielsweise auf die Kapazitäten der Verkehrsnetzinfrastruktur, die Entwicklungen des städtischen, v.a. auch öffentlichen Verkehrs und auch nichttechnische Aspekte von grosser Bedeutung. Es interessieren der spezifische Bedarf an neuen Infrastrukturen – nicht zuletzt auch in der Datenübertragung – und generell die rechtlichen Voraussetzungen, mögliche Business-Pläne und Rollen der Akteure resp. die Verantwortlichkeiten der öffentlichen Hand, beispielsweise deren Rolle in der Bereitstellung von Daten und als Bestellerin des ÖV.

Fest steht, dass sich Gesellschaft und Politik den neuen Herausforderungen stellen müssen. Zahlreiche Rechtsgrundlagen sind den technologischen Möglichkeiten, welche die Wirtschaft bereits heute auf dem Markt anbietet, anzupassen. Dabei ist zu diskutieren und definieren, welche Vorteile wir als Gesellschaft nutzen möchten und welche unerwünschten Entwicklungen wir vermeiden wollen.

Vorliegender Bericht wurde in Zusammenarbeit mit verschiedensten Partnern aus dem Verkehrsbereich erarbeitet und soll einen umfassenden Einblick in die Entwicklung des automatisierten Fahrens in der Schweiz geben, sowohl aus Sicht der öffentlichen Hand (Städte, Agglomerationen und Kantone) als auch aus Sicht der Anbieter von Transportdienstleistern sowie Planerinnen und Planern. Im Fokus stehen die Einsatzmöglichkeiten in der Alltagsmobilität. Der Bericht skizziert, wie sich das automatisierte Fahrzeuge in der Schweiz aus heutiger Sicht verbreiten könnten und welche Rolle dabei die verschiedenen Akteure einnehmen. Er soll offene Fragen benennen und Inputs in anstehende fachliche und politische Diskussionen geben.

Summary

Der Basler Fonds, der Schweizerische Städteverband, vier Städte, vier Kantone, mehrere Transportunternehmen und weitere Institutionen erarbeiten gemeinsam mit der Unterstützung von EBP die Studie «Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz». Der Fokus der Studie liegt auf den Einsatzmöglichkeiten in der Alltagsmobilität in der Schweiz.

Der Grundlagenbericht zu den denkbaren Anwendungen und Effekten in der Schweiz liegt hiermit vor. Dieser zeigt unter anderem auf, wie sich das automatisierte Fahren in der Schweiz in den nächsten Jahren realistischerweise entwickeln dürfte. Die Erkenntnisse bilden die wesentliche Grundlage für die Vertiefungsarbeiten in der nun bevorstehenden zweiten Phase der Studie.

Ausgangslage

Das automatisierte Fahren wird heute in erster Linie technologie- und industriegetrieben behandelt. Gesichertes Wissen über die Wirkungen auf das Mobilitätsverhalten, das gesamte Verkehrsgeschehen, die Raumentwicklung oder den Infrastrukturbedarf fehlt weitgehend. Das ASTRA hat im Dezember 2016 seinen Bericht «Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen» vorgelegt. Der Bericht legt den Fokus auf die Nationalstrassen, untergeordnete Netze und der öffentliche Verkehr werden kaum behandelt. Für die Planer und Planerinnen in den Städten und Kantonen sowie für die öffentlichen Transportunternehmen stellen sich jedoch gerade in diesen Bereichen zentrale Fragen: Welchen Einfluss haben automatisierte Fahrzeuge auf die Kapazität der Verkehrsnetzinfrastruktur? Bedarf es neuen Infrastrukturen? Welche rechtlichen Anpassungen werden notwendig? Welches sind die Rollen und Verantwortlichkeiten der öffentlichen Hand? Wem gehören die produzierten Daten? Welche Mobilitätsangebote haben Marktchancen?

Zahlreiche Assistenzsysteme sind heute im Alltagsverkehr bereits verbreitet, beispielsweise Bremsassistenten, Parkassistenten, Abstandsregeltempomaten auf Autobahnen oder Spurhalteassistenten. Einige Automobilhersteller haben hochautomatisierte Autobahn-Chauffeure entwickelt und tüfteln nun an Autobahn- und Park-Piloten, die in einem bestimmten Umfeld vollautomatisiert fahren können. Im Schienenverkehr sind führerlose Bahnen auf isolierten und räumlich klar abgrenzten Strecken längst im Einsatz, zum Beispiel die Luftkissenbahn «Skymetro» am Flughafen Zürich oder die Metro «ligne m2» in Lausanne. Im Fern- und Regionalverkehr ist jedoch weltweit noch keine vollautomatische Anwendung vorhanden.

Die technologischen Möglichkeiten sind bereits weit fortgeschritten. Ohne Sonderbewilligung ist automatisiertes Fahren in der Schweiz heute jedoch verboten. Die Bewilligungen richten sich an ausgewählte Gruppen und sind auf Teststrecken limitiert – beispielsweise die führerlosen Minibusse in Sion und Zug, sowie demnächst in Fribourg, Schaffhausen und Bern.

Mögliche Entwicklung in der Schweiz

Die Ausgangslage zur Beurteilung der künftigen Entwicklung ist komplex: Die Anforderungen aus technologischer, rechtlicher und infrastruktureller Sicht

sind gross. Verschiedene Trends wirken treibend (demographische Entwicklung, zunehmende Sicherheitsbedürfnisse, Innovationsdynamik), andere hemmend (Datenschutz, Privatsphäre). Je nach künftiger Werthaltung in der Bevölkerung wird die Entwicklung ebenfalls in unterschiedliche Richtungen laufen.

Die Studie zeigt anhand einer Storyline einen Entwicklungspfad mit sechs Zuständen auf, der heute aus fachlicher Sicht als plausibel eingeschätzt wird. Welche Abfolge tatsächlich eintreten wird, ist u.a. abhängig von den technischen Entwicklungen, den rechtlichen Rahmenbedingungen, der gesellschaftlichen Akzeptanz und politischen Entscheiden.

Es wird davon ausgegangen, dass in der Schweiz keine Insellösungen angestrebt werden, sondern dass eher Entwicklungen aus dem europäischen Ausland übernommen werden, insbesondere im Individualverkehr. Im öffentlichen Verkehr ist es jedoch durchaus auch denkbar, dass die Schweiz internationale Entwicklungen massgebend beeinflussen oder sogar eine Vorreiterrolle übernehmen wird.

Der motorisierte Individualverkehr wird voraussichtlich eine schrittweise generische Entwicklung vom konventionellen selbstgesteuerten Fahrzeug bis hin zur vollständigen Automatisierung durchlaufen. Die nötigen Bewilligungen bzw. Zulassungen werden technisch und räumlich ausgeweitet – von der Sonderbewilligung für Teststrecken an einzelne Entwickler über die temporäre Freigabe von Pilotstrecken für Nutzer mit entsprechend zugelassenem Fahrzeug, hin zur allgemeinen Freigabe im Gesamtnetz. Automatisierte Fahrzeuge dürften sich zuerst auf den Autobahnen und dann im städtischen Raum durchsetzen. Autobahnen sind als geschlossenes System verhältnismässig einfacher: bauliche Trennung der Fahrrichtungen, Konflikte kommen nur in Bezug auf Spurwechselforgänge vor, es sind keine anderen Verkehrsmittel vorhanden, und die Entwicklung von Assistenzsystemen ist bereits fortgeschritten. In Siedlungsräumen ist die Situation aufgrund des Mischverkehrs und dem hohen Verkehrsaufkommen zwar deutlich komplexer als ausserorts. Die heutigen Erfassungstechnologien weisen jedoch insbesondere bei höherer Geschwindigkeit noch Schwierigkeiten bei der Erkennung von sich bewegenden Objekten auf. Darüber hinaus ist die Funkdatennetzabdeckung in Siedlungsräumen deutlich besser als in ländlichen Gebieten.

Bevor selbstfahrende Autos auf Schweizer Strassen rollen, muss das Zulassungsrecht angepasst werden. Das Strassenverkehrsgesetz setzt heute voraus, dass jedes Fahrzeug einen Fahrer hat und dieser das Fahrzeug ständig beherrscht. Angepasst werden muss jedoch vorerst das Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr. Bestrebungen hierzu sind im Gang. Künftig werden Systeme zum automatisierten Fahren zulässig sein, wenn sie vom Fahrer jederzeit übersteuert werden können. Ein vollständig selbstfahrendes Auto kann damit indes weiterhin nicht zugelassen werden. Auch beim Haftungsrecht besteht Handlungsbedarf: Anstelle von menschlichen Unfallursachen rücken neu Programmier- und Systemfehler in den Vordergrund.

Im schienengebundenen ÖV ist der Übergang zur Automatisierung weniger komplex als im Strassenverkehr: Die Fahrzeuge befahren fixe Strecken, sind heute schon in übergeordnete Steuerungen eingebunden und werden als Flotten beschafft und erneuert. Wie rasch sich automatisiertes Fahren durchsetzt ist aber auch abhängig von den Fahrzeuggenerationen: das Rollmaterial im ÖV ist deutlich länger im Einsatz als im Individualverkehr.

Das Nebeneinander verschiedener Verkehrsmittel nimmt insbesondere im Siedlungsgebiet zu: Es wird nicht mehr nur zwischen Fuss-, Rad-, öffentlichen und dem motorisierten Individualverkehr zu unterscheiden sein. Beim motorisierten Verkehr ist zusätzlich auch zwischen den verschiedenen Automatisierungsgraden, deren Anforderungen sowie der Vorschriften im Verkehrsraum zu unterscheiden. Es wird neue Mischformen zwischen ÖV und MIV geben.

Entscheidend für die Marktdurchdringung mit privaten Fahrzeugen werden individuelle Zusatznutzen (erhöhte Verkehrssicherheit, Zeitgewinn durch die Freiheit während des Fahrens alternative Tätigkeiten auszuüben oder gesteigerter Reisekomfort durch reduzierte Verantwortung) aber auch die Zusatzkosten (Ausstattung mit teuren Radarsensoren, zunehmende Kommunikationskosten) sein.

Fahrzeuge werden während einer längeren Phase mehr können als sie dürfen. Das heisst im Umkehrschluss: Nur weil die technologischen Voraussetzungen gegeben sind, kann noch nicht mit einer raschen Verbreitung automatisierten Fahrens gerechnet werden – weder im ÖV noch beim MIV.

Die Marktsituation wird über Jahre von vielzähligen Akteuren geprägt sein. Trotz Konkurrenzverhältnissen und einigen Hürden ist davon auszugehen, dass Kooperationen wegen der verschiedenen Kompetenzen unumgänglich sein werden. Über die ganze Entwicklung hinweg schreibt die Studie den Fahrzeugherstellern und Navigationsanbietern, aber auch den Transportunternehmen und Fahrzeugzulassungsbehörden eine wichtige Rolle zu. An Bedeutung gewinnen werden auch amtliche Geodatenproduzenten, Datenanalysten und Mobilitätsanbieter. Nicht zuletzt werden auch die Verkehrsbehörden immer wichtiger: Zum einen erwartet die Bevölkerung Regulierungen zur Sicherheit und Effizienzsteigerung, zum anderen verfügen sie über das Potenzial der Steuerung und Auswertung von Daten.

Chancen und Herausforderungen

Aus Sicht der Kantone und Städte bietet das automatisierte Fahren zahlreiche Chancen: Effizienz- und Flächengewinne beim Parkraum, Kapazitätsgewinne auf der Strasse, neue Möglichkeiten für die Verkehrssteuerung, die Entwicklung von Mobility-as-a-Service-Angeboten (Kombination verschiedener öffentlicher und privater Transportleistungen, organisiert über eine Plattform), bessere Erschliessungsqualität dank neuer Angebote etc. Was also müssen die Behörden tun, um solche Chancen zu nutzen?

Wie in der Storyline aufgezeigt spielen mehrere Behörden für eine erfolgreiche Entwicklung des automatisierten Fahrens eine zentrale Rolle. Als Fahrzeugzulassungsstellen müssen der Bund und die kantonalen Strassenverkehrsämter rechtzeitig die Zulassung automatisierter Fahrzeuge definieren können. Aufgrund der Softwareabhängigkeit der Fahrzeugsysteme wäre es den Zulassungsbehörden unter den heutigen Bedingungen kaum möglich, die Gewährleistung der geforderten Sicherheitsniveaus durch die Typen genehmigungsverfahren zu überprüfen. Daher dürfte die Gewährleistung der Produktesicherheit verstärkt in Selbstverantwortung der Hersteller liegen. Zugleich bedarf es einer schweizweiten Rahmenezulassung, die gewisse Parameter für softwarebedingte Anpassungen am Fahrzeug definiert und klarstellt, unter welchen Bedingungen ein Fahrzeug neu zu prüfen ist.

Weiter sind automatisierte Fahrzeuge auf eine adäquate Datenübertragungsinfrastruktur angewiesen. Bei der Verkehrsinfrastruktur braucht es zudem genügend Haltemöglichkeiten (z.B. durchgehende Pannestreifen auf Autobahnen), Strassenmarkierungen und Verkehrssignale müssen bei jeder Witterung sichtbar respektive für Sensoren erkennbar sein. Um die Potenziale der Automatisierung zu nutzen muss die digitale Infrastruktur angepasst werden. So müssen zum Beispiel Lichtsignalanlagen mit Zweiweg-Kommunikation ausgerüstet und die Verkehrsmanagement-Zentralen mit der erforderlichen Hard- und Software ausgestattet werden. Weiter müssen die innerstädtischen Strassenräume allenfalls an die Anforderungen des Mischverkehrs zwischen automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen sowie weiteren Verkehrsteilnehmenden angepasst werden.

Die Verkehrsbehörden sind gefordert, rechtzeitig die notwendigen Regulierungen für die Anwendbarkeit (bzw. viel später eventuell auch die Anwendungspflicht) des automatisierten Fahrens im Strassennetz und das Nebeneinander mit nicht-automatisiertem Verkehr zu definieren. Die Koordination und die Kooperation mit den Herstellern und Anbietern wird auch für die Behörden in den nächsten Jahren eine der grössten Herausforderungen darstellen. Mit dem Erreichen des Zustands der Vollautomatisierung werden die Behörden weiterhin eine wichtige Rolle einnehmen. Gemäss Studie wird die Verkehrsmenge ohne Lenkungsmassnahmen zunehmen, da sich verschiedene treibende Nachfrageeffekte überlagern: Neu sind auch Leerfahrten möglich, es entstehen neue Verkehrsangebote, und ohne die Notwendigkeit eines Fahrers werden auch Nutzer ohne klassischem Führerschein in automatisierten Fahrzeugen unterwegs sein können. Behörden könnten mit verschiedenen verkehrsplanerischen, -technischen und -politischen Massnahmen lenkend eingreifen und allfällige Fehlentwicklungen korrigieren. So könnte zum Beispiel in Zonen, wo hohes Verkehrsaufkommen regelmässig zu Staus führt, der Einsatz von vollautomatisierten Fahrzeugsystemen für entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge zur Pflicht werden. Denkbar ist, dass die Fahrzeuge zur Optimierung des Verkehrsflusses von einem intelligenten Verkehrsmanagement übersteuert werden. Es könnten ab einem gewissen Zeitpunkt nur noch hochautomatisierte Fahrzeuge zugelassen werden. Die situative Anpassung der Fahrgeschwindigkeit für den Individualverkehr würden eine Optimierung des Verkehrsflusses und Effizienzsteigerungen ermöglichen. Auch Diskussionen über den Erhalt von Bus- und Tramlinien, Maut- oder Parkgebühren, Zufahrtsbeschränkungen für Innenstädte, Subventionen von Pooling-Angeboten und die Vermeidung von Leerfahrten etc. werden stattfinden. In welchem Ausmass solche Massnahmen umgesetzt werden, wird letztlich von der jeweiligen nationalen, kantonalen und kommunalen Verkehrspolitik abhängig sein.

Die Studie hält fest, dass die Schweiz beim automatisierten Fahren im öffentlichen Verkehr eine Vorreiterrolle einnehmen könnte. Der strassengebundene ÖV erhält durch die Vollautomatisierung vorerst insbesondere im Nahverkehr neue Perspektiven. Längerfristig besteht die Möglichkeit, die Mobilität nachfrageorientierter zu gestalten und bestehende Bündelungen durch Kurse und Linien aufzuheben.

Durch die Möglichkeit von selbstfahrenden Fahrzeugen ergeben sich im privaten und öffentlichen Verkehr auch neue Möglichkeiten zur Organisation der Transportketten. Beispielsweise können vollautomatisierte Fahrzeuge zwischen Fahrten mit Passagieren selbständig den Standort wechseln. Sie

könnten auch durch entsprechende Weg-Anmeldungen für mehrere Personen verwendet werden. Neue Mischformen zwischen dem ÖV und dem MIV entstehen, woraus wiederum neue Entwicklungsperspektiven, Angebotsformen und Definitionen des MIV und des ÖV resultieren. Eine Veränderung des Modal Splits ist die wahrscheinliche Folge. Die Vernetzung der verschiedenen Angebote und Verkehrsmittel ist ein zentraler Erfolgsfaktor des öffentlichen Verkehrs. Die Komplexität setzt langfristig ausgerichtete Planungen voraus, was zu entsprechend grossen Vorlaufzeiten führt. Zudem ist die Lebensdauer von Rollmaterial und Infrastruktur sehr lang.

Die Studie geht von einer Wettbewerbsverschärfung zwischen dem MIV und dem ÖV aus. Eine spezielle Rolle spielen die erwähnten Mischformen. Deren Ausprägungen und den möglichen Einfluss auf den konventionellen ÖV soll in der Vertiefungsphase detaillierter untersucht werden. Mit der Neuorganisation der Transportkette verbunden ist die Kombination von öffentlichen und privaten Transportleistungen sowie verschiedenen Verkehrsmitteln über eine Plattform, welche die Wegeketten organisiert und die Bezahlung über ein einziges Konto regelt. Für öffentliche Transportunternehmen stellen sich damit bereits heute Fragen, inwiefern sie die Chancen solcher Mobilitätsdienste („Mobility-as-a-Service“) nutzen können.

Fazit

Die Auseinandersetzung mit der Storyline und den sechs Zuständen führt zu unterschiedlichsten Erkenntnissen. Bereits die umfangreichen, grundlegenden Annahmen der Studie zeigen, wie vielfältig die Zukunft des automatisierten Fahrens in der Schweiz tatsächlich aussehen könnte.

Letztlich müssen wir diskutieren, welche Vorteile des automatisierten Fahrens wir als Gesellschaft nutzen, und welche unerwünschten Entwicklungen wir vermeiden wollen. Die Vorteile von automatisierten Fahrzeugen wie Sicherheits- und Effizienzgewinne stellen sich nicht von selbst ein; die Rahmenbedingungen müssen schrittweise und wirkungsvoll umgesetzt werden. Gelingt dies nicht, hat das automatisierte Fahrzeug das Potenzial den (städtischen) Individualverkehr durch ein Verkehrswachstum lahmzulegen. Dem politischen Gestaltungswillen kommt also ein zentraler Stellenwert zu. Ohne angemessene Regelungen von Zustand zu Zustand sind Fehlentwicklungen wie zunehmende Staus und Verkehrsbehinderungen absehbar.

Ausblick auf Phase B

Mit der Grundlagenstudie ist eine erste Etappe der laufenden Untersuchungen erreicht. Aufgrund der ersten Erkenntnisse ergeben sich nun zahlreiche Anknüpfungspunkte. Gemäss Forschungskonzept sind für die Phase B sechs Bereiche zur Vertiefung vorgesehen: die Verkehrstechnik, die Verkehrs- und Datensicherheit, die Chancen und Herausforderungen im ÖV, die Herausforderungen für Städte und Agglomerationen, der Bereich Ressourcen/Umwelt/Klima und jener des Güterverkehrs und der City-Logistik.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Forschungskonzept	1
1.3	Aufbau und Zielpublikum des Berichts	2
1.4	Trendentwicklung und Werteszenarien	2

2.	Automatisierte Fahrzeuge	4
2.1	Entwicklungen im Ausland und in der Schweiz	4
2.2	Definitionen und Abgrenzungen	5
2.3	Technische Anforderungen	14
2.4	Rechtliche Anforderungen	20
2.5	Bedeutung des Mischverkehrs	22

3.	Die Storyline – ein denkbarer Entwicklungspfad	23
3.1	Ziel und Zweck der Storyline	23
3.2	Grundlegende Annahmen	24
3.3	Die Zustände	30

4.	Daten, IT-Infrastrukturen und Stakeholder	38
4.1	Daten	38
4.2	Algorithmen und IT-Infrastrukturen	38
4.3	Stakeholder und ihre Rollen	40

5.	Verkehrliche Auswirkungen	42
5.1	Kaufargumente und Marktdurchdringung	42
5.2	Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten	46
5.3	Fahrzeugbestand	54
5.4	Erkenntnisse aus der Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen	55

6.	Fazit	57
6.1	Handlungsspielräume und politische Meinungsbildung	57
6.2	Verkehrliche Auswirkungen	58
6.3	Neue Mischformen zwischen ÖV und MIV	58
6.4	Steigende Ansprüche an die Infrastruktur	59
6.5	Testanordnungen, Pilotbetriebe und Zulassungen	59

7.	Ausblick	61
----	----------	----

8.	Glossar und Abkürzungsverzeichnis	62
----	-----------------------------------	----

9.	Quellenverzeichnis	66
----	--------------------	----

10.	Weiterführende Literatur	69
-----	--------------------------	----

Anhang

A1	Forschungskonzept	A
A2	Trends	B
A3	Werteszenarien	I
A4	Abgrenzungen - Weiterführende Beschreibungen	P
A5	Automatisierungsgrade	Q
A6	Zustände pro Anwendungsbereich	R

Beilagen-Berichte

- Modul 2c: Verkehrliches Mengengerüst, EBP 2017
- Modul 2d: Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen, EBP 2017

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Automatisierte Fahrzeuge werden eines Tages auch in der Schweiz zum Alltag gehören, soviel steht fest. Gesellschaft, Politik und Fachleute müssen sich jetzt den neuen Herausforderungen stellen, um die Entwicklung in eine gewünschte Richtung zu lenken. Zahlreiche Rechtsgrundlagen sind den technologischen Möglichkeiten, welche die Wirtschaft bereits heute auf dem Markt anbietet, anzupassen. Dabei ist zu diskutieren und definieren, welche Vorteile wir als Gesellschaft nutzen möchten und welche unerwünschten Entwicklungen wir vermeiden wollen. Insbesondere in den USA ist dieser Prozess unter dem Druck der IT-Branche bereits in Gang gesetzt worden: Google prognostiziert, dass sich Computer künftig als Fahrer qualifizieren können (Shepardson & Lienert, 2016). Während in drei Bundesstaaten der USA automatisierte Fahrzeuge bereits zugelassen sind, ist in der Schweiz beispielsweise automatisiertes Einparken vorderhand noch illegal (Theis, 2015) und weitere Anwendungen nur in extra bewilligten Pilotanwendungen möglich. Und schliesslich dürfte eine der relevanten Fragen jene nach dem geeigneten Zeitpunkt sein, wann welche technischen und rechtlichen Weichen zu stellen sind und wer was zu entscheiden hat.

Angesichts dieser offenen Fragen hat sich eine interdisziplinäre Gruppe von Experten aus fünf Geschäftsbereichen von EBP dem Thema gewidmet. Das generelle Interesse an Zukunftsfragen in den betroffenen Fachbereichen führte anfangs 2016 zur Skizzierung eines Forschungskonzepts. Mit Aussicht auf Unterstützung durch den BaslerFonds wurden von den Entwicklungen betroffene Akteure von EBP angesprochen. Im Gespräch mit dem Schweizerischen Städteverband und weiteren interessierten Partnern wurde das Forschungskonzept per 15.08.2016 verabschiedet¹ (vgl. Anhang A1).

Ein wichtiger Anspruch der Studie – der die vorliegende Arbeit auch von anderen Grundlagen abgrenzt – ist, das Thema automatisiertes Fahren nicht allgemein-abstrakt oder (automobil)technisch zu behandeln, sondern interdisziplinär und mit konkretem Fokus auf Einsatzmöglichkeiten in der Alltagsmobilität der Schweiz. Dabei wird beispielsweise das spezifische schweizerische Mobilitätsverhalten, die besondere Bedeutung des öffentlichen Verkehrs und dessen Bestellung, die raumplanerischen Herausforderungen, der Fahrzeugpark, Zulassungsfragen, der Führerscheinbesitz oder auch die föderale Struktur berücksichtigt.

1.2 Forschungskonzept

Im Herbst 2016 konnten mit Unterstützung der im Impressum aufgeführten Projektpartner die Arbeiten aufgenommen werden. Diese gliedern sich in drei Phasen, wobei der vorliegende Bericht die erste Phase abschliesst. Literaturrecherchen waren die zentrale Quelle für die Arbeiten in dieser Phase (vgl. dazu das Quellenverzeichnis auf Seite 66 sowie die weiterführende Li-

¹ BaslerFonds: Einsatz automatischer Fahrzeuge im Alltag. Forschungskonzept für denkbare Anwendungsformen und Effekte in der Schweiz. EBP; 15.08.2016

teratur auf Seite 69). Die Verknüpfung und Einordnung der vielfach monothematischen Artikel erfolgte im interdisziplinären Austausch zwischen den Fachexperten.

Die Arbeiten wurden von einer Begleitgruppe mit Vertretern der Projektpartner im Rahmen von Workshops und Stellungnahmen zu Studienergebnissen unterstützt. Basierend auf diesem vorliegenden Bericht bzw. der ersten Phase werden Ende 2017 in der zweiten Phase thematische Vertiefungsstudien starten, in welcher Auswirkungsanalysen vorgenommen und Handlungsmöglichkeiten für einzelne Themen aufgezeigt werden sollen. Die Themenwahl und die entsprechenden Pflichtenhefte werden von den Lead-Partnern aufgrund deren Bedürfnisse und der Erkenntnisse aus der ersten Phase festgelegt. Die dritte und letzte Phase umfasst die Kommunikation der Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt.

1.3 Aufbau und Zielpublikum des Berichts

Der vorliegende Bericht präsentiert die Arbeiten und Ergebnisse dieser grundlegenden Analysen: Werteszenarien, Trend-Analyse, Begrifflichkeiten und Definitionen der automatisierten Fahrzeuge, deren Anwendungsformen, die Themenbereiche Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen sowie deren Stakeholder, die Entwicklung der Marktdurchdringung von Fahrzeugflotten und verkehrliche Mengengerüste. Die im Forschungskonzept aufgeführten Themen-Module sind in den Kapitelüberschriften resp. Anhängen weitgehend wieder erkennbar. Kernstück bildet die im Rahmen der Studie entwickelte «Storyline». Darin werden sechs denkbare Zustände skizziert und grundlegende Annahmen zu Entwicklungen des automatisierten Fahrens in der Schweiz festgehalten. Die künftige Marktdurchdringung automatisierter Fahrzeuge sowie deren Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten und damit die Verkehrsnachfrage liefern schliesslich erste Mengengerüste zur Verkehrs- und Fahrleistung in der Schweiz.

Zu einzelnen Themen bestehen ergänzende Beilagen-Berichte, in denen die Arbeitsergebnisse detailliert beschrieben werden. Die zentralen Erkenntnisse aus der Grundlagenanalyse werden in einem ersten Fazit zusammengefasst. Sie bilden eine wesentliche Grundlage für die Arbeiten in der bevorstehenden Vertiefungsphase. Im Rahmen von thematischen Vertiefungsstudien sollen dann Antworten auf konkrete Fragestellungen gesucht werden.

Der Bericht richtet sich damit in erster Linie an alle Projektpartner und an die Mitglieder des Schweizerischen Städteverbandes. Die wesentlichen Erkenntnisse werden in Rücksprache mit den Lead-Partnern auch veröffentlicht, damit wie einleitend dargelegt auch Denkanstösse in fachliche und politische Diskussionen eingebracht werden können.

1.4 Trendentwicklung und Werteszenarien

Die Mobilität ist ein wichtiger Aspekt unserer heutigen und künftigen Gesellschaft. Und automatisierte Fahrzeuge haben das Potenzial, die Mobilität grundlegend zu ändern. Die wichtigsten Treiber des automatisierten Fahrens sind die Megatrends Digitalisierung und Automatisierung. Doch darüber hinaus wirken zahlreiche weitere Faktoren auf die Entwicklung der Mobilität im

allgemeinen und des automatisierten Fahrens im speziellen. Um die Relevanz dieser Trends auszuloten, wurden zu Beginn der Studie die Einflussfaktoren auf Basis des Trendreports von EBP² systematisch ermittelt. Diese Beurteilung der Umfeldtrends hat wertvolle Inputs für die im Rahmen des Projektes geführten Diskussionen geliefert und bildet auch eine Grundlage für die Vertiefungsarbeiten in der zweiten Phase. Die Ergebnisse sind im Anhang A2 dokumentiert.

Neben den Trendentwicklungen spielen auch die Werthaltungen unserer Gesellschaft bei der künftigen Bedeutung von automatisierten Fahrzeugen eine zentrale Rolle: Lässt die Politik den Privaten resp. den Unternehmen freie Hand und dominieren künftig individuelle Formen des automatisierten Fahrens unsere Mobilität? Oder reguliert der Staat die Anwendung von automatisierten Fahrzeugen und wirkt auf eine mehr kollektive resp. sogar konzessionierte Nutzung hin? Gibt es Anreize oder Verbote für die Nutzung von automatisierten Fahrzeugen? Diesen Fragen hat sich das Projektteam einleitend auf Basis der Wertewandel-Studie von Swissfuture³ genähert. Für die vier von den Zukunftsforschern entwickelten Szenarien Ego, Clash, Balance und Bio Control wurden mögliche Formen des automatisierten Fahrens entworfen. Diese dienten den an der Studie beteiligten Personen einerseits als «Mind Opener» um sich dem Thema unabhängig von den eigenen Vorstellungen anzunehmen und andererseits geben sie wichtige Hinweise für die Vertiefungsstudien in der folgenden Phase. Insbesondere werden diese Werteszenarien zu analysieren sein, wenn die Rolle der öffentlichen Hand im Detail behandelt wird. Entscheide, die während der Entwicklung des automatisierten Fahrens zu treffen sind, hängen stark von diesen Werthaltungen ab. Die vier Werteszenarien sind im Anhang A3 dokumentiert.

Als Fazit aus der Trendanalyse und Werteszenarien zeigt sich, dass es überwiegend Treiber und fast keine hemmenden Trends gibt. Dies ist relevant, weil einerseits die stark wirkenden Treiber für die staatlichen Institutionen eine grosse Gestaltungsaufgabe darstellen. Andererseits wird ersichtlich, dass viele Wirkungszusammenhänge nur vor dem Hintergrund der Werthaltung der Gesellschaft beurteilbar sind. Entsprechend wichtig ist es, dass der politische und öffentliche Diskurs zum Thema aufgenommen wird und sich die Schweiz auf fachlicher, politischer und gesellschaftlicher Ebene damit befasst, welche Entwicklungen und Einsatzformen des automatisierten Fahrens mit unseren Werthaltungen kompatibel sind und gefördert werden müssen und welche allenfalls auch in eine ungewünschte Richtung zielen.

2 Trend-Report (Version Dezember 2016); BaslerFonds / EBP, Arbeitsgruppe Zukunftsforschung

3 Wertewandel in der Schweiz 2030, Swissfuture 2011 und Vertiefungsstudie Wertewandel Mobilität, Swissfuture / EBP 2013.

2. Automatisierte Fahrzeuge

Das vorliegende Kapitel gibt einen Überblick über den Stand des Wissens zu automatisierten Fahrzeugen resp. zum automatisierten Fahren zum Zeitpunkt Sommer 2017. Zuerst werden die aktuellen Entwicklungen in Ausland und in der Schweiz dargelegt. Anschliessend werden die im vorliegenden Bericht verwendeten Begrifflichkeiten und Automatisierungsgrade eingeführt. Basierend auf einer Auslegeordnung von Technologien und Diensten werden die technischen und rechtlichen Anforderungen des automatisierten Fahrens beschrieben. Und zuletzt wird auf die besonderen Herausforderungen des Mischverkehrs zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmenden und zwischen Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden eingegangen.

2.1 Entwicklungen im Ausland und in der Schweiz

Im Kontext des automatisierten Fahrens und der automatisierten Fahrzeuge spielt der Einfluss internationaler Entwicklungen auf die Schweiz, sowohl aus technologischer als auch aus rechtlicher Sicht, eine wichtige Rolle. Es wird davon ausgegangen, dass in der Schweiz keine Insellösungen gesucht bzw. angestrebt werden, sondern dass eher Entwicklungen aus dem europäischen Ausland übernommen werden oder sich die Schweiz europäischen Entwicklungen anpassen wird. Dabei ist davon auszugehen, dass die Schweiz im Individualverkehr weniger eine Pionierrolle, sondern eine abwartende und adaptive Rolle einnehmen wird. In den Nachbarländern kommt der Autobranche eine grössere wirtschaftliche Bedeutung zu. Die EU (insb. Deutschland) wirkt als starker Treiber nur indirekt auf die Schweiz. Zudem ist die Schweizer Wirtschaft weniger vom Autogewerbe beeinflusst, wo hingegen die Autolobby z.B. in Deutschland verstärkt politische Einflussnahme ausübt und die Automatisierung stark vorantreibt. Trotzdem agiert der Bund proaktiv und hat verschiedene Punkte bzgl. der vernetzten intelligenten Mobilität in der Amtsstrategie des ASTRA verankert: Es soll sich u.a. mit der Begleitung von Pilotversuchen von autonomen Fahrzeugen, mit der Anpassung des Strassenverkehrsrecht sowie mit Fragen des Datenverkehrs und der -sicherheit beschäftigen und zudem in internationalen Gremien mitarbeiten (ASTRA, 2017, S. 13).

Von diesen Annahmen ausgenommen sind Entwicklungen im ÖV. Hier ist es durchaus denkbar, dass die Schweiz internationale Entwicklungen massgebend beeinflusst oder sogar eine Vorreiterrolle übernehmen kann. So hat zum Beispiel die Stadt Bern einen Pilotversuch von selbstfahrenden Fahrzeugen im ÖV und in Zusammenarbeit mit BERNMOBIL als Ziel in den Legislaturrichtlinien 2017-2020 festgehalten (Stadt Bern, 2017, S. 26). Auch andere Verkehrsbetriebe in der Schweiz setzen vermehrt auf die Automatisierung ihrer Flotte. So testen zum Beispiel PostAuto Schweiz AG im Rahmen des Projektes «SmartShuttle» zusammen mit der Stadt Sitten, dem Kanton Wallis, der EPFL und anderen Partnern Einsatzformen für «autonome Busshuttle» im öffentlichen Raum (PostAuto, 2017). Ähnliche Pilotversuche werden von den Verkehrsbetrieben aus Zürich und Schaffhausen in einem ÖV-Labor in Neuhausen am Rheinfall durchgeführt (NZZ, 2017), von

den SBB, Mobility Carsharing und den Zugerland Verkehrsbetrieben zwischen dem Bahnhof Zug und dem Gelände V-Zug (LZ, 2017) sowie von den Freiburgischen Verkehrsbetrieben TPF mit der schweizweit ersten autonomen Linie im öffentlichen Verkehr auf der Strasse zwischen der Haltestelle der Linie 1 «Marly, Cité» und dem Marly Innovation Center MIC (Saner, 2017). Bei den Bahnunternehmen setzen sich insbesondere die Schweizerischen Bundesbahnen und die Südostbahn intensiv mit den Themen Automatisierung und Digitalisierung auseinander. Daraus entstehen Unternehmensprogramme wie «fit4future», «SmartRail 4.0» oder konkrete Projekte zum automatisierten Fahrbetrieb (Automatic Train Operation) auf der bestehenden Infrastruktur. Das Ziel der SOB z.B. ist es, selbstfahrende Züge in der Schweiz zwischen Mogelsberg und Wattwil im Pilotbetrieb zu testen (SOB, 2017). Die SOB ist zudem auch federführend in einem Teilprojekt des nationalen Programmes «Smartrail 4.0», in dem technisch automatisiertes Fahren auf Regionalstrecken in einem Pilotbetrieb getestet wird. Das Ziel sei eine einvernehmliche, akzeptierte Branchenlösung (Valda, 2017).

2.2 Definitionen und Abgrenzungen

In der Diskussion rund um das automatisierte Fahren existieren unterschiedliche Begriffe. Je nach Quelle findet das Fahren «autonom», «automatisch» oder «automatisiert» statt. Hierzu ist ein Blick auf die sprachlichen Definitionen hilfreich (DIN V 19233, o.J.):

- «Autonom» steht für unabhängig, eigenständig, selbstbestimmt, nach eigenen Gesetzen lebend. Der Begriff wird üblicherweise im politischen Kontext verwendet. In Verbindung mit selbstlernenden Systemen wird oft «autonom» verwendet.
- «Automatisch» ist als Begriff aus der Technik bekannt und bedeutet in Bezug auf das Fahren «mit einer Selbstregelung ausgestattet, keine Bedienung erforderlich». Dementsprechend ist ein Automat eine Maschine, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig ausführt.
- «Automatisiert» beschreibt die technische Übertragung von Funktionen vom Menschen auf künstliche Systeme bzw. «...das Ausrüsten einer Einrichtung, sodass sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen bestimmungsgemäss arbeitet.»

In der vorliegenden Studie wird der Begriff «automatisiertes Fahrzeug» (aFz) verwendet, da er technisch ausgerichtet ist sowie eine Differenzierung der (Teil-)Übernahme von Fahrfunktionen durch ein System erlaubt. «Autonom» oder «Automatisch» werden im Zusammenhang mit Quellenangaben in der Originalform in «...» gesetzt.

Die Fachwelt verwendet im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren, zahlreiche Abkürzungen und Fachausdrücke. Diese finden sich in Kapitel «Glossar und Abkürzungsverzeichnis» auf S. 62 zusammengestellt.

2.2.1 Automatisiertes Fahren

Im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren überlagern sich verschiedene Trends. Abbildung 1 zeigt Themen auf, welche bezüglich des Automobilssektors derzeit intensiv behandelt werden. Die Branche sieht in den Bereichen Vernetzung, Elektromobilität und Sharing/Pooling grosses Entwicklungspotenzial. Alle vier Themen unterliegen dem Megatrend der Digitalisierung. Grundsätzlich sind die Themenfelder nicht zwingend mit dem automatisierten Fahren zu verbinden. So kann auch bereits ein herkömmliches, nicht-automatisiertes Fahrzeug elektrisch oder als Sharing-Fahrzeug betrieben werden. In Verbindung mit dem automatisierten Fahren entstehen allerdings weitere Synergien und differenziertere Anwendungsformen. Diese können zu Veränderungen in der Verkehrsorganisation und damit des individuellen Mobilitätsverhaltens führen. Im Folgenden sind die Themenfelder genauer beschrieben.

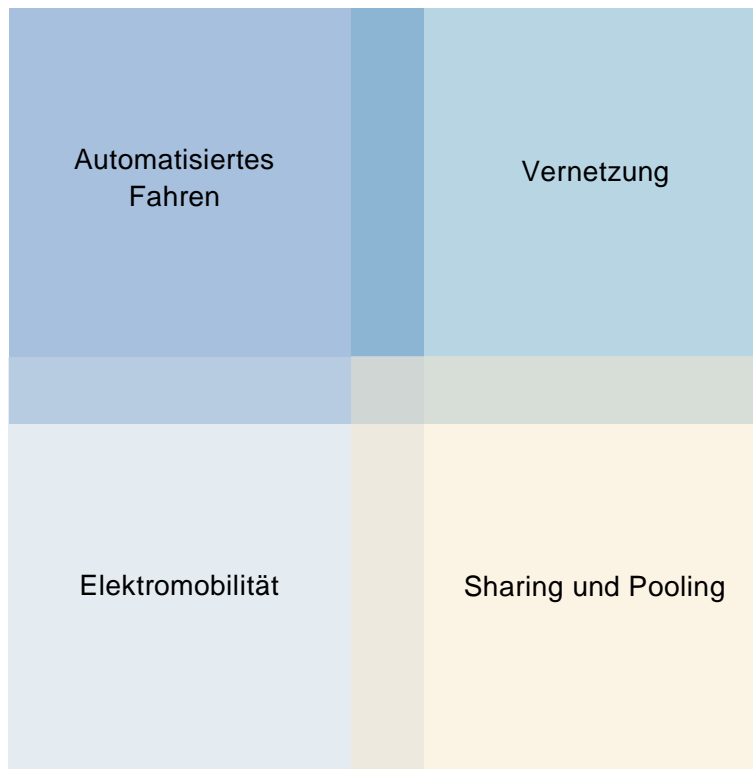


Abbildung 1: Themenbereiche und Abgrenzung des automatisierten Fahrens

Vernetzung

Die Vernetzung von Fahrzeugen mit der Umwelt wird oft als «Car-to-X-Communication» (C2X) bezeichnet. Damit ist ein allgemeines Konzept für die Übertragung von Daten zwischen Fahrzeug und dem gesamten Umfeld gemeint. Dieses kann weiter differenziert werden in «Car-to-Car-Communication» (C2C, auch: «vehicle-to-vehicle») und in «Car-to-Infrastructure-Communication» (C2I, auch: «Car-to-Roadside»). Eine ausführliche Beschreibung dieser Begrifflichkeiten und deren Unterschiede ist in Anhang A4 enthalten.

Eine getrennte Behandlung von automatisiertem Fahren und Vernetzung ist wenig zweckmässig. Zahlreiche erwartete Vorteile des automatisierten Fahrens (Kapazitätssteigerungen, Unfallreduktionen, etc.) können nur mit zusätzlichen Daten aus der Vernetzung vollständig realisiert werden. So stellt für den Bund automatisiertes Fahren ohne Vernetzung derzeit keine sinnvolle Anwendungsform dar: *«Um die Potentiale voll ausschöpfen zu können, müssen selbstfahrende Fahrzeuge vernetzt sein.»* (ASTRA, 2016).

Elektromobilität

Unter Elektromobilität wird das Nutzen elektrisch angetriebener Fahrzeuge verstanden, die über einen Energiespeicher (Batterie) verfügen. Der Grad der Elektrifizierung kann variieren. Meist stehen Nachhaltigkeitsaspekte im Zentrum, da lokal (am Fahrzeug) keine Abgasemissionen entstehen, Klimaeinflüsse reduziert und die Energieeffizienz verbessert werden kann. Die Energieeffizienz des Gesamtbetriebs und der Klimaeffekt sind abhängig von der Art der Stromerzeugung.

Die heute auf dem Markt verfügbaren (teil-)automatisierten Fahrzeuge werden häufig elektrisch angetrieben. Mit der Einführung neuer Technologien wird so auch eine veränderte Antriebsform breiter angewendet. Grundsätzlich können automatisierte Fahrzeuge aber auch mit Verbrennungsmotoren ausgestattet sein. Der Zusammenhang zwischen den beiden Themen ist daher nicht so relevant wie bei der oben beschriebenen Vernetzung.

Sharing und Pooling

Mit den Begriffen «Sharing» (Car-Sharing) und «Pooling» (Ride-Sharing) wird die Nutzung von einzelnen Fahrzeugen durch unterschiedliche Personen beschrieben – dies kann seriell (Sharing) oder parallel (Pooling) geschehen. Eine ausführliche Beschreibung dieser Begrifflichkeiten und deren Unterschiede ist in Anhang A4 enthalten.

In der Diskussion zum automatisierten Fahren sind beide Nutzungsformen relevant, da durch die Möglichkeit von selbstfahrenden Fahrzeugen neue Möglichkeiten zur Organisation der Transportketten bestehen. Beispielsweise können vollautomatisierte Fahrzeuge zwischen zwei Fahrten mit Passagieren selbständig den Standort wechseln und somit besser für «Sharing» genutzt werden. Für Nutzer entfallen Wege zum Aufsuchen des Standortes von «Sharing»-Fahrzeuge. Dies erleichtert eine Verhaltensänderung von der Benutzung des persönlichen Fahrzeugs hin zum Konsum eines Mobilitätsdienstes. Dafür steht der Begriff «Mobility-as-a-Service» (MaaS). Damit verbunden ist die Kombination von öffentlichen und privaten Transportleistungen sowie verschiedenen Verkehrsmitteln über eine Plattform, welche die Wegeketten organisiert und die Bezahlung über ein einziges Konto regelt.

2.2.2 Automatisierte Fahrzeuge

Gegenstand der Grundlagenanalysen sind folgende Fahrzeuge:

Strassenverkehr

Im öffentlichen Strassenraum zugelassene motorisierte Fahrzeuge (Personenwagen, Lieferwagen, Lastwagen), sowie Fahrzeuge des strassengebunden öffentlichen Verkehrs (Busse, Trams) mit mindestens vier Rädern und zugelassener Höchstgeschwindigkeit von mindestens 50 km/h. Ausgeklammert werden beispielsweise Motorräder, inkl. der vierradrigen Quads, unkonventionelle Kleinstfahrzeuge und Fahrhilfen. Beim Güterverkehr ausgeklammert werden Transportgeräte für den betriebsinternen Warentransport und den Güterumschlag in Logistikanlagen wie See- /Flughäfen, Umschlagterminals, City-Hubs und Industrieanlagen.

Schienenverkehr

Lokomotiven und Triebwagen auf allen schweizerischen Schienennetzen (ausgenommen beispielsweise Standseilbahnen).

Nicht Gegenstand der Grundlagenstudie sind Luftfahrzeuge und Drohnen.

2.2.3 Klassifizierungen im Strassenverkehr

Bestehende Klassifizierungen

Weltweit existieren bereits zahlreiche Formen des automatisierten Fahrens und viele weitere sind absehbar. Sie unterscheiden sich vor allem in ihrer Komplexität. Zu deren Strukturierung liegen verschiedene Klassifizierungen (Automatisierungsgrade resp. «Level of Automation») vor:

- SAE-Norm J3016⁴
- NHTSA⁵
- BASt⁶
- POST/DfT⁷

4 Die Society of Automotive Engineers ist der internationale Verband der Automobilingenieure aus der Luftfahrt-, Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie. Er hat im Januar 2014 die Norm J3016 veröffentlicht, welche sechs Stufen der Driving Automation for On-road Vehicles beschreibt (Level 0 bis 5). Die Differenzierung erfolgt über Teilaufgaben des dynamischen Fahrens, welche dem Fahrer bzw. dem System zugeordnet werden.

5 Die National Highway Traffic Safety Administration ist die zivile US-Bundesbehörde für Strassen- und Fahrzeugsicherheit. Sie ist unter anderem damit beauftragt, nationale Sicherheitsnormen zu erstellen und diese über die Zulassung von Systemen durchzusetzen. Die NHTSA hat im Jahr 2013 eine Klassifizierung der Automatisierung in fünf Stufen vorgenommen (Level 0-4). Diese geht von der Stufe No-Automation bis zur Full Self-Driving Automation.

6 Die deutsche Bundesanstalt für Strassenwesen hat als technisch-wissenschaftliches Forschungsinstitut des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur im Jahr 2015 eine Klassifizierung herausgegeben. Diese ist nicht in Ordinalzahlen aufgebaut, sondern benennt die Stufen qualitativ. Die Differenzierung erfolgt über den Beschrieb der Fahraufgaben, insb. wird auf die Übernahme der Quer- bzw. Längsführung sowie die Überwachung und Übernahmefähigkeit der Fahraufgabe eingegangen. Zudem werden beispielhafte Systemausprägungen genannt. Der Normierung fehlt allerdings ein der SAE-Stufe 5 vergleichbarer Zustand.

7 Das Parliamentary Office of Science & Technology bzw. das Department for Transport von Grossbritannien hat 2015 ebenfalls eine Klassifizierung veröffentlicht. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der Differenzierung von High und Full Automation. Des Weiteren werden die Stufen mit den vorhergenannten Normierungssystemen verglichen.

Die Definitionen decken sich allgemein recht gut, teilweise fallen sie jedoch unterschiedlich aus. Keine der Klassierungen unterscheidet zwischen Personenwagen und Strassenfahrzeugen für den Gütertransport; dies wird bei den eigenen Grundlagenanalysen im Allgemeinen ebenso gehandhabt. Vor allem bei den höheren Stufen der Automatisierung sind Unterschiede in der Klassifizierung auszumachen, zum Teil fehlt die unlimitierte Vollautomatisierung ganz.

Verwendete Klassifizierung

Aufgrund der detaillierten Differenzierung der Fahraufgaben sowie der internationalen Normierungsentwicklungen wird in der vorliegenden Studie die Definition der SAE Norm J3016 als Basis für die Beschreibung der Automatisierungsstufen verwendet. Es werden sechs Automatisierungsgrade von 0 bis 5 aufgeführt. Zur Beschreibung der Automatisierungsstufen wird auch die weitgehend kompatible Definition des BAST beigezogen. Diese muss im Vergleich lediglich um Level 5 ergänzt werden, auf dem «das System» alle Aufgaben des dynamischen Fahrens in allen Situationen übernehmen kann, welche ein menschlicher Fahrer bewältigt.

Wesentliche Unterschiede zwischen den Automatisierungsgraden

Eine Übersicht über die unterschiedlichen Ausprägungen der Automatisierungsgrade liefert Tabelle 1, die wie folgt beschrieben wird:

- L0** Level 0 beschreibt das «Konventionelle Fahren» ohne die Abgabe von Fahraufgaben an ein System. Einzig die Unterstützung des Fahrers durch Warnsysteme ist auf dieser Stufe möglich (z.B. Spurhaltewarnung, Warnungen des Spurwechselassistenten, Kollisionswarnung).
- L1** Im L1 wird mittels «Assistenzsystemen» die Längs- oder Querführung an das System abgegeben, temporär und für spezifische Situationen. Das Funktionieren des Systems muss dauerhaft durch den Fahrer überwacht werden, zudem muss er jederzeit für die Übernahme der Fahraufgaben bereit sein. Heute verfügbare technologische Beispiele hierzu sind Bremsassistent, Parkassistent (nur Lenkung durch System), Abstandsregeltempomat sowie Spurhalteassistent.
- L2** Level 2 («teilautomatisiert») grenzt sich von L1 ab, indem Längs- und Querführung durch das System übernommen werden, die Beschränkungen (temporär, spezifische Situationen) und Anforderungen an den Fahrer (Überwachung, dauerhafte Übernahmebereitschaft) sind jedoch dieselben. Hierzu werden bereits heute Systeme angeboten, wie zum Beispiel der Autobahnassistent (u.a. Spurhaltung).
- L3** Level 3 («hochautomatisiert») grenzt sich von L2 ab, indem die Anforderung einer dauerhaften Überwachung durch den Fahrer gelockert wird. Damit geht einher, dass der Fahrer erst auf die Aufforderung des Systems und mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgaben bereit sein muss. Das System übernimmt also die Fahraufgaben, muss aber seine Grenzen kennen und den Fahrer auffordern können, die Führung wieder zu übernehmen. Durch diese obligatorische Übernahme durch den Fahrer muss das System nicht jederzeit selbst einen risikominimalen Zustand (Bsp. Anhalten auf sicherer Verkehrsfläche) erreichen

können. Wie lange die Zeitreserve zwischen Aufforderung und Fahrerübernahme ist, halten die Grundlagen nicht fest. Es ist allerdings von einigen Sekunden auszugehen, was das Spektrum der Nebentätigkeiten des Fahrers einschränkt. L3 wird heute von einigen Automobilherstellern erreicht («Autobahn-Chauffeur»).

- L4** Level 4 («limitiert vollautomatisiert») grenzt sich von L3 durch die Fähigkeit des Systems ab, im Rahmen des Anwendungsfalles (limitiert durch Raum, Strassentyp, Zeit, Geschwindigkeitsbereich, Umfeldbedingungen) jederzeit einen risikominimalen Zustand erreichen zu können. Zwar wird bei Erreichen der Systemgrenzen eine Aufforderung an den Fahrer zur Übernahme der Fahraufgaben abgegeben, allerdings kann das System mit der Situation umgehen, dass dieser nicht reagiert. Der Fahrer muss also das System nicht mehr überwachen und nicht mehr zwingend eingreifen können. Er muss jedoch in den meisten Anwendungsfällen an Bord sein, um das Fahrzeug beim Verlassen des Anwendungsfalles steuern zu können. Das Spektrum von Anwendungsfällen ist entsprechend gross; es können sowohl einzelne, klar abgegrenzte Fälle enthalten sein bis hin zur Überlagerung vieler Anwendungsfälle, die sich nur noch gering von einer unlimitierten Anwendung unterscheiden. Im Detail stellt sich die Frage, wie genau der «risikominimale Zustand» definiert wird. So ist Anhalten nicht in allen Situationen risikominimal und die Anhalteflächen müssen klar definiert sein. L4 ist für die Automobilindustrie derzeit ein grosses Feld für Innovationen (Bsp. «Autobahn-Pilot», «Park-Pilot»).
- L5** Level 5 («vollautomatisiert») grenzt sich von L4 ab, indem das System keine beschränkten Anwendungsfälle kennt, sondern in jedem Umfeld sämtliche Fahraufgaben übernehmen kann. Damit wird die Anwesenheit eines Fahrers an Bord überflüssig und es werden Leerfahrten möglich. Dies stellt in Anbetracht der unzähligen Kombinationsmöglichkeiten von Fahrbedingungen und Interaktionen von Verkehrsteilnehmenden sehr hohe Anforderungen.

L°	Bezeichnung	Beispiele	Fahrer				System		
			Längs- und Querführung (LäF und QuF)	Überwachung	Übernahme-Bereitschaft	Führer-ausweis	Längs- und Querführung	Erkennen aller Systemgrenzen	RminZ ⁸
0	100% konventionelles Fahren	Konvention. Fahrzeug mit Spurhalte- und Kollisionswarnung	immer				Keine		
1	Assistenzsysteme	Bremsassistent, Parkassistent (nur Querführung), Spurhalteassistent, Spurwechselassistent, Abstandsregeltempomat Lane Centering	Auf Wunsch LäF <u>oder</u> QuF an System abgeben, temporär und in spezifischen Situationen	Dauerhaft überwachen	Jederzeit	Ja, in heutiger Form	LäF <u>oder</u> QuF auf Wunsch Fahrer temporär spezif. Situation	Erkennen aller Systemgrenzen nicht gegeben	Erreichen RminZ nicht gegeben
2	Teilautomatisiert	Abstandsregeltempomat mit Lane Centering, Autobahnassistent	Auf Wunsch LäF <u>und</u> QuF an System abgeben, temporär und in spezifischen Situationen	nicht dauernd überwachen	Aufforderung mit ausreichender Zeitreserve		LäF <u>und</u> QuF auf Wunsch Fahrer jederzeit		
3	Hochautomatisiert	Autobahn-Chauffeur	LäF <u>und</u> QuF grundsätzlich an System abgeben, vollständig, in def. Anwendungsfällen	nicht überwachen		Ja, aber ggf. in angepasster Form	Vollständig in definierten Anwendungsfällen	Erkennen aller Systemgrenzen gegeben	Nicht in allen Sit. gegeben
4	limitiert vollautomatisiert	Autobahn-Pilot, automatischer Nothalt, Park-Pilot	LäF <u>und</u> QuF grundsätzlich an System abgeben, vollständig und für alle Situationen		Niemals	Nein, nicht notwendig	Vollständig für alle Situationen		In allen Sit. der Anw-Fälle gegeben
5	Überall, jederzeit vollautomatisiert	Roboterauto						In allen Sit. gegeben	

Tabelle 1: Automatisierungsgrade: abnehmende Fahrerverantwortung (blau) und zunehmende Funktionen des Systems (rot). Die aufgeführten Beispiele Autobahn-«Assistent» (L2), Autobahn-«Chauffeur» (L3) und Autobahn-«Pilot» (L4) sollen eine zunehmende Automatisierung bzw. zunehmende Steuerung durch «das System» auf der Autobahn verbildlichen.

8 RMinZ: Fähigkeit des Erreichens eines risikominimalen Zustandes, in Anlehnung an die Regeln aus der Ethik-Kommission des BMVI: «In Notsituationen muss das Fahrzeug autonom, d.h. ohne menschlicher Unterstützung, in einen «sicheren Zustand» gelangen.» (BMVI, 2017, S. 13)

Vollautomatisierte Anwendungen im Individualverkehr

Mit der Vollautomatisierung (L4 und L5) treten weitere Fragestellungen auf – u.a. ob der Fahrer überhaupt die Möglichkeit hat, einzugreifen. Diese Differenzierung ist für die möglichen Anwendungen (Betriebsformen, Geschäftsmodelle) und die Folgen für das Verkehrsgeschehen (Angebotsnutzung, Kapazität, etc.) sowie das notwendige Verkehrsmanagement zentral. Sie wirkt sich zudem auf die Einrichtungen im Fahrzeug und ggf. an der Verkehrsinfrastruktur aus. Daher werden im Anhang A5 ergänzend verschiedene vollautomatisierte Anwendungen mit Fokus Individualverkehr (IV) aufgeführt. Insbesondere die Differenzierungen zw. IV 4a⁹, 4b¹⁰, 5a¹¹ und 5b¹² dürften für die anstehende Vertiefungsphase nützlich sein. Daraus resultieren unterschiedliche Anwendungen und rechtliche Rahmenbedingungen. Im Rahmen der vorliegenden Grundlagenstudie wird im Weiteren nicht im Detail auf diese Differenzierung eingegangen.

Vollautomatisierte Anwendungen im strassengebundenen öffentlichen Verkehr

Im traditionellen ÖV-Land Schweiz sind neben den beschriebenen Levels im Individualverkehr insbesondere auch Anwendungen im öffentlichen Verkehr von grösstem Interesse. Die verwendete Klassifizierung ist durch die Zuweisung von Fahraufgaben auf Fahrer und System aber stark auf den Individualverkehr ausgerichtet. Insbesondere ab Stufe 4 deckt sie deshalb derzeitige Anwendungsbeispiele beim strassengebundenen ÖV nur ungenügend ab. Deshalb wird für die Anwendungen der automatisierten Fahrzeuge nach IV- und ÖV-Orientierung differenziert.

Der strassengebundene ÖV erhält durch die Vollautomatisierung vorerst insbesondere im Nahverkehr neue Perspektiven, da dort ein attraktives Angebot häufig nur mit einem hohen Aufwand machbar ist. Es besteht längerfristig die Möglichkeit, die Mobilität nachfrageorientierter zu gestalten und bestehende Bündelungen von Personenbewegungen (durch Kurse und Linien) aufzuheben. Deshalb werden die relevanten Vollautomatisierungsstufen für die ÖV-orientierte Betrachtung auf Basis von vorhandenen Testanwendungen angepasst.

Im Rahmen des Projektes CityMobil2 sowie des Pilotversuchs von PostAuto Schweiz AG wurden resp. werden vollautomatisierte Minibusse eingesetzt, welche weder mit Gas-/Bremspedal noch mit Steuerrad ausgestattet sind. Die Fahrzeuge werden jedoch in einer Zentrale mit Steuerungsmöglichkeit

9 IV 4a: Das Steuern durch eine Person ist innerhalb eines Anwendungsfalles möglich, sofern das System eine Übergabe zulässt. Diese kann aber beispielsweise aufgrund von Sicherheits- oder Kapazitätsvorgaben abgelehnt werden. Ausserhalb des Anwendungsfalles muss der Fahrer die Fahraufgaben zwingend übernehmen.

10 IV 4b: Eine Fahrermöglichkeit besteht nicht, es sind auch keine entsprechenden Einrichtungen am Fahrzeug vorhanden (Gas-/Bremspedal, Steuerrad). Das Fahrzeug kann daher nur innerhalb des Anwendungsfalles betrieben werden.

11 IV 5a: Das Steuern durch einen Fahrer ist in allen Situationen nur möglich, sofern das System eine Übergabe zulässt. Dies kann aber beispielsweise aufgrund von Sicherheits- oder Kapazitätsvorgaben abgelehnt werden. Es ist aber im Gegensatz zu IV 4a nicht auf klar definierte Anwendungsfälle beschränkt, sondern immer und überall zulässig.

12 IV 5b: Eine Fahrermöglichkeit besteht nicht, es sind auch keine entsprechenden Einrichtungen am Fahrzeug vorhanden (Gas-/Bremspedal, Steuerrad). Das System übernimmt für alle Situationen die Steuerung. Es ist aber im Gegensatz zu IV 4b nicht auf klar definierte Anwendungsfälle beschränkt, sondern immer und überall zulässig.

überwacht und/oder (vorerst) durch eine Person begleitet, die im Fahrzeug eine Ausnahmesteuerung übernehmen könnte. Aufgrund der mindestens im Pilotversuch räumlich beschränkten Anwendung befinden sich diese Fahrzeuge auf L4.

Die Vollautomatisierung mit Fokus ÖV kann ebenfalls nach den Anwendungen von ÖV 4a¹³, 4b¹⁴ und 5¹⁵ differenziert werden (vgl. Anhang A5).

2.2.4 Klassifizierung im Schienenverkehr

Vollautomatisierte Anwendungen im Schienenverkehr

Die UITP (Union Internationale des Transports Publics) ist ein internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen mit Fokus nachhaltige Mobilität. Sie hat eine Klassifizierung der Automatisierungsgrade für den Schienenverkehr erstellt, welche von L0 «Fahren auf Sicht» bis L4 «Selbstfahrend» geht. In Tabelle 2 werden die Teilaufgaben des Zugbetriebs nach Automatisierungsgrad beschrieben.

Metrosysteme und technisch isolierte und räumlich klar abgegrenzte Anwendungen wie beispielsweise Zubringerbahnen zu Flughafenterminals nutzen schon heute alle Automatisierungsstufen. Der automatisierte Fahrbetrieb kann Personalkosten reduzieren, verbessert die Energieeffizienz (geringere Maximalgeschwindigkeit, Beschleunigungs- und Bremsverhalten) und erhöht die Streckenkapazität (permanente Optimierung des Verkehrsflusses).

Für den Fern- und Regionalverkehr existiert weltweit noch keine vollautomatisierte Anwendung. Gründe hierfür sind die offene Netzumgebung, heterogenes Rollmaterial, unterschiedliche Bahnsteige und Gleisanlagen und Differenzen der technischen Netzausrüstung.

Folgende Zugsysteme zur Überwachung und Betrieb sind für die Automatisierungsstufen notwendig bzw. von zentraler Bedeutung:

- «Automatisches Zugsicherungssystem» (ATS, *Automatic Train Supervision*): Das automatische Zugsicherungssystem überwacht Fahrstrassen und Zugfahrten auf dem gesamten Netz und übermittelt alle für einen sicheren Betrieb notwendigen Informationen an die Leitstelle.
- «Automatische Zugsicherung» (ATP, *Automatic Train Protection*): Kontrolle der Einhaltung von Geschwindigkeit und Abständen zwischen Haltepunkten, Automatischer Bremseneingriff möglich, Berechnung der Geschwindigkeitsbegrenzung anhand der Belegung der folgenden Streckenblöcke, Informationsübertragung an Zug über ortsfeste Einrichtungen
- «Automatische Zugsteuerung» (ATO, *Automatic Train Operation*): Übernahme Fahrkontrolle gemäss Fahrplan (inkl. Halt und Anfahrt), über ortsfeste Anlagen werden Informationen zu fahrplanmässigen Halten und Geschwindigkeiten übertragen.

13 ÖV 4a: Ist ein Fahrzeugbetrieb an Linien (Fahrrouen) gebunden, so ist die Anwendung räumlich und auch zeitlich (Fahrplan) eingeschränkt («Anwendungsfall»).

14 ÖV 4b: Zusätzliche Anforderungen ergeben sich aus der freien Routenwahl. Diese ist auf Stufe 4 an gewisse Bedingungen geknüpft (Bsp. nur begrenzter Perimeter im Stadtraum).

15 ÖV 5: Freie Routenwahl ohne Anwendungseinschränkungen

- «Automatischer Bahnbetrieb» (ATC, *Automatic Train Control*): Dieses heute vor allem im Metrobereich angewendete Betriebsprinzip basiert auf den drei soeben erwähnten Subsystemen ATP, ATO und ATS.
- Fahrerloser Zugbetrieb (DTO, *Driverless Train Operation*): Das System übernimmt zusätzlich zur vollständigen Fahrkontrolle die Türöffnung und -schliessung. Der Fahrer wird nur noch für Serviceaufgaben und Notfallsteuerung gebraucht.
- Unbemannter Zugbetrieb (UTO, *Unattended Train Operation*): System kann mit Störfällen umgehen (hohe Anforderungen an Ausfallsicherheit, Hinderniserkennung notwendig), kein Personal mehr an Bord notwendig.

GoA	Betrieb	Anfahrt	Halt	Türen schließen	Störfall
0	Herkömmlich auf Sicht (z.B. Strassenbahn)	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
1	Manuell mit Zugbeeinflussung PZB, LZB, ETCS, ATS ggf. bereits ATP mit Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
2	Halbautomatisch (STO) <i>ATP und ATO, mit Fahrer</i>	automatisch	automatisch	Fahrer	Fahrer
3	Vollautomatisch (DTO) <i>ATP und ATO, ohne Fahrer</i>	automatisch	automatisch	Zugbegleiter	Zugbegleiter
4	Selbstfahrend (UTO) <i>ATC</i>	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch

Tabelle 2: Automatisierungsgrade (UITP). GoA: *Grade of Automation*, nach UITP.

2.3 Technische Anforderungen

Zwischen den verschiedenen Levels der automatisierten Fahrzeuge, den zur Vernetzung verwendeten Technologien, den möglichen Anwendungsfällen und den dazu notwendigen Diensten bestehen vielschichtige Zusammenhänge. Nachstehend werden solche Strukturen einerseits mit Fokus auf die verwendeten Technologien und andererseits auf den denkbaren Einsatzformen sichtbar gemacht um eine Grundlage für mögliche zeitliche Entwicklungen zu schaffen.

Die zahlreichen, zunehmend verwendeten Technologien im motorisierten Verkehr und die damit verbundenen Dienste lassen sich nicht nur auf vollautomatisierte Fahrzeuge L4 und L5 anwenden, sondern auch bei L2 und L3, ja selbst bei konventionell gesteuerten Fahrzeugen von L0 und L1. Tabelle 3 zeigt Abgrenzungen resp. Zusammenhänge zwischen Technologien und Fahrzeugen sowie den damit verbundenen Diensten. Einerseits für konventionell gesteuerte Fahrzeuge, andererseits für automatisierten Fahrzeugen ab L2. Die einzigen Technologien, die ausschliesslich das automatisierte Fahrzeug kennzeichnen, sind die fahrzeugseitigen Automatisierungssysteme mit den Sensoren und Software-Programmen für die Fahrzeugsteuerung.

Eine Übersicht über Einsatzformen der geschilderten Technologien und Dienste liefert Tabelle 4 mit einer möglichen Differenzierung zwischen Fahr- resp. Reisezwecke und räumlichem Kontext.

Die folgenden Kapitel beschreiben mögliche Anforderungen, welche die Technologien des automatisierten Fahrens an die Verkehrsinfrastruktur, an die digitale Infrastruktur und an die Fahrzeuge selbst stellen. Welche Anforderungen infrastrukturseitig künftig erfüllt werden müssen, hängt unter anderem von noch zu definierenden rechtlichen Voraussetzungen ab. Denkbar ist auch eine Haltung, wonach automatisierte Fahrzeuge mit den heutigen Voraussetzungen umgehen können müssen, ohne dass explizit in die Er-tüchtigung der Infrastruktur investiert wird.

Neben der isolierten Betrachtung stehen die Anforderungen auch in einem Abhängigkeitsverhältnis zu einander. So müssen für die Freigabe des voll-automatisierten Fahrens L4/L5 die Anforderungen der verschiedenen Technologie- und Infrastrukturbereiche gleichzeitig sichergestellt sein. Das bedeutet, dass die Fahrzeug-Zulassung allein nicht genügt, sondern auch die Datenübertragungsinfrastruktur verfügbar (beispielsweise Verfügbarkeit geeigneter Frequenzbänder) und die notwendige Strasseninfrastruktur vorhanden sein muss. Damit sind verschiedene Behörden angesprochen, und die Hersteller resp. Anbieter sind nicht nur technisch (beispielsweise Standards), sondern auch betreffend der Prozesse, Business-Pläne und Verträge sowie auch in zeitlicher Hinsicht zu koordinieren.

TECHNOLOGIEN Stichwort / Erklärungen		Automatisierte Fahrzeuge und Anwendungsfälle (L2 bis L5)	Konventionell gesteuerte Fahrzeuge (L0 und L1)	Dienste
Navigation	GPS, keine Genauigkeit GPS, erhöhte Genauigkeit Super-Ortungssysteme (bis cm)	Anwendung in automatisierten Fahrzeugen aller Level und aller Anwendungsformen	Im, aber auch ausserhalb Fz verwendbar	Beispielsweise TomTom
Fahrzeugseitige Automatisierungssysteme	Sensoren und Software für die Fz-Steuerung für unterschiedliche Verkehrssituationen	Spezifische Kerntechnologie insb. für L4 und L5, evtl. differenziert nach Anwendungsfällen	---	Fahrzeug-Hersteller z.B. für Updates der Software im push-Verfahren Auch Zulieferer
C2C	Kommunikation von ausserordentlichen Ereignissen, Umweltbedingungen von Fahrzeug zu Fahrzeug	Alle Level mit (voll)automatisierten Aktionen des automatisierten Fahrzeuges. Für unterschiedliche Anwendungen bei L4 / L5 ev. separate «Kollektive» (im Sinne «autonome» lernende Kollektive).	Anwendungen denkbar, jedoch beschränkt auf Datenerfassung und -austausch (ohne zwingende Handlungen des Fahrers)	Datenverarbeitungs- und -austauschplattformen; Kommunikationsdienstleister; Netzwerke und Dienste der einzelnen Fz-Hersteller
C2Strasse	Kommunikation mit strassenseitiger Infrastruktur beispielsweise Lichtsignalanlagen (Zweiweg-Kommunikation); intelligente Strassenverkehrssignale; ev. auch Markierungen	Alle Level und alle Anwendungstypen. Seitens Strassenhalter mit denkbaren Entwicklungen zu Verkehrsmanagement 4.0	Vom Fz zur Strasseninfrastruktur unbeschränkt denkbar; von der strassenseitigen Infrastruktur zum Fz: nur Information, ohne zwingende Handlungen des Fahrers	Zusätzlich zu C2C: auch Netzwerke und Dienste der einzelnen Strassenverantwortlichen Organe (Tiefbauamt; Polizei; etc.)
C2KommunikationsInfra.	Beispielsweise Mobilfunk, Radio, je verbunden mit spezifischen Diensten	Alle Level und alle Anwendungstypen	Für alle Fz denkbar	Telekommunikationsfirmen, Radios, RDS-Dienst, Info-Plattformen
C2X	Absolute Informationsvernetzung beispielsweise über heutiges Internet, mit Zugang zu allen möglichen digitalen Angeboten (nicht nur bezgl. Mobilität resp. Gütertransportlogistik, auch beispielsweise Infotainment)	Alle Level und auch spezifisch für alle Anwendungstypen	Alle Fz denkbar	MaaS-Dienste, Mobilitätsplattformen, Fz-Hersteller; Logistik-Dienste; Infotainment-Angebote; e-Call mit entsprechenden Einsatzorganisationen

Tabelle 3: Abgrenzungen resp. Zusammenhänge zwischen Technologien, automatisierten Fahrzeugen (L4 und L5) und damit verbundenen Diensten, und Vergleich mit konventionell gesteuerten Fahrzeugen.

EINSATZFORMEN Stichwort / evtl. Untergruppe		Level und Anwendungstypen aFz (L2 bis L5)	Konventionell gesteuerte Fz (L0 und L1)	Dienste
Individueller Einsatz («MIV»)	Kindertransport, Abholen von Besuchern, privater Gütertransport ohne Fahrer, resp. sich persönlich automatisiert transportieren lassen. «mobile office»	Beschränkt auf L4a/b (MIV) und L5a/b (MIV)	---	Hinsichtlich Technologie sind Navigation, Fz-seitige Systeme und C2X zwingende Voraussetzungen
Car-Sharing	Auf privater Basis Auf kommerzieller Basis	Alle Level	kaum mit Einschränkungen verbunden	Beispielsweise Apps, Managementsoftware und Dienste für Information, Reservation und Bezahlung
Ride-Sharing (Pooling)	Auf privater Basis Auf kommerzieller Basis (Sammeltaxi)	Alle Level	kaum Einschränkungen	Beispielsweise Apps, Managementsoftware, Informations-, Reservations- und Bezahldienste
MaaS	Durch privatwirtschaftlich-kommerzielle Anbieter Durch KTU / ÖV-Unternehmen PPP	Alle Level und auch für alle Anwendungsformen	kaum Einschränkungen, auch beispielsweise konventionelle Taxi und öV sind integrierbar	Daten- und Informationsplattformen; Reiseoptimierungsangebote, Parkierungs- und Reservationsdienste, Tarifierungs- und Inkassoleistungen; Betriebsmanagement-Dienste
ÖV	Angebot mit Kleinfahrzeugen Angebot mit grossen Fahrzeugen: Städte Angebot mit grossen Fahrzeugen: Peripherie	Unterschiedliche Anwendungsformen ÖV 4a, 4b und 5	heutige Angebote ohne Einschränkungen	Betriebsleitung ähnlich wie heute für konventionelle Fahrzeug-Einsätze; jedoch veränderte Einsatzflexibilität
Güterverkehr und City-Logistik	Konvoi-Fahren, weiterhin begleitet, daher mit Chauffeuren an Bord, die sich jedoch anderweitig beschäftigen. Sammeln und verteilen von Stückgütern im Rahmen City-Logistik	ab L2 denkbar L4	Konventionelle Bedienung durch Chauffeur	Erweiterte Logistik-tools für Beschäftigung der Chauffeure unterwegs Berechtigung zur Benutzung ausgewählter Trassen/Fahrstreifen Ggf. Roboterdienste für das Beladen und Entladen beim Kunden und App für Zufahrtsberechtigungen

Tabelle 4: Abgrenzungen resp. Zusammenhänge zwischen Einsatzformen, automatisierte Fahrzeugen (L2 bis L5) und damit verbundenen Diensten, und Vergleich mit konventionell gesteuerten Fahrzeugen (L0 und L1). – Dunkel grau resp. rot und blau hervorgehoben: einzige Einsatz-form Technologiebereich, der ausschliesslich das automatisierte Fahrzeug kennzeichnet.

Anforderungen an die Verkehrsträgerinfrastruktur

Neue rechtliche Anforderungen und allenfalls auch (politische) Forderungen zur Nutzung des vollständigen Potenzials automatisierter Fahrzeuge können zum Teil auch infrastrukturellen Anpassungen notwendig machen. Auf Seite der Verkehrsträger-Infrastruktur können im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren folgende Elemente von Bedeutung sein:

- *Fahrbahnfläche*: Anhaltmöglichkeiten (z.B. durchgehende Pannestreifen auf Hochleistungsstrassen)
- *Strassenmarkierungen*: bei jeder Witterung sichtbar bzw. für Sensoren erkennbar
- *Verkehrssignale*: bei jeder Witterung sichtbar und für Sensoren erkennbar
- *Anlagen zur Knotensteuerung*: Lichtsignalanlagen (LSA) resp. Verkehrsregelungsanlagen, ggf. mit Kommunikation in die Fahrzeuge hinein
- *Verkehrsmanagement*: Verkehrsmanagement-Zentralen inkl. Hardware- und Software-Ausrüstung (Verkehrsmanagement-Handlungsgrundsätze resp. Steuerungsalgorithmen)

Tabelle 5 illustriert am Beispiel der Autobahn die notwendigen rechtlichen Anforderungen und die steigenden Anforderungen an die Fahrbahn-Infrastruktur bei einer Erhöhung des Automatisierungsgrades. Ähnliche Entwicklungen ergeben sich für Strassen ausserorts und in Siedlungsgebieten.

Automatisierungsgrad	Rechtliche Anforderungen	Anforderung an die Verkehrsträger-Infrastruktur
L2 Autobahn-assistent	Ist heute zugelassen. Fahrer muss Hand jederzeit am Steuer haben. Fahrer ist 100% verantwortlich. Führerausweis wie heute	Wie heute, wobei die Strassenmarkierungen und Verkehrssignale stets gut lesbar sein sollten (bei jeder Witterung und bei jedem Strassenzustand)
L3 Autobahn-Chauffeur Der Fahrer muss mit ausreichend Zeitreserve die Steuerung übernehmen können	Reaktionszeit muss definiert sein (ca. 10"-15"). Definition der zulässigen Tätigkeiten des Fahrers während der Anwendung des Autobahn-Chauffeurs Führerausweis wie heute, jedoch ggf. Zusatzausbildungen	Ggf. Errichten von Ausfahrts-Vorsignalen: Sie dienen beim Ende einer Autobahnfahrt als Signalauslöser für die Warnung, dass der Fahrer die Herrschaft übernehmen muss.
L4 Autobahn-Pilot Das «System» muss den risikominimalen Zustand erreichen können	Definition von «risikominimalen Zustand» für jede verkehrliche Situation innerhalb des Anwendungsfalles (z.B. Fahren auf Sicht, Tempo 30, Anhalten etc.) Ggf. Verschiebung der Haftung vom Fahrer zum Halter (die Verantwortung verschiebt sich zum Halter für die einwandfreie Wartung des Systems; die Produkthaftung bleibt beim Hersteller)	Der Autobahn-Pilot muss seine Einsatzgrenzen durch geeignete Signalisationen (oder Signale ins Fahrzeug) erkennen können. Für das Erreichen der verschiedenen definierten «risikominimalen Zustände» sind ggf. Markierungen, Signalisationen sowie Bauten (z.B. durchgehende Pannestreifen) vorzusehen.
L5 Vgl. L4	Bedingt die Definition von «risikominimalem Zustand» für alle Netz-, Verkehrs-, Wetter und Umwelt-Situationen (Das System muss <i>jederzeit</i> sicher reagieren) Ggf. Erhalt einer Bewilligung für die Fahrzeughalter, das Fahrzeug ohne Personen fahren zu lassen (Leerfahrten)	Für das Erreichen der verschiedenen definierten «risikominimalen Zustände» sind ggf. Markierungen, Signalisationen sowie Bauten (z.B. durchgehende Pannestreifen) vorzusehen. Einsatzgrenzen entfallen, so dass auf diese Signalisierung verzichtet werden kann

Tabelle 5: Beispiele möglicher Abhängigkeiten infrastruktureller von rechtlichen Anforderungen anhand der technischen Entwicklungen vom «Autobahnassistent» (L2), über den «Autobahn-Chauffeur» (L3) zum «Autobahn-Pilot» (L4/L5).

Anforderungen an die Fahrzeuge und an die IT-Infrastrukturen

Neben den steigenden Ansprüchen an die Verkehrsträgerinfrastruktur gibt es auch Anforderungen an die Fahrzeugtechnologien und die IT-Infrastrukturen. Sie lassen sich wie folgt gliedern:

Bereich	Anforderungen	Kommentare
Fahrzeugseitige Technologien	Sensoren: Zuverlässigkeit	Für nicht menschlich überwachte Fahrzeuge (L4 und L5) zu wenig zuverlässig für flächendeckenden Einsatz, insb. im Mischverkehr
	Systemarchitektur im Fahrzeug	Laut Quellen veraltet, zu wenig Entwicklungsfähig hin zu L4/L5
	Algorithmen für das Fahrverhalten	Ohne «lernendes System» zu wenig Entwicklungsfähig für erforderliche Verkehrssicherheit beim vollautomatisierten Fahren (L4 / L5)
Connectivity resp. Kommunikationstechnologie	Übertragungsleistung	Optimierung der Senderleistung zwischen Frequenzmanagement, Zuverlässigkeit der Datenübertragung und Strahlenbelastung empfindlicher Strahlenexponenten. Die Senderleistung soll möglichst gering sein, um den ortsbezogenen Wiederverwendungsabstand derselben Frequenz zu verkürzen, andererseits hoch genug für eine zuverlässige Datenübertragung
	Zuverlässigkeit der Datenübertragung	Sendungslücken: Ausfallrate muss aus Gründen der Verkehrssicherheit sehr klein sein
	Flächenabdeckung (alle Strassennetze in allen relevanten Gegenden)	Räumlich optimierte Zuteilung von Funkfrequenzen in einem grundsätzlich begrenzten und umkämpften Markt. Ein automatisiertes Fahrzeug muss in der Lage sein weltweit zu funktionieren, also muss die Frequenzzuteilung für automatisiertes Fahren weltweit harmonisiert werden, oder automatisierte Fahrzeuge müssen alle für automatisiertes Fahren freigegebenen Frequenzblöcke verarbeiten können.
	Schnittstellen Infrastruktur	Die Infrastrukturkomponenten und deren Schnittstellen müssen ebenfalls in Bezug auf die Automatisierung standardisiert werden.
	Kosten und Verrechnung der Datenübertragung und technisch unterstützte Business-Modelle	Konkurrenz-Aspekte der Marktwirtschaft erschweren geeignete Business-Modelle (Zusammenarbeit der Fahrzeug- und der Telekom-Industrie sowie der Strassenbehörden notwendig)
Lernendes System Fahrzeugflotte	Datensicherheit (Security)	Die Lückenlosigkeit (Datenquantität) und die Zuverlässigkeit (Datenqualität) der notwendigen Daten muss im Gesamtsystem «Fahrzeuge x Telekom-Netze» gewährleistet werden können
	Datenschutz	Eigentümerfrage betr. Daten ist zu klären resp. der Schutz der Daten zu gewährleisten
	Algorithmen für das Lernverhalten der Fahrzeugflotte(n)	Wo sind die Lern-Algorithmen der Fahrzeugflotte verortet? – kann die Schnelligkeit der Datenübertragung sichergestellt werden? – handelt es sich um proprietäre Systeme oder um öffentliche?

Tabelle 6: Gliederung der Fahrzeug-seitigen und der IT-Infrastrukturen im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren, mit Hinweisen zu den jeweils spezifischen Anforderungen.

2.4 Rechtliche Anforderungen

Als Grundlage für die Zulassung von verschiedenen Levels von automatisierten Fahrzeugen in der Schweiz sowie zur Regelung von Technologien und Diensten (Tabelle 3) sowie Einsatzformen (Tabelle 4) mit zum Teil neuen Geschäftsmodellen sind in vielen Gebieten die rechtlichen Anforderungen relevant.

Die nachfolgenden Ausführungen sind eine Zusammenfassung aus dem Bericht des Bundesrats zur Motion Leutenegger Oberholzer vom Dezember 2016 (ASTRA, 2016). Dieser Bericht fokussiert auf den Bereich des Strassenverkehrsrechts, die Fahrzeugzulassung und den Bereich der Ausweise. Weiter nimmt der Bund im Bericht des SECO vom 11.01.2017 über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft (SECO, 2017) u. a. zu Aspekten digitaler Mobilitätsdienstleistungen Stellung.

Strassenverkehrsrecht

Das internationale Wiener Übereinkommen ist das zentrale Regelwerk für die internationale Abstimmung von Fahrzeugzulassungen und Verkehrsregeln. Die definierten Minimalstandards ermöglichen den grenzüberschreitenden Strassenverkehr. Dabei ist vorgeschrieben, dass der Fahrer das Fahrzeug immer beherrschen muss. Mit der Anpassung vom März 2016 wurde im Zuge der Fragestellungen zum automatisierten Fahren präzisiert, dass diese Bedingung erfüllt ist, sofern das automatisierte Fahrassistenzsystem vom Fahrer übersteuert oder ausgeschaltet werden kann, oder wenn internationale Zulassungsvorschriften¹⁶ anderweitige Regelungen dazu festlegen. Das ASTRA hält fest: «Damit können Fahrzeuge mit automatisierten System prinzipiell zugelassen und grenzüberschreitend genutzt werden. Eine Fahrerin oder ein Fahrer wird jedoch auch weiterhin vorausgesetzt, und eine Entlastung von seinen Pflichten und der Verantwortung ist damit noch nicht verbunden.» [Bericht: Schweizerische Eidgenossenschaft: Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen (ASTRA, 2016).

Fahrzeugzulassung

Serienmässig hergestellte Motorfahrzeuge unterliegen in der Schweiz gemäss Strassenverkehrsgesetz der Typengenehmigung (SVG, 2016). Das ASTRA stellt dabei fest, ob die Fahrzeuge die schweizerischen Vorschriften einhalten. Trifft dies zu, stellt die Behörde eine schweizerische Typengenehmigung bzw. ein Datenblatt aus.

In seinem Bericht hält der Bund fest, dass «fahrerlose Fahrzeuge erst zugelassen werden können, wenn die nötigen fahrzeugtechnischen Nachweise vorliegen und der internationale Rechtsrahmen weiterentwickelt wurde.». Damit ist insbesondere das Wiener Übereinkommen gemeint. Die gesetzgeberische Organisation sei so anzupassen, dass flexibel und zeitnah auf kommende Weiterentwicklungen des Wiener Übereinkommens reagiert werden kann. (ASTRA, 2016)

Derzeit scheint es den Zulassungsbehörden nicht möglich, durch die Typengenehmigungsverfahren zu überprüfen, ob die geforderten Sicherheitsni-

16 z.B. Reglemente der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen, UNECE

veaus gewährleistet sind. Die Komplexität der automatisierten Fahrzeugsysteme ist dafür zu hoch und eine umfassende Definition von Prüfungskriterien ist (mindestens vorderhand) nicht erlaubt. Daher dürfte die Gewährleistung der Produktesicherheit ausschliesslich in Selbstverantwortung der Hersteller liegen. Dieser Sachverhalt wird bestärkt durch die Dynamik der Systeme, wenn neben der Notwendigkeit für regelmässige Updates des Fahrzeugs künftig auch die Möglichkeiten eines «lernenden Fahrzeugs» während dem Betrieb besteht. (Maurer, Gerdes, Lenz, & Winnter, 2015)

Führerausweise

Ein Führerausweis ist grundsätzlich so lange notwendig, wie ein Fahrzeugführer in das System eingreifen kann oder muss. Erst beim vollautomatisierten Fahren ohne Fahrermöglichkeit (L4b, L5b) kann darauf verzichtet werden. Allfällige Zwischenformen sind gemäss Bund aber denkbar: «Um gewisse Fahreignungsdefizite auszugleichen, kann die Zulassung von Fahrzeugführern allenfalls mit der Auflage verknüpft werden, Fahrassistenzsysteme wie Notbremsassistent, Nachtsichtassistent oder Autobahnpiilot zu verwenden. Damit können der Erwerb bzw. der Erhalt des Führerausweises auch bei Personen ermöglicht werden, die bisher nicht bzw. nicht mehr fahren durften (z.B. Senioren).» (ASTRA, 2016). Analog wird die Strafbarkeit des Fahrzeugführers behandelt: Bei teilautomatisierten Systemen bleibt der Fahrer so lange strafbar, wie er für die Fahraufgaben verantwortlich bleibt. Gibt er die Kontrolle an das System ab und ist nicht mehr verantwortlich, kann er nicht strafbar gemacht werden (Ausnahme: Fehlbedienung, Manipulation, offenkundige Fehlerhaftigkeit des Systems). Zur Feststellung der Verantwortung werden daher – wie in der Luftfahrt – Aufzeichnungsgeräte mit detaillierten Übergabeprotokollen notwendig werden («Blackbox»). (ASTRA, 2016)

Des Weiteren muss die Haftungsfrage bei Unfällen mit automatisierten Fahrzeugen geklärt werden. Der Bund hält dazu fest: «Mit der Versicherungspflicht der Fahrzeugführerin oder des Fahrzeugführers wird sichergestellt, dass die Geschädigten bei einem Unfall durch die Versicherung schadlos gehalten werden ... Anknüpfungspunkt der Haftung ist die Betriebsgefahr des Fahrzeugs» Dies dürfte sich auch zukünftig nicht ändern. Es ist mit zunehmenden Rückgriffen auf die Fahrzeughersteller zu rechnen, zudem sind auch Rückgriffe auf Infrastrukturbetreiber und Navigationsdienstleister denkbar. (ASTRA, 2016)

Mobilitätsdienstleistungen

Das ASTRA beschränkt sich in seinem Bericht auf die unmittelbar mit den Technologien des automatisierten Fahrens und deren Folgen im Verkehr beteiligten Akteure. Den rechtlichen Hintergrund für die Dienstleistungstrends im Bereich der Mobilität behandelt das SECO im Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft (SECO, 2017). Der Bund nimmt darin unter anderem zu Aspekten digitaler Mobilitätsdienstleistungen Stellung. Der Bericht stellt fest, dass bezüglich regulatorischem Rahmen für berufsmässige Transporte Anpassungsbedarf besteht. Des Weiteren sei eine Prüfung der Rechtsgrundlagen in Bezug auf multimodale Dienstleistungen erforderlich.

2.5 Bedeutung des Mischverkehrs

Der heutige Strassenverkehr verfügt als Mischverkehr zwischen Autos, Bussen, Trams, Velos und zu Fuss Gehenden insbesondere in Siedlungsgebieten weder über die Bedingungen eines abgeschlossenen Verkehrsraums noch einer externen Überwachung. Dies im Unterschied zum Luftverkehr und je nach Schienennetz teilweise auch zum Bahnverkehr. Deshalb sind Lösungen für die Freigabe automatisierten Fliegens resp. Fahrens auf der Schiene nicht direkt auf das automatisierte Fahren auf der Strasse übertragbar. Zu klären bleibt auch, welche Rolle der Mischverkehr als Mischung konventionell gesteuerter Fahrzeuge mit automatisierten Fahrzeugen mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad auf der Strasse einnimmt (Maurer, Gerdes, Lenz, & Winnter, 2015). Im Hochleistungsstrassennetz, wo bereits heute nicht alle Verkehrsteilnehmenden zugelassen sind, und nebst der Höchst- auch eine Minimalgeschwindigkeit vorgeschrieben ist, dürfte der Aspekt des Mischverkehrs mit konventionell gesteuerten Fahrzeugen weniger herausfordernd sein als in städtischen Netzen oder auf Hauptverkehrsstrassen. Bereits nachgewiesen wurde, dass die Leistungssteigerung auf Hochleistungsstrassen vom Prozentsatz der automatisierten Fahrzeuge im Verkehrsfluss abhängt (Prognos, 2016, S. 28), vgl. Abbildung 2.

Im Mischverkehr auf den innerörtlichen Strassennetzen und auf den Ausserorts-Strassen sind aus heutiger Sicht die Anforderungen aus sicherheitstechnischen Gründen unvergleichlich höher als auf den Hochleistungsstrassen. Während diese einen weitgehend abgeschlossenen Verkehrsraum darstellen (oder ein solcher mindestens mit abschätzbarem Aufwand hergestellt werden könnte) und auch eine externe Überwachung denkbar ist, dürfte dies im Siedlungsgebiet nicht nur aus technischen, sondern auch aus organisatorischen Gründen kaum möglich sein.

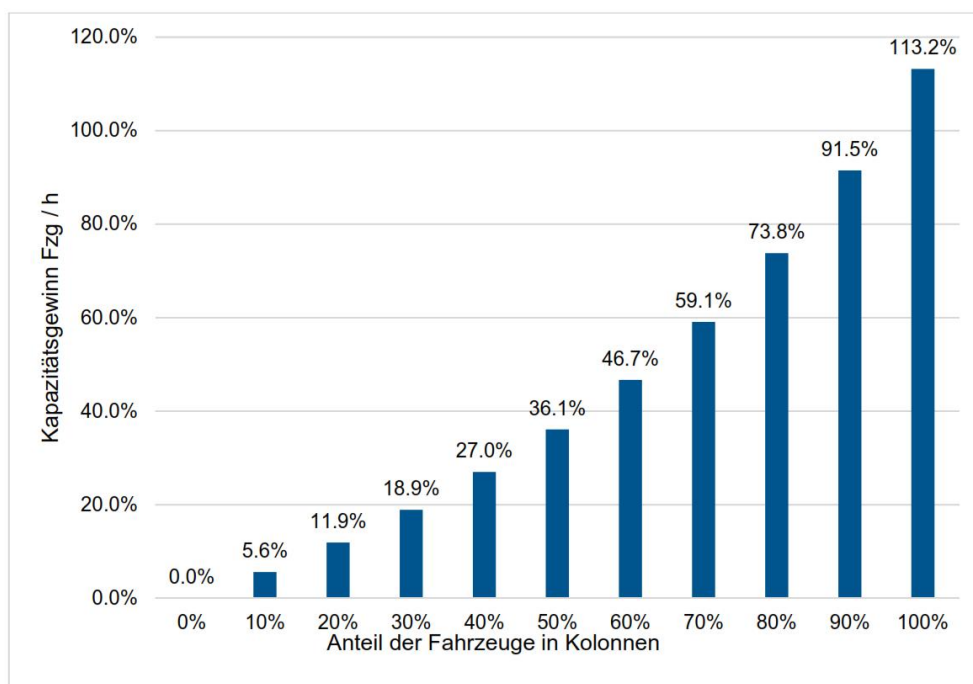


Abbildung 2: Kapazitätsgewinne durch Kolonnenfahrten auf Hochleistungsstrassen (Prognos, 2016, S. 28)

3. Die Storyline – ein denkbarer Entwicklungspfad

3.1 Ziel und Zweck der Storyline

Die Auslegeordnung und die geschilderte Grundlagenaufarbeitung zeigt, dass es unzählige – teilweise auch widersprüchliche – Grundlagen gibt, die Begrifflichkeiten häufig unterschiedlich verwendet werden, die Anforderungen aus rechtlicher, technologischer und infrastruktureller Sicht gross sind, verschiedene Trends treibend, wenige aber auch hemmend wirken, und dass die Entwicklung je nach Werthaltung in sehr unterschiedliche Richtungen laufen kann. Es bietet sich also eine sehr komplexe Ausgangslage um die Entwicklung in der Schweiz zu erahnen. Ein Weg, mit einer solchen Komplexität umzugehen, ist die Arbeit mit Szenarien. Es wurde aber auch festgestellt, dass es bereits verschiedene solche Szenarien gibt, die sich mit möglichen Entwicklungen in der Schweiz beschäftigen (ASTRA 2015/004, 2017) (Meyer et al., 2016). Da sie häufig sehr langfristig formuliert sind und die Bandbreite dazwischen teilweise sehr gross ist, bilden sie meist keine praktikable Grundlage, um Handlungsspielräume zu erkennen.

Als Alternative wird im Folgenden eine Storyline des Einsatzes von automatisierten Fahrzeugen in der Schweiz entwickelt. Dabei handelt es sich um einen Entwicklungspfad, der aus heutiger Perspektive von Expertinnen und Experten sowie von Beteiligten und Betroffenen als denkbar eingeschätzt wird und der aufzeigt, wie die verschiedenen Entwicklungen in Bezug zum automatisierten Fahren verlaufen könnten. Die «Storyline» ist als eine Abfolge von Zuständen definiert, die sich durch Übergänge mit ändernden Voraussetzungen abgrenzen (vgl. Abbildung 3). Der jeweils folgende Zustand beginnt, wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind. Diese betreffen unter anderem rechtliche Aspekte (Zulassungen, Versicherungen, Strassenrecht), technologische Meilensteine, Veränderungen an der Infrastruktur und die gesellschaftliche Akzeptanz.

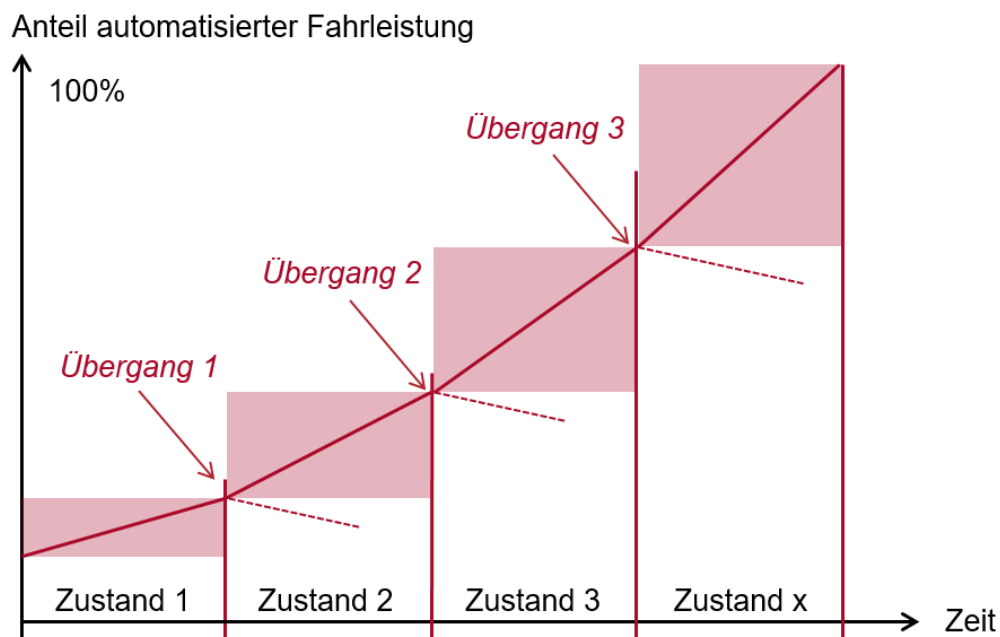


Abbildung 3: Illustration «Storyline»

Grundsätzlich existieren zwei Entwicklungswege zu automatisierten Fahrzeugen: der generische Weg vom konventionellen selbstgesteuerten Fahrzeug zum Automatisierungsgrad L4 bzw. L5 und der direkte Schritt zum vollautomatisierten Roboter-Fahrzeug (google-Prototype; div. Pilote für Shuttle-Busse). Beide Wege sind für die Schweiz von Bedeutung. Für die Storyline wird jedoch davon ausgegangen, dass der generische Weg den grösseren Anteil des MIV betreffen und deshalb die Veränderungen des Alltagsverkehrs in der Schweiz entsprechend stark prägen wird. Für die Storyline steht der generische Weg deshalb im Vordergrund. Zudem wird von ähnlichen Werthaltungen der Gesellschaft ausgegangen, wie sie heute erkennbar sind.

Im Folgenden wird deshalb nur ein Entwicklungspfad dargestellt, und es wird explizit darauf verzichtet, unterschiedliche Entwicklungen in mehreren Szenarien zu betrachten: Absicht bei der Entwicklung der Storyline ist es, die Komplexität insgesamt zu reduzieren und trotzdem die relevanten Punkte für das Handeln der Akteure herauszuschälen. Dabei gilt es zu beachten, dass diese Storyline nicht den Anspruch erhebt, die einzig mögliche Entwicklung darzustellen. Die Storyline zum automatisierten Fahren widerspiegelt den Stand des Wissens während der Bearbeitung im Sommer 2017. Trotz diesen Vorbehalten liefert sie eine geeignete Grundlage für weiterführende und vertiefende Studien. Zudem ergeben sich aus der Storyline in sich schlüssige Zustände, die Diskussionen über Auswirkungen des automatisierten Fahrens ermöglichen.

3.2 Grundlegende Annahmen

In diesem Kapitel wird auf grundlegende Annahmen eingegangen, die die Basis für den Beschrieb der Zustände legen. Wo möglich wurden Quellenangaben angegeben; einige Annahmen stammen aus Experteneinschätzungen. Zudem basieren die Arbeiten auf den bisherigen Modulberichten und auf den Automatisierungsgraden gemäss den Ausführungen in Kapitel 2.2.

3.2.1 Anwendungsbereiche

Aufgrund von unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Entwicklungsgeschwindigkeiten können spezifische denkbare Entwicklungspfade für jeden der folgenden drei Anwendungsbereiche unterschieden werden:

- MIV (Personenverkehr und Güterverkehr¹⁷)
- Strassengebundener ÖV (Personenverkehr¹⁸)
- Schienenverkehr (Personen- und Güterverkehr)

17 Unter Güterverkehr wird einerseits der individuelle Güterverkehr, d. h. der Transport von Gepäck und Gütern in Personenwagen verstanden; nebst privaten gehören dazu auch Transporte mit Servicefahrzeugen von Firmen. Andererseits umfasst der Strassengüterverkehr den auf reinen Transport ausgerichteten gewerblichen Güterverkehr aller Art mit Lieferwagen und Lastwagen. Der Strassengüterverkehr wird für die Bearbeitung der Grundlagenthemen dem MIV zugeordnet. Er wird nicht spezifisch aufgeführt, aber in der Erarbeitung stets mitreflektiert.

18 Trams werden in der Betrachtung der spezifischen Entwicklungspfade dem strassengebundenen ÖV zugeordnet, da sie oft im Mischverkehr mit dem MIV und dem Fuss- und Veloverkehr verkehren und die Entwicklungen der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Voraussersetzungen grösstenteils parallel zu den Entwicklungen des MIV verlaufen. Dies gilt auch für die Zug-Bus-Hybride (auch Autonomous Rail Rapid Transit, ART) (Kemmner, 2017). Sie verfügen über eine Spurführung im Sinne einer Markierung auf der Strasse. Diese Möglichkeit kann ein Element der Automatisierung sein und deren Entwicklung unterstützen.

Für die drei Bereiche sind detaillierte Tabellen mit Ausführungen zu folgenden Parametern verfügbar: Recht (Zulassungen und Bewilligungen, Versicherungen, Strassenverkehrsordnung), Strasseninfrastruktur, Technologie (Fahrzeuge und Sensoren), Daten, Kommunikationsinfrastruktur und gesellschaftliche Akzeptanz¹⁹. Spezifische Anwendungen im Bereich Gütertransport (beispielsweise Konvoi-Fahren) und City-Logistik (beispielsweise Abholkonzepte und Hauslieferdienste) werden im Rahmen der Vertiefungsphase B behandelt.

3.2.2 Bewilligungen und Zulassungen im MIV

Im Hinblick auf eine logische Abfolge von Zuständen wird der Storyline eine generische Entwicklung der Bewilligungs- bzw. Zulassungsbedingungen zugrunde gelegt. Das Muster verläuft entlang einer schrittweisen Ausweitung der technischen, räumlichen und zeitlichen Freigabe und wird im Folgenden anhand des Strassenverkehrs erläutert:

(1) *Sonderbewilligungen* für Teststrecken²⁰

Einzelne Anwender, Betreiber oder Entwickler (Bsp. Fahrzeugfirmen) sind Empfänger einer Sonderbewilligung. Das Hauptziel ist der Nachweis einer grundsätzlichen Machbarkeit und verkehrstechnischen Sicherheit im Entwicklungsprozess. Dies entspricht dem heute rechtsgültig geregelten Zustand.

(2) *Temporäre Freigabe* für Pilotstrecken²⁰

Alle interessierten und befähigten Nutzer mit entsprechend zugelassenem Fahrzeug können auf den Pilotstrecken den technisch möglichen und freigegebenen Automatisierungsgrad anwenden. Die temporäre Freigabe kann einzelne Tagesstunden, Wochentage oder längere Zeiträume umfassen. Die Bewilligungen sind nicht mehr an spezifische Empfänger geknüpft, sondern an Fahrzeuge.

(3) *Allgemeine Freigabe* im realen Betrieb

Auf bestimmten Netzen (z.B. Autobahn) oder in definierten Teilnetzen, die bei Bedarf mit den notwendigen Infrastrukturen ausgerüstet werden, ist die Anwendung der jeweils freigegebenen Automatisierungstechnologie ohne zeitliche Begrenzung möglich.

Analoge Bewilligungs- und Freigabeschritte sind für alle Automatisierungsstufen anzunehmen. Es ist davon auszugehen, dass sich jeder Zustand in Bezug auf technische Zulassungen von Fahrzeugen, auf Betriebs- bzw. Fahrbewilligungen für Nutzer und gegebenenfalls auf technische Voraussetzungen bei der Infrastruktur definieren lässt. Dabei müssen die Parameter für die Fahrzeugzulassung, die Nutzerbewilligungen und die infrastrukturellen Voraussetzungen aufeinander abgestimmt sein. Werden diese nicht koordiniert, so resultieren Unsicherheiten, Sicherheitsrisiken und betriebliche Unzuverlässigkeit.

¹⁹ vgl. Anhänge A6.1, A6.2 und A6.3

²⁰ Mit Test- bzw. Pilotstrecken sind in erster Linie Streckenabschnitte gemeint, es kann sich hierbei allerdings auch um Zonen bzw. Gebiete handeln.

3.2.3 Bestellung öffentlicher Verkehr

Die öffentliche Hand bestellt bei den Transportunternehmungen Leistungen für den öffentlichen Orts-, Regional- und Fernverkehr. Entsprechend nehmen die Behörden eine zentrale Rolle bei der Angebotsgestaltung im öffentlichen Verkehr wahr. Die Storyline befasst sich vorerst mit den rechtlichen und technischen Fragen des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs und des Schienenverkehrs und geht davon aus, dass die Bestellvorgänge und Zuständigkeiten bleiben wie sie heute sind. In den anschliessenden Vertiefungen sind entsprechend Fragen aber vertiefter zu klären und die Rolle der öffentlichen Hand als Bestellerin vom ÖV in Bezug auf automatisierte Anwendungsformen genauer zu untersuchen. Mehr Hinweise dazu finden sich im Fazit in Kapitel 6.

3.2.4 Recht und Haftung

Ausgehend von der aktuellen juristischen Praxis wird sich das Haftungsrecht auf die veränderten Bedingungen einstellen. Dabei ist der Prozess mit der Behandlung von Assistenzsystemen bereits im Gang. Anstelle von menschlichen Unfallursachen treten mit den automatisierten Fahrzeugen neu Programmier- und Systemfehler (Hochstrasser, 2015, S. 691).

Das Strassenverkehrsgesetz statuiert eine Gefährdungshaftung²¹ des Halters (SVG, Art. 58 Abs. 1). Hochstrasser vertritt die Meinung, diese Gefährdungshaftung passe auch auf das selbstfahrende Auto; sie gehe einher mit einer Versicherungspflicht. Art. 63 Abs. 1 SVG schreibt für jedes Motorfahrzeug, das in Verkehr gesetzt wird, eine obligatorische Haftpflichtversicherung vor. Diese und auch die «action directe»²² passen auch auf das selbstfahrende Auto. Da der Unfall im Selbstfahrmodus nicht durch einen Fehler des Fahrers, sondern durch einen Fehler des Herstellers verursacht wird, sollte der Rückgriff des Versicherers auf den Hersteller möglich sein. Heute ist der Rückgriff nicht gewährleistet, wenn der Haftpflichtige ausschliesslich kausal haftet – wie der Hersteller nach der Produkthaftungspflicht.

Bevor selbstfahrende Autos auf Schweizer Strassen rollen, müsse das Zulassungsrecht ändern, so Hochstrasser. Das SVG setzt nämlich voraus, dass jedes Fahrzeug einen Fahrer hat und dieser das Fahrzeug ständig beherrscht (SVG, Art. 31 Abs. 1). Ein automatisiertes Auto könnte heute nicht zugelassen werden, nötig sei eine Änderung des SVG. Ändern muss jedoch vorerst das Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr, dem die Schweiz beigetreten ist und welches ebenfalls einen Fahrer verlangt. Bestrebungen hierzu sind im Gang.²³ Nach Hochstrasser wird das SVG vermutlich Änderungen des Wiener Übereinkommens nachvollziehen (Hochstrasser, 2015)

21 Gefährdungshaftung ist die Haftung für Schäden, die sich aus einer erlaubten Gefahr (z. B. Betrieb einer gefährlichen Einrichtung, Halten eines Haustieres oder Fahrzeuges) ergeben.

22 «action directe»: das Recht des Geschädigten, seinen Schaden direkt gegenüber der Haftpflichtversicherung des Schadenverursachers, resp. des entsprechenden Fahrzeughalters, geltend zu machen

23 Die Working Party on Road Traffic Safety der ECE vom 24. – 26.3.2014 hat einer Änderung des Übereinkommens zugestimmt. Künftig werden Systeme zum automatisierten Fahren zulässig sein, wenn sie vom Fahrer jederzeit überstimmt oder abgeschaltet werden können. Ein vollständig selbstfahrendes Auto (L4/L5) kann damit indes weiterhin nicht zugelassen werden.

In ihrem Bericht zum automatisierten und vernetzten Fahren setzt sich die Ethik-Kommission des Bundesministeriums für Verkehr und digitalen Infrastruktur mit ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Fragestellungen auseinander. Die aufgeführten Regeln geben Hinweise darauf, welche Form die rechtliche Situation auch in der Schweiz zukünftig annehmen könnte. Unter anderem wird in diesen Regeln die Frage der Haftung wie folgt beantwortet: «Die dem Menschen vorbehaltene Verantwortung verschiebt sich bei automatisierten und vernetzten Fahrsystemen vom Autofahrer auf die Hersteller und Betreiber der technischen Systeme und die infrastrukturellen, politischen und rechtlichen Entscheidungsinstanzen.» (BMVI, 2017, S. 11). Die Kommission hält weiter fest, dass klar unterscheidbar sein muss, ob ein fahrerloses System genutzt wird oder ob ein Fahrer mit der Möglichkeit des «Overtakings» weiterhin die Verantwortung trägt. Die Verteilung der Zuständigkeiten und Übergabevorgänge zwischen Mensch und Technik müssen dokumentiert und gespeichert werden (BMVI, 2017, S. 13). Offen ist, ob das Fahren (Betreiben) eines vollautomatisierten L5-Fahrzeugs einen Führer- oder allenfalls einen «Betriebsschein» bedingt oder nicht.

3.2.5 Strassenverkehrsnetze

Differenzierung nach Netzebenen

Im Strassenverkehr (MIV, strassengebundener ÖV und Strassengüterverkehr) werden die Anwendungsfälle differenziert für folgende Netzhierarchien angedacht, wobei die generell zulässige Maximalgeschwindigkeit massgebend für die Strukturierung ist:

- «HLS»: Autobahnen und kantonale Hochleistungsstrassen
Sehr hohe zulässige Geschwindigkeiten (über 100 km/h, teils ab 80 km/h)
Kein Mischverkehr mit ÖV und Fuss-/Veloverkehr, keine Kreuzungskonflikte
- «HVS a. o.»: Hauptverkehrsstrassen ausserorts bzw. Überlandstrassen
Hohe zulässige Geschwindigkeiten (zw. 60 und 80 km/h)
Schwacher Mischverkehr, wenig Kreuzungskonflikte
- «innerorts»: kantonale und städtische resp. kommunale Strassen innerorts bzw. im Siedlungsgebiet von Agglomerationen, charakterisiert durch
Geringe zulässige Geschwindigkeit (bis max. 50 km/h)
Starker Mischverkehr, viele Kreuzungskonflikte
entsprechende Gestaltungsansprüche, abhängig vom Kontext «verkehrsorientiert» resp. «siedlungsorientiert»

Technologische Herausforderungen im Mischverkehr

Bezüglich MIV wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass insbesondere auf den untergeordneten Netzen stets in der einen oder anderen Form Mischverkehr herrschen wird (vgl. Kap. 2.5). Es wird davon ausgegangen, dass das automatisierte Fahren zuerst im HLS-Netz angeboten und in Innenstädten getestet, und sich schliesslich auch auf die HVS ausserorts ausweiten wird. Hintergrund ist die vergleichsweise geringe Komplexität des HLS-Systems, da dieses im Einrichtungsverkehr betrieben wird, Konflikte

nur in Bezug auf Spurwechselforgänge vorkommen, keine anderen Verkehrsmittel vorhanden sind und Knoten niveaufrei ausgebildet sind. Zudem ist die Entwicklung von Assistenzsystemen, die für den Einsatz auf Autobahnen konzipiert sind, bereits weit fortgeschritten.

Obwohl die verkehrliche Situation in Siedlungsräumen auf Grund des Mischverkehrs und des hohen Verkehrsaufkommens deutlich komplexer als ausserorts ist, spricht die derzeitige Entwicklung der Technologien eher dafür, dass automatisiertes Fahren in sich geschlossenen Siedlungsräumen zeitlich früher stattfinden dürfte als auf Hauptverkehrsstrassen ausserorts. Erfassungstechnologien sind darauf ausgelegt, Beschilderungen, Hindernisse und Gebäude zu erkennen; sie sind allerdings limitiert in der Erkennung von sich bewegenden Objekten und insbesondere der Geschwindigkeit und der Richtung von anderen Verkehrsteilnehmenden (Boudette, 2016). Dies schränkt die Einsatzmöglichkeiten des automatisierten Fahrens innerorts, aber insbesondere ausserorts ein, da die hohen Geschwindigkeiten die Technologien noch vor grosse Herausforderungen stellen. Die Anzahl an Möglichkeiten, sich an starren Umrissen im Raum zu orientieren, ist in einem bebauten Gebiet um einiges grösser als ausserorts, vor allen Dingen dann, wenn die Strasse durch eine ebene Gegend ohne erkennbare Objekte am Horizont führt. Die derzeit zur Entwicklung des automatisierten Fahrens massgebend beitragende LIDAR-Technologie ist nach wie vor bei starkem Niederschlag (Regen, Schnee aber auch Nebel) kaum einsetzbar (Mouio, 2016). Dieser stark limitierende Aspekt kommt insbesondere zur Geltung, wenn das Fahrzeug mit höheren Geschwindigkeiten im nicht bebauten Raum unterwegs ist. Auf Grund des technischen Aufbaus der LIDAR-Technologie ist heute davon auszugehen, dass zeitnah keine Lösungen für diese Einschränkungen gefunden werden dürften.

Darüber hinaus gibt es weitere Gründe dafür, dass das automatisierte Fahren innerorts früher zur Anwendung kommen dürfte als ausserorts: Einer der wichtigsten ist der Fakt, dass die Funkdatennetzabdeckung in Siedlungsräumen heute bereits deutlich besser ist als in ländlichen Gebieten, wo die Gefahr von Lücken in der Datenübertragung besteht. Vernetzte automatisierte Fahrzeuge sind aber aus Gründen der Sicherheit auf eine möglichst hohe Datenübertragungsrates und eine maximale Netzverfügbarkeit angewiesen, was in Siedlungsräumen eher gewährleistet werden kann (vgl. Beilagen-Berichte: Modul 2d – Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen, EBP 2017).

Diese Abfolge der räumlichen Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten von automatisierten Fahrzeugen wird so auch im strassengebundenen ÖV erwartet (Rüffer, 2017, S. 28 ff.). Beim ÖV ist aus verschiedenen, später dargelegten Gründen generell von einer anderen Entwicklungsgeschwindigkeit als im MIV auszugehen.

3.2.6 Schienenverkehrsnetze

Im Schienenverkehr stehen technische sowie zeitliche Zulassungen in der generischen Entwicklung der Storyline eher im Hintergrund. Vielmehr steht im Schienenverkehr der Raumbezug im Vordergrund: Darum dürfte die räumliche Freigabe im Schienenverkehr schrittweise ausgeweitet werden.

Tabelle 2 auf Seite 14 zeigt eine vereinfachte Darstellung der Automatisierungsgrade für den Schienenverkehr. Der automatisierte Zugbetrieb wird ab

Automatisierungsgrad 3 grundsätzlich im gesamten Netz der Vollbahnen für konzessionierte Verkehrsunternehmen (KTU) zugelassen sein und hauptsächlich durch räumliche Limitation definiert (Teilstrecken, Teilnetze etc.). Die Anwendungsfälle im Schienenverkehr unterscheiden sich nach:

- Isolierte Strecken: Abgegrenzte, oftmals unterirdische Bahnsysteme auf durchgängigem Eigentrassée (z.B. Metro Lausanne)
- Regionaler Personenverkehr (RPV, auch Schienenpersonennahverkehr: Grunderschliessung der Regionen, oftmals hauptsächlich S-Bahnnetze
- Fernverkehr, auch Schienenpersonenfernverkehr: Verbindung von Landesteilen
- Güterverkehr, auch Schienengüterverkehr: Rangierfahrten, Zugbildung, langlaufende Züge etc.

Bei der Umsetzung des automatisierten Fahrens stehen die technischen Herausforderungen im Vordergrund, weshalb wenig Bezug zur Entwicklung des strassengebundenen ÖVs besteht. Weil aber der Mischverkehr in den öffentlich zugänglichen Verkehrsnetzen die grösste Herausforderung darstellt, fokussiert sich die Storyline auf Anwendungen des automatisierten Fahrens im strassengebundenen ÖV.

Die betrieblichen Rahmenbedingungen werden sich für den Schienengüterverkehr und den Schienenpersonenverkehr sehr ähnlich entwickeln, was aus systemischen Gründen im Mischverkehr notwendig ist. Kleinere Abweichungen in der Umsetzung der Systemvorgaben werden hier vernachlässigt. Noch offen ist, welche Rolle das automatisierte Fahren im Einzelwagenladungsverkehr spielen wird.

3.3 Die Zustände

Der Übergang in einen neuen Zustand hängt entscheidend von der Anpassung der Rechtsetzung ab. Denkbar ist, dass mit den neuen rechtlichen Festsetzungen auch weitere Voraussetzungen gegeben sein müssen, wie beispielsweise infrastrukturelle Anpassungen oder Signalisationen.

Die verkehrlichen Wirkungen eines neuen Zustands manifestieren sich erst nach und nach, mit einer gewissen Stabilisierung jeweils erst nach einigen Jahren. Dabei kann sich der Fahrzeugpark vor Inkrafttreten erneuern, jedoch ohne dass die entsprechenden Fahrfunktionen bereits legal verwendet werden können («können» kommt zeitlich vor dem «dürfen»).

3.3.1 Zustand 1

Der Zustand repräsentiert den heutigen Anwendungsstand und gibt die heutigen technologischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen wieder.

Zustand 1 ist beim MIV insbesondere charakterisiert durch eine relativ grosse Verbreitung von Assistenzsystemen im Alltagsverkehr (L1, L2). Höhere Automatisierungsgrade sind mit Serienfahrzeugen technisch möglich, jedoch rechtlich generell nicht zugelassen. Möglich sind solche Anwendungen nur mit eingeschränkten Sonderbewilligungen. Diese richten sich an ausgewählte Gruppen (Anwender, Betreiber) und sind auf Teststrecken limitiert (beispielsweise Minibusse L4 wie in Sion und Zug, sowie demnächst in Fribourg, Schaffhausen und Bern). Im Rahmen dieses Zustandes wären auch Teststrecken auf schweizerischen Autobahnen für automatisiertes Fahren auf L3 denkbar, wie in Deutschland bereits umgesetzt.

Im öffentlichen Raum ist damit automatisiertes Fahren mit einer Sonderbewilligung möglich. Auf privaten Geländen – sofern diese nicht öffentlich zugänglich sind – bedarf es keiner Bewilligungen, und automatisiertes Fahren ist rechtlich und technisch möglich. Beispiele für solche Fahrmöglichkeiten gibt es auf Flughafen-, Hafen- oder Campus-Geländen sowie in automatisierten Parkhäusern. Bei einem direkten Anschluss an das öffentliche Strassennetz gilt es zu beachten, dass das Strassenverkehrsgesetz auch auf privatem Gelände gilt und automatisiertes Fahren auf solchem Gelände damit nur mit Sonderbewilligung möglich ist.

Beim ÖV sind neben Testfahrten mit Kleinbussen auch im Schienenverkehr erste automatisierte Anwendungen realisiert. Diese sind im Zustand 1 noch technisch isoliert und räumlich klar abgegrenzt. Ein typisches Beispiel dafür sind bestehende Standseilbahnen wie z.B. die seit 1996 vollautomatisierte Polybahn in Zürich. Auch Seil- und Zahnradbahnen können führerlos verkehren. In der Schweiz sind bereits mehrere führerlose U-Bahnlinien, wie z.B. am Flughafen Zürich oder die Metro Lausanne, in Betrieb. Zu den räumlich klar abgegrenzten Testfahrten zählen die Shuttle-Busse von Sion und Zug.

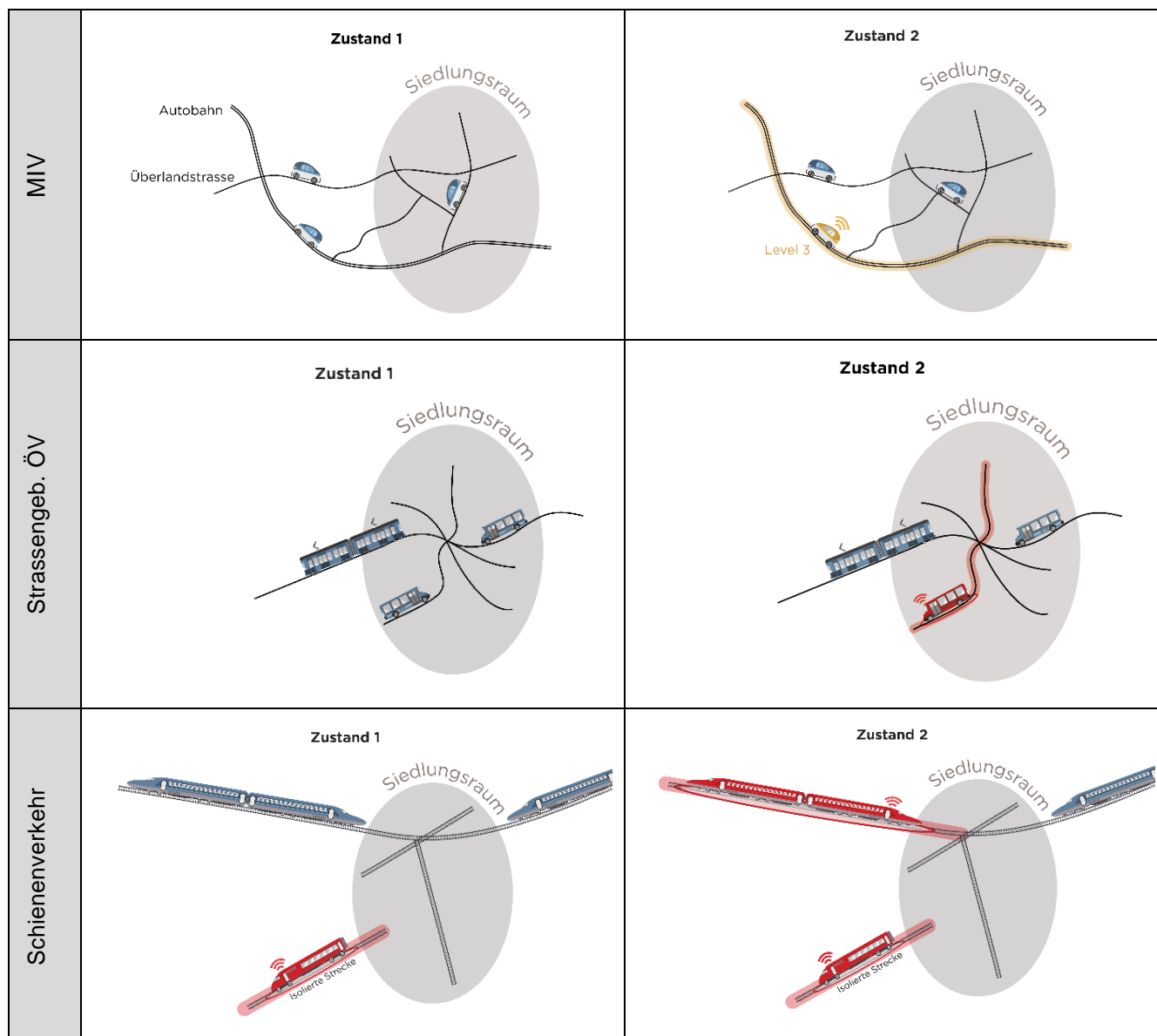


Abbildung 4: Übergang Zustand 1 – Zustand 2

3.3.2 Zustand 2

Das automatisierte Fahren nimmt eine erste Hürde. Nachdem L3 in Zustand 1 für MIV nur auf Pilotstrecken freigegeben war, folgt für Zustand 2 die Freigabe auf dem gesamten HLS-Netz. Zudem wird auf HLS L4 auf Pilotstrecken freigegeben. Auf dem untergeordneten Netz gibt es im geschlossenen Siedlungsraum erste Teststrecken für L3. Ermöglicht wird dies durch erfolgreiche Pilotversuche in Zustand 1 sowie durch die weiterentwickelte Technologie des automatisierten Fahrens und dessen gestiegene Akzeptanz in der Gesellschaft. Die Autofahrenden nutzen die Möglichkeit rege, da sie dadurch die Reisezeit auf der Autobahn anderweitig nutzen können. Darüber hinaus ist auch automatisiertes Einparken im öffentlichen Strassenraum erlaubt, wobei nur äusserst kurze Strecken zurückgelegt werden dürfen, die direkt mit dem Vorgang des Einparkens verbunden sind.

Auch im ÖV wird das automatisierte Fahren vorangetrieben. Im strassengebundenen ÖV verkehren streckenbezogene, räumlich klar abgegrenzte Busanwendungen. So kommen zum Beispiel erste automatisierte Kleinbusse mit Automatisierungsgrad L4 auf ausgewählten Strecken zum regulären Einsatz. Damit können beispielsweise ÖV-Anwendungen auf der ersten bzw. letzten Meile vollautomatisiert fahren. Bus- und Tram-Haltestellen sind dabei die massgebenden Anfangs-, Zwischen- bzw. Endpunkte der streckenbezogenen Bewilligungen; ihre Standorte sind in Zustand 2 vorgegeben und unveränderbar.

Vollbahnen erproben auf isolierten Teststrecken den führerlosen Zugbetrieb. Konzessionierte Verkehrsunternehmen rüsten ihre Fahrzeuge auf Communication-Based Train Control (CBTC) aus und testen auf ausgewählten Strecken den begleiteten führerlosen Zugbetrieb (Automatisierungsgrad 3) oder sogar vollautomatisierten führerlosen Zugbetrieb (Automatisierungsgrad 4). Die Grundvoraussetzung dafür ist ETCS ab L2 sowie die automatische Zugsteuerung (ATO) und automatische Zugsteuerung (ATO).

Es ist zu vermuten, dass eine Mehrheit der Gesellschaft von den Möglichkeiten der neuen Technologien überzeugt ist, sowohl auf der Strasse als auch auf der Schiene. L3 scheint generell vollständig etabliert zu sein, wohingegen den ersten Anwendungen von L4 zu Beginn noch mit Skepsis begegnet wird.

3.3.3 Zustand 3

Beim MIV werden weitere Anwendungen möglich: Auf Autobahnen lässt der Gesetzgeber automatisiertes Fahren auf L4 nach der erfolgreichen Erprobung auf Pilotstrecken in Zustand 2 generell zu. Das ist die erste allgemeine Freigabe auf dem HLS-Netz. Die Fahrzeuge müssen zwingend selbstständig einen risikominimalen Zustand erreichen können.

Im untergeordneten Strassennetz wird das automatisierte Fahren L4 für den MIV auf ausgewählten Teststrecken im Siedlungsraum erlaubt. Allerdings darf nicht jedermann die Teststrecken mit seinem eigenen Fahrzeug befahren, sondern es findet eine politische und gesellschaftliche Abwägung bei der Vergabe der Bewilligungen statt: Anwendungen müssen in der Gesamtbilanz Vorteile aufweisen, zum Beispiel für mobilitätseingeschränkte Personen einsetzbar sein oder den Besetzungsgrad erhöhen. Umfassendes automatisiertes Parken L4 ist in entsprechend umgebauten Parkhäusern zugelassen. Auf Überlandstrassen sind dank Sonderbewilligungen testweise erstmals L3-Fahrzeuge unterwegs.

Die Mehrheit der ÖV-Nutzenden sowie der Verkehrsunternehmen ist überzeugt von der Entwicklung der Technologien und akzeptiert den Einsatz des automatisierten führerlosen Zugbetriebes auf einzelnen Teilnetzen. Mit dem Ziel, die Anwendung der Technologien zur Pflicht zu machen, wird sowohl streckenseitig als auch fahrzeugseitig entsprechend aufgerüstet. Auf Grund der langen Lebenszyklen von Schienenfahrzeugen ist es allerdings notwendig, die Strecken und Fahrzeuge abwärtskompatibel aufzurüsten, damit auch Schienenfahrzeuge mit herkömmlichen bzw. älteren Zugbeeinflussungssystemen in diesem Netz oder zumindest auf vorgegebenen Strecken weiterhin verkehren können. Auf diesen Strecken besteht folglich keine Pflicht der An-

wendung, jedoch werden die Fahrzeuge nach Möglichkeit mit aufwärtskompatiblen Systemkomponenten ausgestattet, um zumindest teilweise die systemischen Vorteile des Automatisierungsgrades 3 mitzutragen. Der Wechsel von Automatisierungsgrad 2 (mit Lokführer) auf 3 (mit Begleitpersonal, aber ohne Lokführer) sowie von Automatisierungsgrad 3 auf 4 (ohne Personal) führt zu politisch-gesellschaftlichen Debatten. Die Anforderungen an den Automatisierungsgrad 4 (führerloser Zugbetrieb) sind insb. bezogen auf die Ausfallsicherheit von Steuerungsrechnern und Kommunikationseinrichtungen sehr hoch, weswegen entsprechende Bewilligungen erforderlich sind.

Nachdem sich das automatisierte Fahren im strassengebundenen ÖV in Zustand 2 für streckenbezogene, räumlich abgegrenzte Anwendungen sowohl technisch als auch gesellschaftlich etabliert hat, nimmt es eine weitere Hürde: Der Streckenbezug wird aufgegeben und L4 flächig zugelassen. Das ermöglicht neuartige Angebotsformen. Zum Beispiel entstehen nachfrageorientierte Fahrdienste mit einer adaptiven, optimalen Bündelung von Fahrtwünschen in einer Zone, wobei die Haltestellen weiterhin unveränderbare Standorte im System bleiben. Der klassische Linienbetrieb im strassengebundenen ÖV bleibt an den meisten Orten bestehen. Auf Linien mit sehr geringer Nachfrage bzw. mit geringen Bündelungseffekten, kann die Entwicklung zur Auflösung des Linienbetriebes führen. Automatisierte Pooling-Dienste mit L4 Fahrzeugen von privaten Anbietern mit entsprechenden Konzessionen konkurrenzieren den strassengebundenen ÖV. Durch ergänzende Dienste schaffen sie eine Erweiterung der klassischen ÖV-Angebote. Deren Überlagerung ermöglicht optimale, individuelle Reiseketten, die Grenzen zwischen ÖV und MIV verwischen. Die öffentliche Hand fördert diese neuen Angebotsformen im Interesse einer Begrenzung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung.

3.3.4 Zustand 4

Im MIV ist das automatisierte Fahren weit vorangeschritten, der Fahrzeugbestand besteht bereits zu über der Hälfte aus L4- oder L5-Fahrzeugen. Nach den ersten Erfahrungen mit L4 in Siedlungsräumen, wird die Freigabe schrittweise ausgedehnt und erweitert. Auf Grund der positiven Entwicklung der Technologie und derer Akzeptanz in der Bevölkerung fallen in der Folge die Beschränkungen auf einzelne Anwendungsfälle vollständig weg. Es ist nun möglich, in sich geschlossenen Siedlungsräumen und auf HLS-Strecken mit L5 zu verkehren. Das führt dazu, dass Fahrten von Siedlungsraum zu Siedlungsraum unterbruchfrei vollautomatisiert möglich und erlaubt sind, sofern sowohl am Quell- wie auch am Zielort direkte Anschlüsse an das HLS-Netz vorhanden sind. Es entstehen erste interregionale L5-Verbindungen mit ununterbrochenem Einsatz von vollautomatisierten Fahrzeugen. Sofern in keiner Situation die Notwendigkeit der Übernahme durch einen Fahrer eintreten kann, ist auch der Betrieb eines automatisierten Fahrzeuges mit L5 durchgehend möglich, ohne einen Führerausweis besitzen zu müssen. In diesem Fall sind auch Leerfahrten möglich.

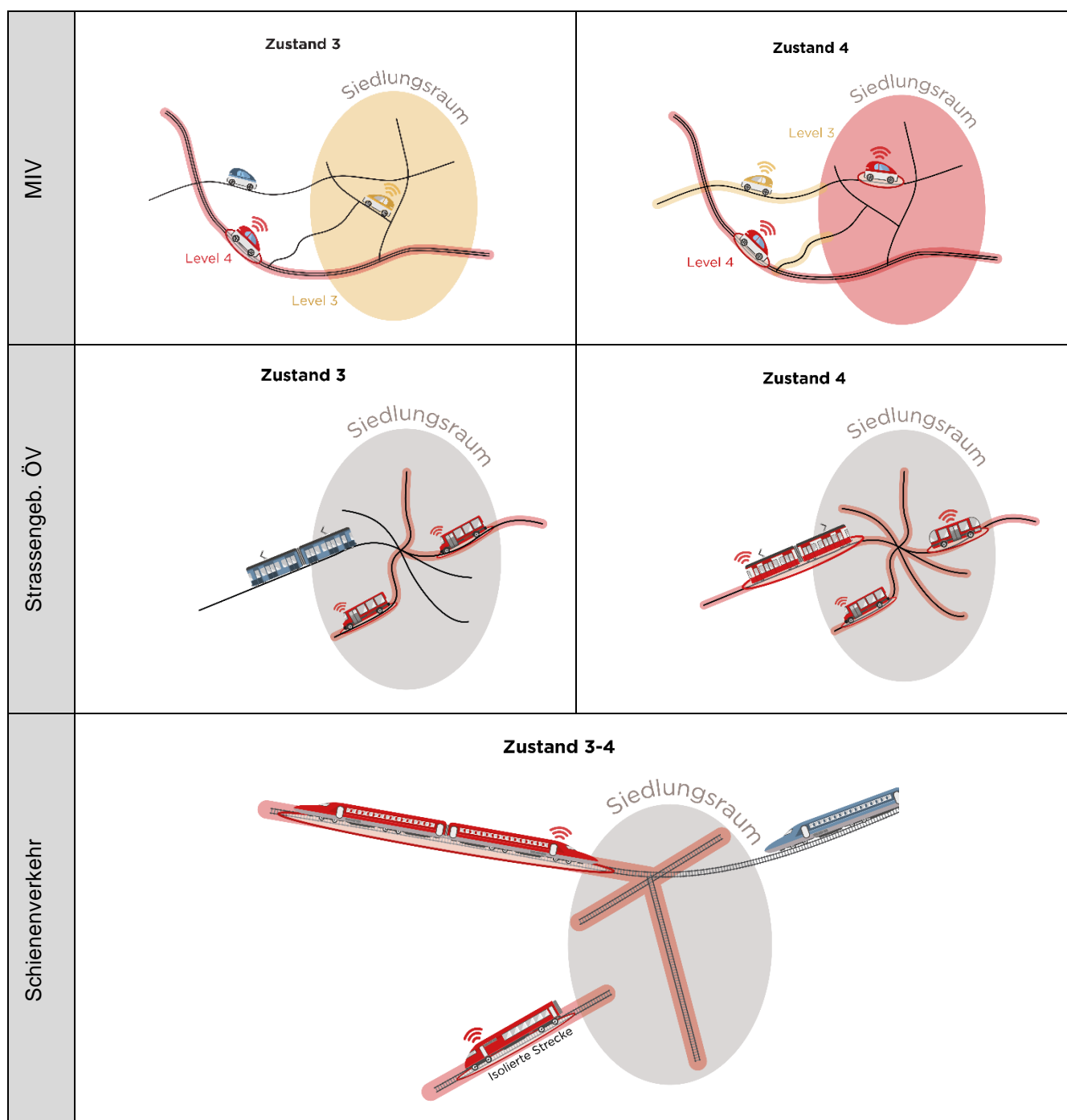


Abbildung 5: Übergang Zustand 3 – Zustand 4

Alle diese Entwicklungen verändern sowohl die Mobilitätsbedürfnisse als auch die denkbaren Angebotsformen. So entsteht ein neues Angebot im Übergangsbereich vom MIV zum ÖV, das darauf zielt, Fahrten zu bündeln und gleichzeitig individuellen Anforderungen bzw. Wünschen besser nachzukommen. Bei diesem «Sammel-/Verteilverkehr» (SVV) kommen ausschliesslich automatisierte Fahrzeuge zum Einsatz (L5). Eine von vielen denkbaren Angebotsformen sind vollautomatisierte Sammeltaxis: Diese bieten eine Tür-zu-Tür-Verbindung; fixe Haltekannten fallen weg. Gleichzeitig können Fahrten gebündelt werden. Diese nachfragespezifisch situative Bündelung ist mit Umwegen verbunden, wobei diese von der Zahlungsbereitschaft der Fahrgäste abhängig sein können.

Im strassengebundenen ÖV wird die nachfrageorientierte Angebotsoptimierung in definierten Perimetern weiter vorangetrieben. Der adaptive ÖV ohne vorgegebenen Fahrplan und vorgegebene Route mit Kleinbussen auf L5 gehört innerorts bereits zum Regelbetrieb, wobei Haltestellen nach wie vor die Fixpunkte darstellen. Grössere Gefässe (herkömmliche Busse und Trams) bündeln auf nachfragestarken Achsen weiterhin Fahrten und verkehren nach Fahrplan und Route. Das Angebot privatwirtschaftlich oder staatlich organisierter, konzessionierter Sharing- und Pooling-Dienste nimmt zu. Innerhalb der Siedlungsräume sind auch vollautomatisierte Taxi-Flotten auf L5 zugelassen. Die Grenze zwischen MIV und ÖV löst sich weiter auf. Trams fahren im Gesamtnetz mit Automatisierungsgrad 3 (vergleichbar mit L4). Erste Versuche mit vollautomatisierten Trams (Automatisierungsgrad 4) auf Teststrecken (Fahren ohne Trampilot) finden statt. Die Tramstrecken werden wo möglich sukzessive baulich vom übrigen Verkehr abgetrennt. Der Grund dafür ist, dass Trams im Mischverkehr mit dem langen Bremsweg nur mit sehr geringen Geschwindigkeiten verkehren könnten.

Die Übergangsphase im Schienenverkehr von Automatisierungsgrad 2 auf 3 dauert auf Grund der geringen Erneuerungsraten von Schienenfahrzeugen sowie der sehr hohen Anforderungen an die Technologien sehr lange. Deshalb entspricht der Zustand 4 in Bezug auf den Schienenverkehr grundsätzlich demjenigen des Zustandes 3.

3.3.5 Zustand 5

Im aus technologischer Sicht letzten Zustand der Storyline nutzen sowohl ÖV als auch IV die Automatisierung vollumfänglich. Das Wiener Übereinkommen sowie die nationale Gesetzgebung wurden so angepasst, dass das «System» als Fahrer alle Verkehrssituationen beherrschen muss und damit uneingeschränkt zulässig ist. Im MIV wird das automatisierte Fahren auf L4 nun auch auf HVS ausserorts zugelassen, womit auch der Schritt zur allgemeinen Freigabe von L5 verbunden ist. Dies wiederum bedeutet, dass neu Leerfahrten und auch das Fahren von Fahrzeugen auf L5 ohne Führerausweis überall und jederzeit erlaubt ist.

Der grösste Teil der Fahrzeuge ist nun mindestens L4 tauglich und über die Hälfte der Bestandsfahrzeuge verfügt bereits über L5-Technologien. Ältere Modelle können zwar noch verkehren, sind aber planerisch von untergeordneter Bedeutung; sie sind auf Grund ihrer eingeschränkten bzw. veralteten Funktionalitäten auch nicht weiter nachgefragt. Durch die vielen Vorteile, die die automatisierten Fahrzeuge in diesem Zustand mit sich bringen, verändern sich die individuellen Mobilitätsbedürfnisse nochmals deutlich: Die Reisenden üben in automatisierten Fahrzeugen vermehrt Bürotätigkeiten bzw. Arbeiten aus, die früher in Büroräumlichkeiten stattgefunden haben. Kinder werden nun automatisiert zur Schule gefahren und dort ebenso wieder abgeholt. Gleiches gilt für Gäste, oder für Gepäck, das sich nun vollautomatisiert Tür-zu-Tür liefern lässt. Darüber hinaus entstehen neu auch Leerfahrten.

Im strassengebundenen ÖV gehört der adaptive ÖV (ohne vorgegebenem Fahrplan, ohne vorgegebener Route) netzweit zum Regelbetrieb. Haltestellen sind zwar oftmals noch vorhanden, müssen aber nicht weiter die massgebenden Fixpunkte im System sein. Die Bündelung von Fahrten nimmt in der Folge tendenziell ab und ist fokussiert auf die Achsen mit sehr hoher

Nachfrage. Auf diesen Strecken kommen auch weiterhin Trams zum Einsatz, die unterdessen i.d.R. und wo möglich auf isolierten Strecken und vollautomatisiert (Automatisierungsgrad 4) verkehren.

Im Schienenverkehr wird die Anwendung von automatisiertem führerlosem Zugbetrieb im Gesamtnetz freigegeben und auch gleichzeitig zur Pflicht (mind. Automatisierungsgrad 3). Schienenfahrzeuge ohne entsprechende Aufrüstung sind nach einer Übergangsphase nicht weiter erlaubt.

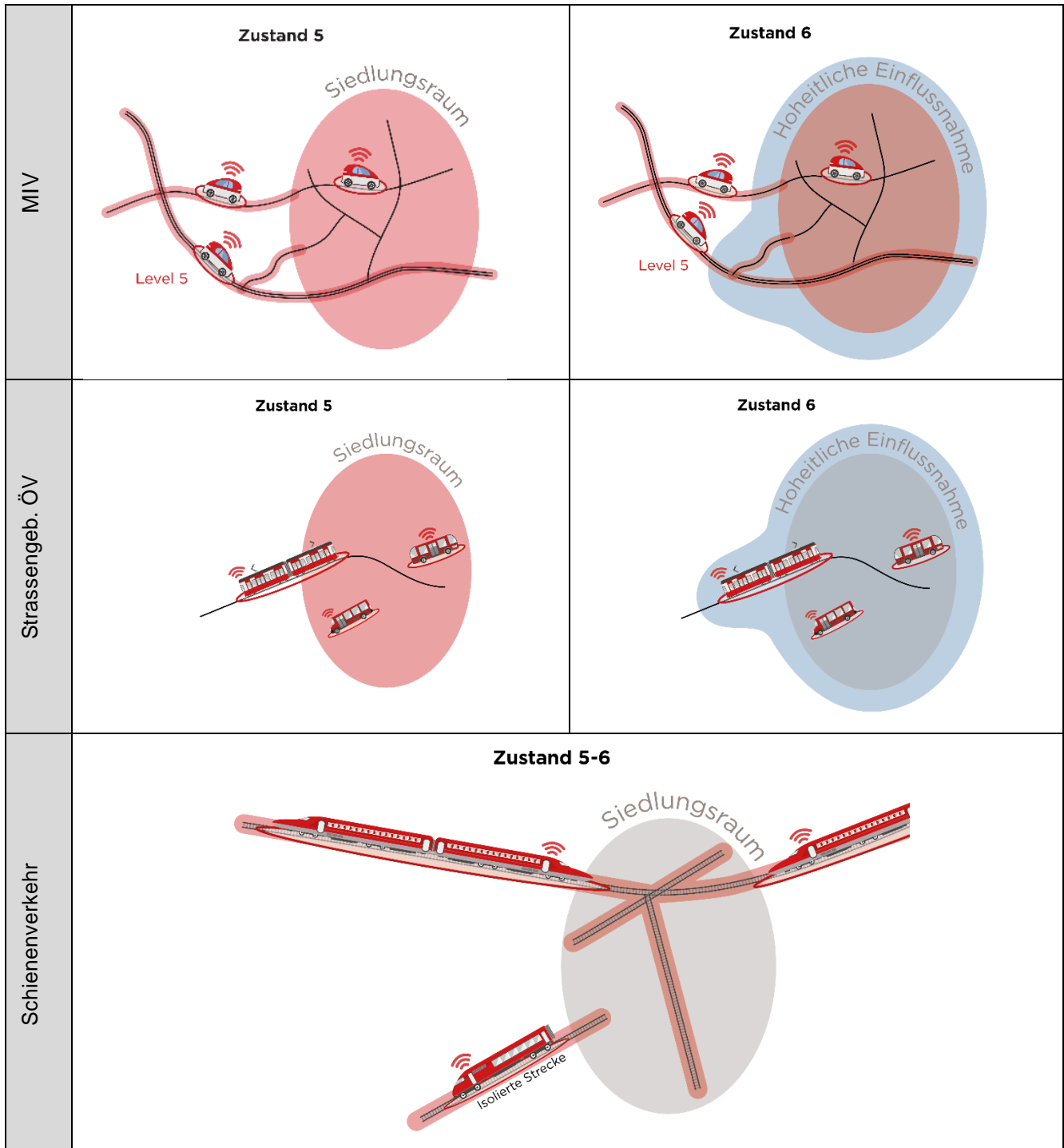


Abbildung 6: Übergang Zustand 5 – Zustand 6

3.3.6 Zustand 6

Der Zustand 6 entspricht aus technologischer Perspektive dem Zustand 5. Die beiden Zustände unterscheiden sich in Bezug auf die politische Einflussnahme: Im Zustand 6 hat die Gesellschaft / der Staat aus den Fehlentwicklungen im Zustand 5 gelernt und greift mit verschiedenen verkehrsplanerischen, -technischen und -politischen Massnahmen lenkend ein. So ist zum Beispiel der Einsatz von L4/5 in kapazitätskritischen Zonen, wo die hohe Nachfrage regelmässig zu Staus führt, für entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge Pflicht. Ein intelligentes Verkehrsmanagement übersteuert hier die Funktionalitäten der Fahrzeuge und optimiert damit den Verkehrsfluss. Hintergrund der Pflicht ist, dass sich die Vorteile in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Sicherheit nur einstellen, wenn unterschiedliches menschliches Fahrverhalten möglichst unterbleibt. Dies gilt vor allem für den MIV und insbesondere auf Hochleistungsstrassen sowie im dichten Siedlungsraum.

Diesem Pflicht-Modus dienen entsprechende Steuerungs- resp. Kontrollmechanismen, bzw. hoheitliche Kompetenzen. Diese stellen sicher, dass sich alle Verkehrsteilnehmenden (resp. eben die L5-Roboter) an Optimierungsregeln des Gesamtverkehrs halten. Neu zugelassen werden nur noch Fahrzeuge mit mindestens L4. Damit erhöht sich der Anteil der L4/L5-Fahrzeuge längerfristig stark.

Darüber hinaus wirken weitere push-and-pull-Massnahmen. Diese unterscheiden sich je nach verkehrspolitischer Ausrichtung des Bundes, der Kantone oder der Gemeinden. Als push-Massnahme sind beispielsweise die Steuerung der Nachfrage über Preise, ein einzuhaltender Mindest-Besetzungsgrad im MIV oder ein Konzessions-Zwang für Sharing-Angebote denkbar. Als pull-Massnahmen kommen z.B. geeignete Tarifierungen oder subventionierte Angebote in Frage. Anreize helfen, Fahrten vermehrt zu bündeln, insbesondere auf den wichtigen bzw. kapazitätskritischen Verkehrsachsen. Situative Gleichschaltung der Fahrgeschwindigkeit für den MIV erlaubt es, den Verkehrsfluss zu harmonisieren und die Effizienz zu steigern.

Der strassengebundene Güterverkehr ist ebenfalls in dieses Pflicht-System integriert. Dies gilt ebenso für den strassengebundenen ÖV, wie beispielsweise automatisierte Fernbusse auf den HLS.

All diese beschriebenen Veränderungen führen dazu, dass der Anteil an L5-Fahrzeugen im Vergleich zum Zustand 5 nochmal zunimmt.

4. Daten, IT-Infrastrukturen und Stakeholder

Basierend auf den sechs Zuständen der Storyline wurden für den Themenkreis Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen die Akteure, Wirkungszusammenhänge und deren Implikationen diskutiert²⁴. Folgend wird eine Übersicht über die relevanten Punkte gegeben.

4.1 Daten

Automatisiertes Fahren nutzt und produziert Daten. Es basiert hauptsächlich auf möglichst genauen, in Echtzeit erhobenen und ausgewerteten Sensordaten (zum Beispiel Video/Optische Daten, LiDAR, Radar). Gewisse Anforderungen sind nur durch diese zur Fahrzeit erhobenen und ausgewerteten Daten behandelbar, wie beispielsweise die Rücksichtnahme auf andere Verkehrsteilnehmende oder die Berücksichtigung des aktuellen Strassenzustands und der meteorologischen Verhältnisse.

Sensordaten werden vermutlich in aggregierter Form übermittelt und zentral (z.B. beim Fahrzeughersteller) zu weiter aggregierten Basisdaten weiterverarbeitet. Sensordaten werden zur Fahrzeit dann wohl möglichst durch weniger dynamische, aber hochpräzise räumliche Basisdaten zur Strasseninfrastruktur ergänzt (zum Beispiel Angaben zur Strassenbreite, Anzahl Fahrspuren, Signalisation, Topografie). Aus diesen aggregierten Basisdaten können weiter auch Datenprodukte generiert werden, die z.B. für Behörden interessant sein könnten, wie etwa Aussagen zum Zustand der Strasseninfrastruktur, Aussagen zum Fahrverhalten, usw.

Die letzteren, in späteren Zustände produzierten und verwendeten Daten unterscheiden sich von den Daten, mit denen heute gängige GPS-Navigationsgeräte funktionieren. Sie unterscheiden sich auch von den Daten, die von amtlichen Stellen (Städte, Kantone, Bund) oder Privaten (z.B. OSM) als Geobasisdaten produziert, verwaltet und publiziert oder veräussert werden.

Die Unterschiede dieser drei Typen von Daten im strassengebundenen Verkehr sind in einem Vergleich der Charakteristika in Tabelle 7 aufgeführt.

4.2 Algorithmen und IT-Infrastrukturen

Die im automatisierten Fahren zum Einsatz kommenden Algorithmen sind ausserhalb der Fahrzeughersteller weitestgehend eine «Black Box». Klar ist, dass die verschiedenen Daten, die dem automatisierten Fahren zugrunde liegen, im Fahrzeug zusammengeführt, interpretiert und in Befehle umgesetzt werden müssen. Im Fahrzeug bilden die Algorithmen so eine zentrale Komponente zwischen Sensoren und Aktoren.

Algorithmen und IT-Infrastrukturen kommen jedoch auch andernorts zum Einsatz. Insofern automatisiertes Fahren C2C- und C2I-Kommunikation nutzt, muss im Fall von C2C vermutlich in der Cloud, im Fall von C2I zusätzlich als «Teil der Strasseninfrastruktur» eine IT-Infrastruktur aufgebaut werden; auch hier ist mit Algorithmen zu rechnen, welche diese Kommunikationsströme steuern.

24 vgl. Bericht Modul 2d: Automatisiertes Fahren: Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen (EBP, 2017)

	«Basisdaten» für aFn	Navigationsdaten	Amtliche Geodaten
Bsp. von Dateneigner	Autohersteller	TomTom, Garmin	Swisstopo, ASTRA, Baudirektion Kanton Zürich
Anforderungen	orientieren sich am automatisierten Fahren	orientieren sich an der Unterstützung eines menschlichen Fahrers	Anforderungen orientieren sich an der amtlichen Vermessung, kartografischen Produkten und/oder Fachgesetzgebungen.
Topologie	zwingend	zwingend	je nach Datensatz gegeben oder nicht
Aktualität	möglichst hoch; Daten liefern «erstes Bild», das zur Fahrzeit mit Sensordaten ergänzt/korrigiert wird.	möglichst hoch Nutzende können Fehler melden	Gering; Nachführungsrhythmus von Monaten bis Jahren
Räumliche Genauigkeit	sehr hoch: Zentimeter-Bereich	gering: Meter-Bereich	je nach Datenquelle unterschiedlich

Tabelle 7: Vergleich der Charakteristika von Raumbezogenen Daten

Stakeholder	Beispiele	Rolle(n), Interessenlage
Fahrzeughersteller	Mercedes, Ford, Fiat	möchten automatisierte Fahrzeuge erfolgreich am Markt positionieren, eigene Daten aufbauen/verbessern und ev. veredeln
Navigationsanbieter	TomTom, Garmin, Google, Microsoft	möchten ihre momentane Marktstellung bezüglich Navigationsdaten möglichst in Richtung automatisiertes Fahren ausbauen bzw. sichern
Private Geodatenanbieter	HERE, OSM	möchten sich als Spezialisten für Daten und IT-Infrastrukturen etablieren und eine Marktstellung bezüglich der Aufbereitung/Veredlung von automatisiertem Fahren Basisdaten aufbauen
Amtliche Geodatenanbieter	Swisstopo, ASTRA, Baudirektion Kanton Zürich	diverse
Techfirma	Google, Microsoft	möchten sich als Schlüsselakteure in der aus ihrer Sicht disruptionsreifen und strategisch wichtigen Mobilitätsindustrie etablieren.
Fahrzeugzulassungsstelle	Strassenverkehrs- und Schifffahrtsamt Kanton Bern	möchten ihrer Verantwortung gerecht werden und rechtzeitig die Zulassung automatisierter Fahrzeuge definieren
Verkehrsbehörde	ASTRA, Strassenverkehrs- u. Schifffahrtsamt Kanton St. Gallen	möchten ihrer Verantwortung gerecht werden und rechtzeitig die notwendigen Regulierungen für die Anwendbarkeit (bzw. viel später eventuell auch: Pflicht) automatisierten Fahrens im Strassenetz und das Nebeneinander mit nicht-automatisiertem Verkehr definieren
Infrastrukturbehörde	ASTRA, Tiefbauämter Stadt Bern und Kanton St. Gallen	möchten die technologischen Entwicklungen nicht verpassen und möglichst kostengünstig und mit Zukunftssicherheit allfällige Infrastrukturen aufbauen
Mobilitätsanbieter Pooling & Sharing	Uber, Lyft, Sharoo, Mobility	möchten automatisiertes Fahren nutzen, um Personalkosten zu senken, vom Sozialversicherungsrecht nicht betroffen zu sein (Pooling) und um den Fahrzeugpark besser auszulasten (Sharing)
Mobilitätsanbieter ÖV	Verkehrsbetriebe wie z.B. Postauto AG, Bernmobil, VBZ, TPF, VBSh, etc.	möchten automatisiertes Fahren nutzen, um unter anderem Angebotsformen aus Nachfragesicht zu optimieren, die Personalkosten zu senken, die Sicherheit zu erhöhen, etc.
Logistikunternehmen	Amazon, DHL, Planzer...	möchten automatisiertes Fahren aus unterschiedlichen Gründen nutzen: z.B. neue Angebotsformen einführen, neue Planungsansätze anwenden, Zustandserhebung der Mobilität durchführen, Personalkosten senken, effizientere Auslastung des Fahrzeugparks oder Sicherheit erhöhen.

Tabelle 8: Überblick über Gruppen von Stakeholdern, deren grundsätzlich mögliche Interessen und Rollen. Die Zusammenstellung nimmt spezifisch Bezug zur Situation in der Schweiz.

4.3 Stakeholder und ihre Rollen

Im von verschiedenen Seiten getriebenen Markt der automatisierten Fahrzeuge zeigt sich eine Vielzahl von Akteuren. Deren Interessen sowie die aktuellen und potenziellen zukünftigen Rollen in den jeweiligen Zuständen zeigen sich teilweise in Pressemitteilungen etc. Aus Wettbewerbsgründen sind sie zum Teil aber auch verdeckt und nur zu vermuten. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Gruppen von Stakeholdern, deren grundsätzlich möglichen Interessen und Rollen. Die Zusammenstellung nimmt spezifisch Bezug auf die Situation in der Schweiz. Wenn auch je eigene Interessen verfolgt werden und mehrfach Konkurrenzverhältnisse bestehen, so ist davon auszugehen, dass wegen der verschiedenen Kompetenzen der Stakeholder Kooperationen für weit verbreitetes automatisiertes Fahren unumgänglich sein werden, obwohl aktuelle Entwicklungen auch Hürden für solche Kooperationen zeigen.

Im Sinne der Storyline wird im Beilagenbericht Modul 2d (Daten, IT-Infrastrukturen und Algorithmen; EBP, 2017) ausgewählten Stakeholdern thesenartig eine Rolle zugesprochen. Die These deutet primär darauf hin, ob ein Stakeholder in der Schweiz an Bedeutung gewinnt oder an Bedeutung verliert. Während zum Teil auch Entwicklungen im ÖV angesprochen werden, liegt der Fokus auf dem MIV, da dort zum einen mehr Akteure aktiv sind, zum anderen auch komplexere Entwicklungen anstehen. Die Thesen werden nachstehend nach Relevanz für die Zustände 1 bis 6 zusammengefasst.²⁵

Relevant in allen Zuständen:

- Transportunternehmen und Fahrzeughersteller werden (noch) bedeutender
- Navigationsanbieter verlieren an Bedeutung, da sie keinen Mehrwert mehr liefern können
- Fahrzeugzulassungsbehörden werden wichtige(re) Akteure
- Techfirmen («Silicon Valley») gewinnen an Bedeutung in ihrer Rolle als Technologieentwickler
- Die Fahrzeughersteller definieren selbstbestimmt die Vernetzung der Fahrzeuge und sind Treiber für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen

Bedeutung ab Zustand 2

- Amtliche Geodatenproduzenten werden nur dann wichtiger, wenn sie in der Lage sind, regulatorische Daten zu erstellen
- Private Geodatenanbieter verlieren an Bedeutung, da Geodaten von Mobilitätsanbietern selber erhoben werden
- Infrastrukturbehörden können Standards im Bereich C2I setzen
- Fahrzeughersteller werden wichtiger, da sie die (IT-)Plattform besitzen, auf der Betriebssystem und Applikationssoftware laufen
- Netzanbieter verlieren Bedeutung, da ihr Angebot Commodity (Konfektionsware) ist

²⁵ Im Bericht Modul 2d wird für jede These erklärt, warum die Entwicklung so erwartet wird und welche Rolle Daten, Algorithmen und IT-Infrastrukturen spielen. Es werden zum Teil auch mögliche Alternativentwicklungen genannt.

Bedeutung ab Zustand 3

- Datenanalysten werden wichtiger, da Daten aus unterschiedlichen Quellen aufbereitet werden müssen (Data Analytics)
- Silicon Valley Unternehmen (Big Five) werden wichtiger, da sie aufgrund ihrer grossen Finanzkraft einen Fahrzeughersteller kaufen werden, der ihnen erlaubt, die eigenen Kompetenzen im Daten- und Softwarebereich optimal einzusetzen.

Bedeutung ab Zustand 4

- Mobilitätsanbieter im MIV werden wichtiger, da sie erst mit dem neuen Angebot von automatisierten Fahrzeugen in der Lage sind, ihr Angebot flexibel und kostengünstig anzubieten.
- Verkehrsbehörden werden wichtiger, da sie Profiteure der Entwicklung sind (Datenbezug, Steuerungspotenzial) und die Bevölkerung Regulierungen zur Sicherheit erwartet

5. Verkehrliche Auswirkungen

5.1 Kaufargumente und Marktdurchdringung

Im Hinblick auf eine Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen wurde im Modul 2b untersucht, wie sich die Fahrzeuge mit zunehmendem Automatisierungsgrad im Schweizer Alltag verbreiten dürften. Grundlage für die Entwicklung der Marktdurchdringung bilden die EBP-Modelle zur technologischen Entwicklung der Neuwagen, zum Neuwagenmarkt und zur Fahrzeugbestanderneuerung, wie sie auch für energiepolitische Analysen für das Bundesamt für Energie sowie, für die Prognose der künftigen Erträge kantonalen Motorfahrzeugsteuern, für über zehn Kantone eingesetzt wurden.

5.1.1 Zusatznutzen als Kaufargumente

Für den Käufer von automatisierten Fahrzeugen dienen insbesondere die erhöhte Verkehrssicherheit und die Möglichkeit des Zeitgewinns, resp. der Freiheit, während des Fahrens anderen Tätigkeiten nachgehen zu können, als Kaufargument.

Während heute die Sicherheit zwar ein oft genanntes Kaufkriterium ist, werden die meisten Fahrzeugmodelle als vergleichbar sicher wahrgenommen. Die Bedeutung der Sicherheit als differenzierendes Kriterium beim Neuwagenkauf hat sich in den letzten Jahren zurückgebildet. Automatisierte Fahrzeuge führen hier wieder zu einer deutlichen Aufwertung des Kriteriums Sicherheit. In einer ersten Phase (Zustände 1 bis 3) geht das automatisierte Fahren vor allem mit einer höheren passiven Sicherheit einher (die Sensoren des Fahrzeugs sowie die Eingriffe in Längs- und Querführung reduzieren das Ausmass und die Folgen von Unfällen mit anderen Verkehrsteilnehmern, egal ob diese auch solche Technologien einsetzen oder nicht). Ab Zustand 4 nimmt auch die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation zu, und Fahrzeuge koordinieren sich zunehmend so, dass Unfälle fast gänzlich vermieden werden können (höhere aktive Sicherheit).

Der Gewinn an anders nutzbaren Zeit führt, trotz insgesamt gleichbleibender Unterwegszeit, zu reduzierten Reisezeitkosten. Mit dem automatisierten Fahren namentlich auf Autobahnen treten ab Zustand 3 wesentliche Zeitgewinne ein. Die Zunahme bei den automatisiert zurückgelegten Fahranteilen in Zustand 4 dürfte hingegen kaum zu einer wahrgenommenen Erhöhung der anders nutzbaren Reisezeit einhergehen. Ab dem Zustand 5 hingegen können die Fahrzeugeinsassen ihre Aufmerksamkeit während der ganzen Fahrt anderen Tätigkeiten widmen, was nochmals eine höhere Qualität der Unterwegszeit darstellt. In der Modellierung der Neuwagenkäufe lässt sich dies als reduzierte Kilometerkosten abbilden. Bei der Nutzung automatisierter Fahrzeuge ist als Konsequenz mit verlängerten Reiseweiten und damit erhöhten Erreichbarkeiten zu rechnen. Diese Vorteile ermöglichen einen Zusatznutzen, der schrittweise von Zustand 1 zum Zustand 5/6 gesteigert wird (vgl. Abbildung 7).

Die Kaufbereitschaft dürfte zusätzlich erhöht werden durch weitere erhoffte Nutzen wie einen erhöhten Reisekomfort, sowie durch zeitliche Flexibilität dank der Möglichkeit von «Fahraufträgen», resp. nicht als Fahrer Transportaufgaben wahrnehmen zu müssen, und schliesslich durch die Chance auf einen erhöhten Wiederverkaufswert.

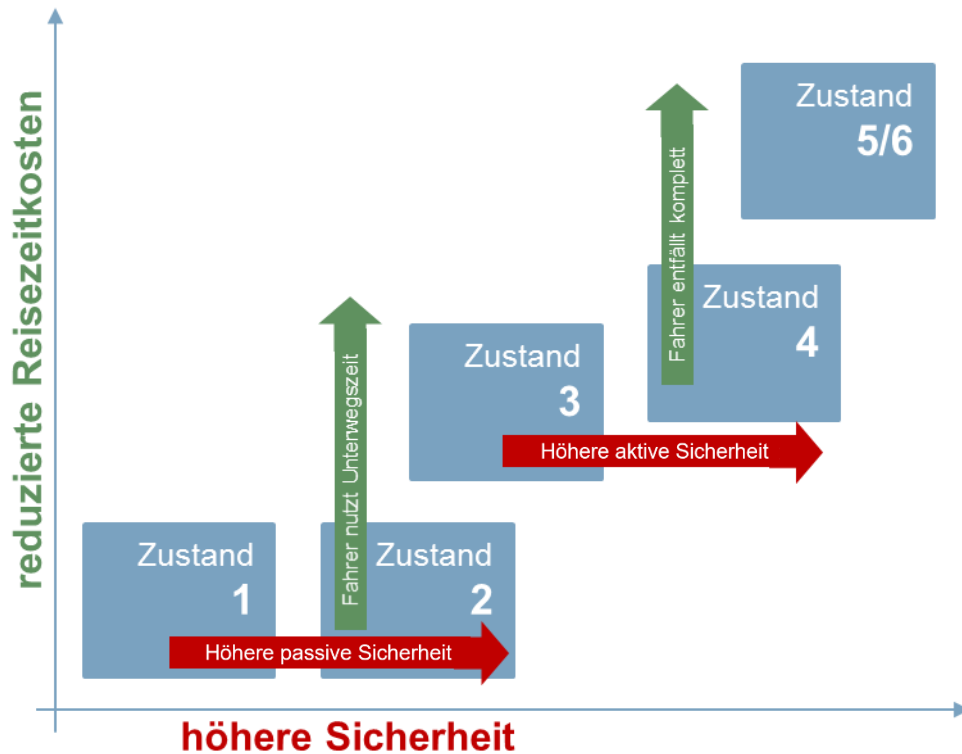


Abbildung 7: Zusatznutzen der automatisierten Fahrzeuge in den Zuständen 1 bis 5/6 im MIV

Dem individuellen Nutzen stehen Kosten gegenüber. Die Zusatzkosten beim Fahrzeugkauf dürften von Level zu Level, und damit von Zustand zu Zustand, deutlich variieren. Ein deutlicher Kostensprung dürfte mit dem Schritt von Level 2 zu Level 3 erfolgen. Der Hauptgrund dafür ist, dass ab Level 3 Radarsensoren als Voraussetzung gelten, die allerdings aus heutiger Sicht noch eine deutliche technische und finanzielle Hürde darstellen. Weiter ist absehbar, dass ab Level 4 wegen der Echtzeitkommunikation dreidimensionaler Umgebungsdaten zwischen den Fahrzeugen und Kartendiensten zunehmend Kommunikationskosten anfallen dürften.

5.1.2 Diskrepanz zwischen «Können» und «Dürfen»

Für den Schritt von der Marktverbreitung automatisierter Fahrzeuge zur Abschätzung der Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf den Schweizer Strassen ist zu beachten, dass zwischen dem technisch Möglichen in einem bestimmten Zustand der Storyline («was Fahrzeuge können»), und den gesetzlich erlaubten Funktionen («was Fahrzeuge dürfen») ein Unterschied besteht (vgl. Abbildung 8).

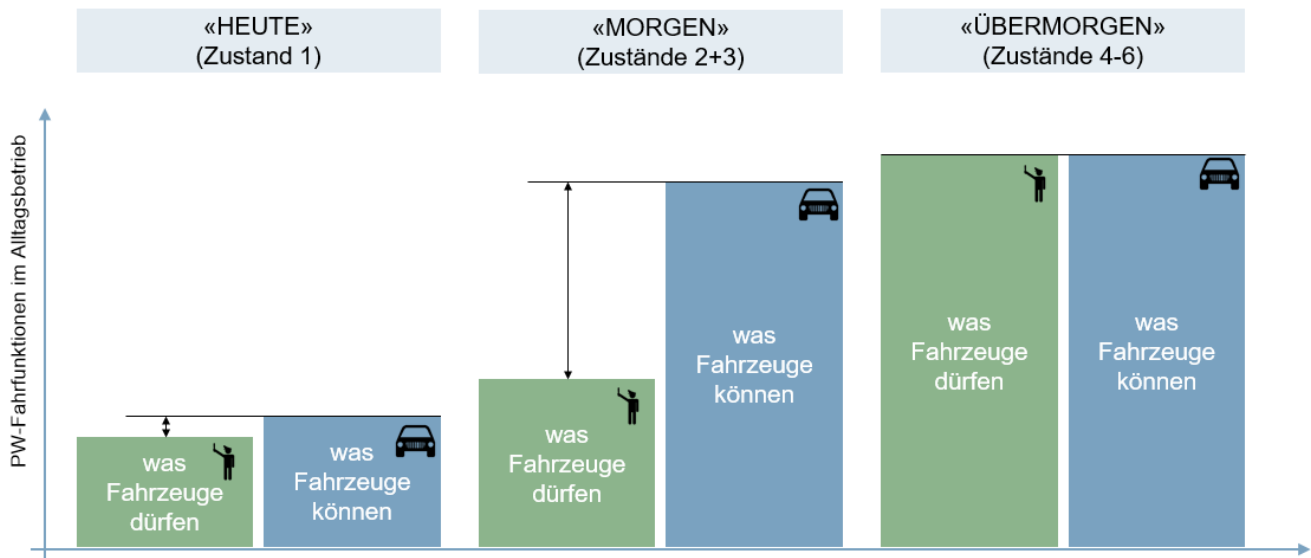


Abbildung 8: Was automatisierte Personenwagen können und dürfen

Dieser Unterschied ist im heutigen Zustand 1 noch bescheiden, dürfte jedoch in den Zuständen 2 und 3 recht erheblich sein. Grund für diese Diskrepanz dürfte sein, dass die Chance, die potenziellen Vorteile demnächst nutzen zu können, und der Wiederverkaufswert die Verbreitung der technischen Neuerungen beschleunigen. Inwieweit die Vollzugsorgane das Einhalten der Vorschriften durchsetzen wollen und können werden, kann heute nicht beurteilt werden. Die Differenz zwischen «Können» und «Dürfen» wird dann in den Zuständen 4 bis 6 stark abnehmen, die möglichen Funktionen und die rechtlichen Möglichkeiten dürften sich durch regulatorisches Handeln wieder angleichen.

5.1.3 Entwicklung der Marktdurchdringung im MIV

Für die Modellierung der Marktanteile der einzelnen Automatisierungs-Stufen (Level 1 bis 5) wird davon ausgegangen, dass die Technologien zum automatisierten Fahren über das Premiumsegment in den Markt eindringen. Dank Skaleneffekten bleiben die Zusatzkosten in etwa stabil, obwohl der technische Aufwand mit jedem Level zunimmt. Infolge der zunehmenden Zahlungsbereitschaft (für die erhöhte Sicherheit und die reduzierten Reisezeitkosten) nimmt in der Folge der Marktanteil automatisierter Fahrzeuge zu. Es wird angenommen, dass die höheren Levels die niedrigeren mit der Zeit jeweils ganz verdrängen, d.h. irgendwann gibt es gar keine Level-1-Fahrzeuge mehr am Neuwagenmarkt, usw. Die Modellierung erfolgt in Jahresritten, für die Illustration der 6 Zustände werden jeweils die Marktanteile zu bestimmten Stichjahren herangezogen. Abbildung 9 zeigt die entsprechende Entwicklung des Neuwagenmarktes. Dabei wird es am Neuwagenmarkt nur eine begrenzte Rolle spielen, ob bzw. wie oft Fahrzeuge überhaupt automatisiert fahren dürfen. Da es in Europa Einsatzmöglichkeiten mindestens auf Teststrecken geben wird, setzen sich solche Technologien am Neuwagenmarkt bereits durch. Neuwagenkäufer wollen immer das Risiko vermeiden, ein Fahrzeug später nicht einsetzen oder nur noch zu einem reduzierten Restwert weiterverkaufen zu können («Minimierung des potenziellen Bedauerns» statt «Maximierung des Nutzens»). In den Zuständen 2 und 3

ist auch damit zu rechnen, dass Fahrzeuge teilweise automatisiert fahren auf Strecken bzw. in Fahrbedingungen, wo dies dann noch nicht erlaubt ist.

Auch geht jedes höhere Level immer mit einer höheren Sicherheit einher, auch wenn die erweiterten Technologien nicht direkt zum automatisierten Fahren verwendet werden dürfen.

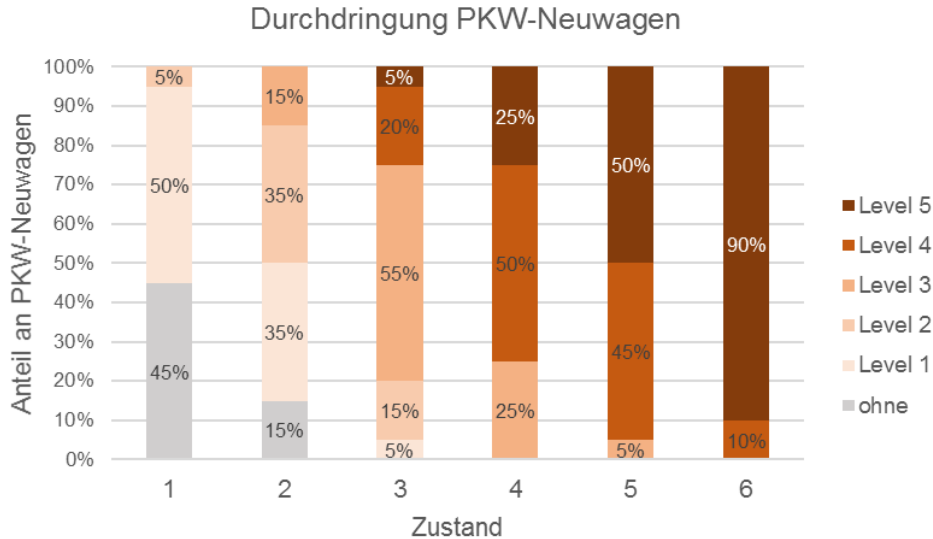


Abbildung 9: Durchdringung des PKW-Neuwagenmarktes aufgrund der Erneuerungszyklen in der Schweiz nach Automatisierungsgrad

Mit zeitlicher Verzögerung gegenüber dem Neuwagenmarkt entwickelt sich auch der Fahrzeugbestand des jeweiligen Zustandes (vgl. Abbildung 10). Dazu werden die Überlebensraten aus der EBP-Fahrzeugparkmodellierung verwendet, wie sie aus den PKW-Echtbeständen der Schweiz abgeleitet wurden für grosse, mittlere und kleine Fahrzeuge.

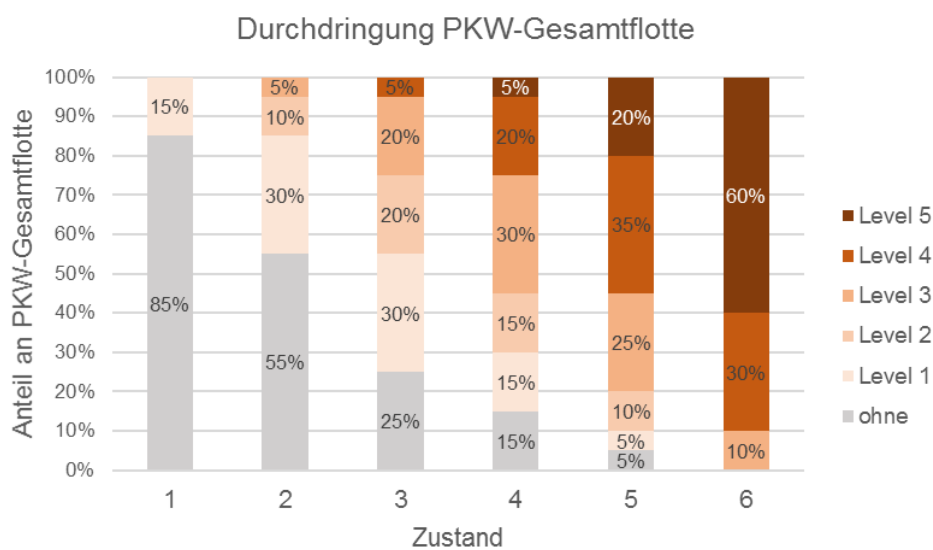


Abbildung 10: Durchdringung der PKW-Gesamtflotte nach den verschiedenen Automatisierungsgraden aufgrund der Neuwagen-Verkaufszyklen

5.2 Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Abschätzung der verkehrlichen Mengengerüste (Verkehrsleistung, Fahrleistung) aufgeführt. Detailliertere Informationen sind dem Modulbericht 2c zu entnehmen.

5.2.1 Nachfrageeffekte

Durch die Automatisierung ändern sich in den beschriebenen Zuständen nicht nur die rechtlichen Bedingungen und das Angebot, sondern auch die Nachfrage. Unter Berücksichtigung der Automatisierungsgrade und der Marktdurchdringung sind die im Folgenden aufgeführten Nachfrageeffekte denkbar. Zudem wird beschrieben, welche Ansätze zur Abschätzung der verkehrlichen Mengengerüste verwendet werden.

Nutzung der Reisezeit

Ab Level 3 muss der Fahrer das System, welches die Längs- und Querführung übernimmt, nicht mehr dauerhaft überwachen. Daher kann er sich an Bord des Fahrzeugs anderen Aktivitäten widmen, beispielsweise dem Arbeiten. Die Reisezeit wird damit anderweitig nutzbar. Allerdings muss er auf Level 3 mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgaben bereit sein. Die Länge dieser Zeitreserve sowie die Häufigkeit der Steuerungsübergaben definieren dabei die Möglichkeiten der Aktivitäten. Im Anwendungsfall auf Level 4 und insbesondere auf Level 5 ist die Übernahmebereitschaft durch den Fahrer nicht zwingend bzw. kann die Fahrermöglichkeit entfallen, wodurch der Umfang der möglichen Aktivitäten erweitert wird. Durch die Nutzung der Reisezeit sinken die Reisezeitkosten, weshalb allenfalls weiter entfernt gelegene Ziele angefahren werden. Reisedauer und Reisesweiten könnten sich erhöhen.

Ansatz: Die Nutzung der Reisezeit führt zu einer Reduktion der Reisezeitkosten. Aus der verkehrsökonomischen Literatur wird hierzu das Verhältnis der Reisezeitkosten von MIV und ÖV verwendet, da im ÖV bereits die Reisezeit genutzt werden kann. Die Gewinne werden teilweise in zusätzliche Reisezeiten investiert.

Neue Nutzergruppen

Beim automatisierten Fahren werden Fahraufgaben vom Fahrer an das System abgegeben, bei tieferen Automatisierungsstufen temporär und bei höheren Levels zunehmend dauerhaft. Die Fahrermöglichkeit kann in den höchsten Automatisierungsstufen gänzlich entfallen. Damit werden die Anforderungen an den Fahrer gesenkt, sodass auch bisher mobilitätseingeschränkte Personen Fahrzeuge (ohne Führerschein und ohne Begleitung eines Fahrers) nutzen können. Dies betrifft insbesondere Kinder und Senioren.

Ansatz: Als Richtgrösse wird der Führerausweisbesitz verwendet. Gemäss Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 (BFS/ARE, 2017) besitzen 82% der in der Schweiz wohnhaften Personen ab 18 Jahren einen Führerausweis. Hochgerechnet auf die Gesamtbevölkerung (inkl. Unter-18-Jährige) besitzen rund zwei Drittel der Schweizer Bevölkerung einen Führerausweis. Das verbleibende Drittel stellt potentiell neue Nutzergruppen dar, da bei der Vollau-

tomatisierung kein Führerausweis mehr notwendig ist. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass nicht alle alleine reisen können – sei es, weil sie immobil sind und/oder eine Begleitung erfordern (Bsp. Kleinkinder).

Leerfahrten und durchschnittliche Besetzungsgrade

Sind Fahrzeuge vollautomatisiert unterwegs, muss kein Fahrer mehr an Bord sein. Vor allem bei der privaten Nutzung dürften so durch das Bringen und Abholen von Personen und Waren viele Leerfahrten entstehen. Aber auch bei automatisierten Sharing-Fahrzeugen müssten Fahrten zwischen den Ab- und Zugangsorten ohne Passagiere durchgeführt werden. Leerfahrten sind beim durchschnittlichen Besetzungsgrad sowie bei der Fahrleistung zu berücksichtigen.

Ansatz: Auf der Basis von Literaturwerten wird angenommen, dass die Leerfahrten die Fahrleistung [Fzkm] von privat genutzten automatischen Fahrzeugen um rund 15% erhöhen. Damit wird der heutige Besetzungsgrad bei voller Durchdringung der Flotte mit automatisierten Fahrzeugen von 1.56 (BFS/ARE, 2017) auf 1.36 reduziert. Für Sammeltaxis im Übergang von MIV und ÖV liegt der Besetzungsgrad durch Ride-Sharing höher. In Anlehnung an die OECD-Studie zu Shared Mobility (OECD/ITF, 2016) wird angenommen, dass dieser rund 2.3 Pers/Fz beträgt.

Änderung der Verkehrsmittelwahl

Im Zuge der Automatisierung werden sich die verkehrlichen Angebote in ihren Eigenschaften verändern. Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere im Übergangsbereich von MIV und ÖV neue Angebote entstehen. Zudem sind auch die Eigenschaften von MIV und ÖV angepasst. Der strassengebundene ÖV kann beispielsweise durch die Automatisierung neben liniengebundenen Gefässen auch vollautomatisierte Rufbusse umfassen. Auf wichtigen Achsen dürften im ÖV weiterhin – evtl. automatisch fahrende - grosse Gefässe eingesetzt werden (Tram, Busse, S-Bahnen, etc.), da Rufbusse bzw. Fahrzeuge im Übergangsbereich von MIV und ÖV kaum die benötigte Massenleistungsfähigkeit in den Städten und Agglomerationen erreichen werden. Zudem bestehen durch die Kosteneinsparungen im Zuge der Automatisierung im ÖV verschiedene nachfragesteigernde Möglichkeiten: Bei gleich hohen Abgeltungsleistungen und Tarifen können mehr Angebote bestellt und das Angebot somit ausgeweitet werden. Bei gleichbleibenden Abgeltungen und gleichem Angebot können Tarife gesenkt werden, was wiederum Mehrverkehr generieren würde.²⁶ Die Verkehrsmittelwahl ist abhängig vom Angebot und wird sich dementsprechend verändern.

Ansatz: Durch die Vollautomatisierung ab Zustand 4 wird das Angebot der Verkehrsmittel durch führerlose Fahrzeuge neugestaltet. *Modal Split* Anteile werden verschoben. Es ist davon auszugehen, dass sich sowohl ein Teil des MIV wie auch ein Teil des strassengebundenen ÖV zum Sammel- und Verteilverkehr (SVV) verlagert. Auf Basis der Ausführungen in Abschnitt 5.2.2 werden für die Abschätzung zwei Alternativentwicklungen festgelegt und untersucht: Im Fall A wird der SVV deutliche Anteile übernehmen, im Fall B kommt dem SVV eine untergeordnete Rolle zu.

²⁶ Nur im Fall, dass die Kosteneinsparungen zu einer Senkung der Abgeltungen der öffentlichen Hand führen und diese Einsparung den öffentlichen Haushalten zu Gute kommt, entsteht keine Mehrnachfrage im ÖV.

Kapazität und Reisezeiten

Durch die Automatisierung können Kapazitätssteigerungen der bestehenden Infrastruktur entstehen (Maurer et al., 2015), da geringere Zeitlücken zwischen vollautomatisierten Fahrzeugen auftreten dürften. Diese Angebotsveränderung kann zu induziertem Verkehr auf der Strasse (neu generierte Fahrten, veränderte Zielwahl) und Verkehrsträgerverlagerungen führen. Im Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage werden die Reisezeiten und damit die Erreichbarkeiten verändert.

Ansatz: Das Wirkungsgefüge ist abhängig von der konkreten Infrastruktur und bedingt zur Beschreibung ein makroskopisches Verkehrsmodell. Darauf muss hier aus Aufwandsgründen verzichtet werden. Kapazitätsveränderungen auf der Strasse werden somit im Sinne einer groben Abschätzung vernachlässigt. Auch der Kapazitätsbedarf im öffentlichen Verkehr wird vernachlässigt.

Verkehrspolitik

Die potentielle Erhöhung der Verkehrsleistung provoziert staatliche Interventionen, welche sowohl das Mobilitäts- als auch das Verkehrsmanagement betreffen. Beispielsweise haben Anreize zur Bündelung von Wegen in Sammeltaxis/Bussen oder die Beschränkung von Leerfahrten einen direkten Einfluss auf die Verkehrsnachfrage. Zudem müssen auch staatliche Abgeltungen bzw. deren Änderung berücksichtigt werden.

Ansatz: Verkehrspolitische Massnahmen werden durch angepasste Besetzungsgrade sowie Änderungen in der Verkehrsmittelwahl für den Zustand 6 berücksichtigt. Die Basis bilden Einschätzungen der Autoren. Die Werte werden in der Sensitivitätsanalyse aufgegriffen.

5.2.2 Preisvergleich

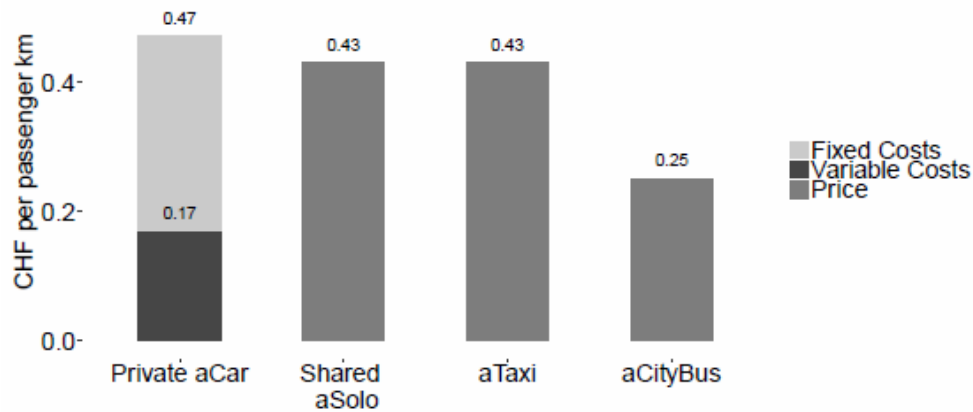
Die Verkehrsmittelwahl ist abhängig von den Eigenschaften des Angebotes (Preise, Reisezeiten, Komfort etc.). Weltweit wird erwartet, dass insbesondere der MIV in Bezug auf die Verkehrsleistung Anteile an Angebotsformen im Übergangsbereich von MIV und ÖV verlieren dürfte, während der ÖV konstant bleibt. Beim MIV werden so Verluste von ca. 25-30 Prozentpunkte bis 2030 weltweit (Roland Berger, 2016) bzw. 15-20 Prozentpunkte bis 2040 in Deutschland prognostiziert (Oliver Wyman, 2016).

Bösch et al. untersuchten sowohl die Kostenseite, als auch die resultierenden Preise der Verkehrsmittel infolge der (Voll-)Automatisierung für die Schweiz. Dabei werden fixe und variable Kostenanteile sowie Flotteneffekte beschrieben (Bösch et al., 2017).

Für die Verkehrsmittelwahl müssen die entscheidungsrelevanten Kosten respektive Preise berücksichtigt werden. Diese berücksichtigen neben den variablen Fahrzeugkosten auch weitere Kosten, die auf den Preis umzulegen sind. Dazu zählen bei geharten Fahrzeugen z.B. Kosten für Management und Wartung von Fahrzeugflotten, Gewinnmargen, Gebühren und Mehrwertsteuer. Bösch et al. weisen dabei eine neue Konkurrenzsituation der Verkehrsmittel aus (vgl. Abbildung 11). Im urbanen Raum ist der vollautomatisierte, durchschnittlich belegte öffentliche Bus substantiell günstiger als einzeln belegte vollautomatisierte Taxis oder Einplatz-Sharing-Fahrzeuge

(«Shared aSolo»). Im regionalen Kontext sind diese Taxis allerdings günstiger als vollautomatisierte Busse. Weiter wird bei den neuen Angeboten (Sharing/Pooling) die Passagieranzahl berücksichtigt, welche die Preise weiter senken kann (vgl. Abbildung 12). Je mehr Passagiere befördert werden, desto geringer fallen – in Abhängigkeit der Gefässgrösse – die Preise aus. Bei den Privatfahrzeugen sind in beiden Räumen die Gesamtkosten höher, die für die Verkehrsmittelwahl entscheidungsrelevanten variablen Kosten fallen allerdings immer tiefer aus.

(a) Future competitive situation - Urban setting.



(b) Future competitive situation - Regional setting

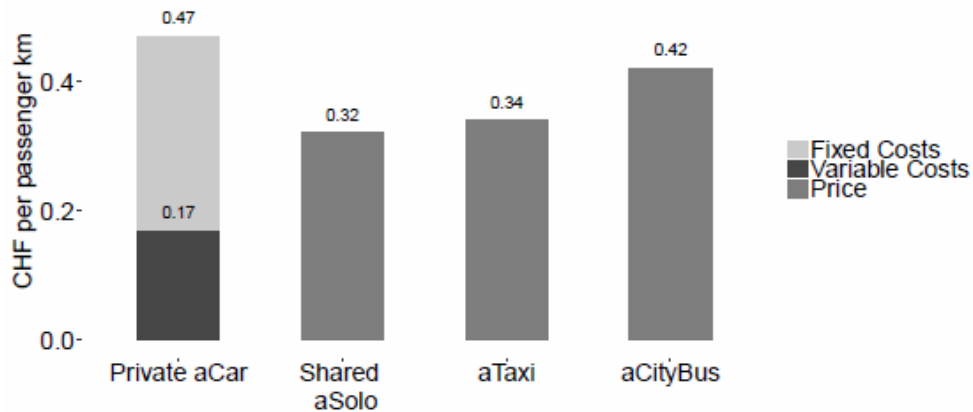


Abbildung 11: Zukünftige Konkurrenzsituation durch die Automatisierung für den städtischen (oben) und ländlichen Raum (unten); Vergleich von Fix- und variablen Kosten beim privaten automatisierten Fahrzeug mit den Preisen von Sharing-, Taxi- und ÖV-Angeboten (Bösch et al., 2017).

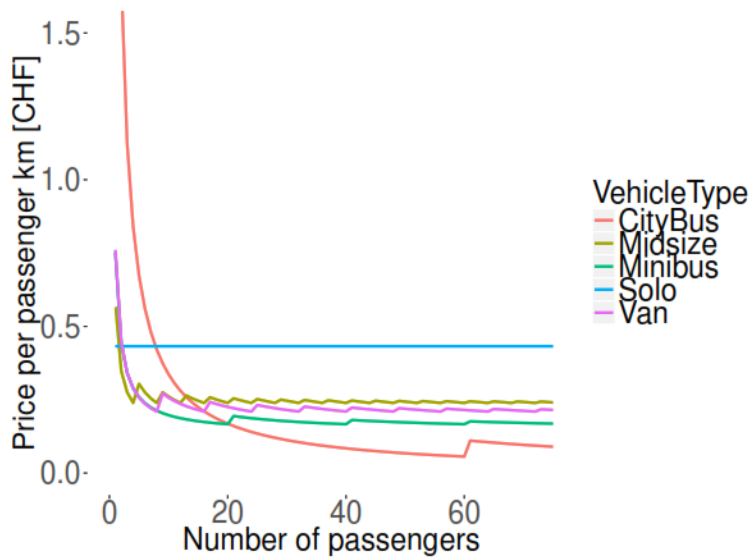


Abbildung 12: Abhängigkeiten von Preisen und Passagierzahlen automatisierter Fahrzeugflotten, Kurvenabsätze sind durch die Gefässgrösse bedingt (Bösch et al., 2017).

Vollautomatische Privatfahrzeuge bleiben somit attraktiv. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass diese auch künftig einen hohen Komfort aufweisen und vollautomatisiert auch Botenfahrten zulassen. Seitens der Fahrzeughersteller dürfte zudem weiterhin eine emotionale Bindung der Nutzer zum privaten Fahrzeug gefördert werden. Andere Gründe für ein privates vollautomatisches Fahrzeug sind, dass man persönliche Dinge (wie z.B. Sportausrüstung) im Kofferraum lagern und sein Fahrzeug individuell ausstatten kann.

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

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

Während in einigen internationalen Studien dem Übergangsbereich von MIV und ÖV ein grosses Potential zugeschrieben wird, müssen die Kosteneffekte relativiert werden (Bösch et al., 2017). Allerdings müssen bei der Verkehrsmittelwahl alle Angebotseigenschaften betrachtet werden (Bsp. Verfügbarkeit). Der Vergleich oben geht davon aus, dass nur die variablen Kosten entscheidungsrelevant sind, weil bereits ein PW vorhanden ist. Steht aber eine

Ersatzbeschaffung eines Fahrzeugs an, oder die Frage, ob man sich erstmals ein PW anschafft, dann sind die hohen Gesamtkosten zu berücksichtigen. In diesem Moment spielt es eine Rolle, welche alternativen Angebote interessieren. Bestehende funktionierende Pooling Systeme und gute ÖV-Systeme können dann ein Grund sein auf einen eigenen PW zu verzichten. So wie dies heute ja bereits mit Car Sharing als Möglichkeit besteht.

5.2.3 Resultate der Abschätzung

In der Überlagerung der Annahmen zu den Nachfrageeffekten wird ein verkehrliches Mengengerüst gemäss den folgenden Abbildungen zu Verkehrs- und Fahrleistungen ermittelt (Fall A mit bedeutendem SVV, Fall B mit geringer Rolle des SVV). Bei der Verkehrsleistung (Perskm) werden auch die Werte des ÖV aufgeführt, bei der Fahrleistung (Fzkm) werden diese aufgrund der hohen Fahrzeugbelegung und der dadurch im Vergleich zum MIV sehr kleinen Fahrleistungen nicht dargestellt.

Die verkehrlichen Leistungen werden gesamthaft durch die Überlagerung der verschiedenen Nachfrageeffekte zunehmen. Zudem wird je nach Fall eine Verlagerung vom MIV zum SVV unterstellt. Die Nachfrage im schienengebundenen ÖV bleibt weitgehend konstant, im strassengebundenen ÖV ist der *modal shift* im Allgemeinen vergleichsweise klein. Im Folgenden werden die wesentlichen Entwicklungen nach Zustand 1 bis 6 genauer erläutert.

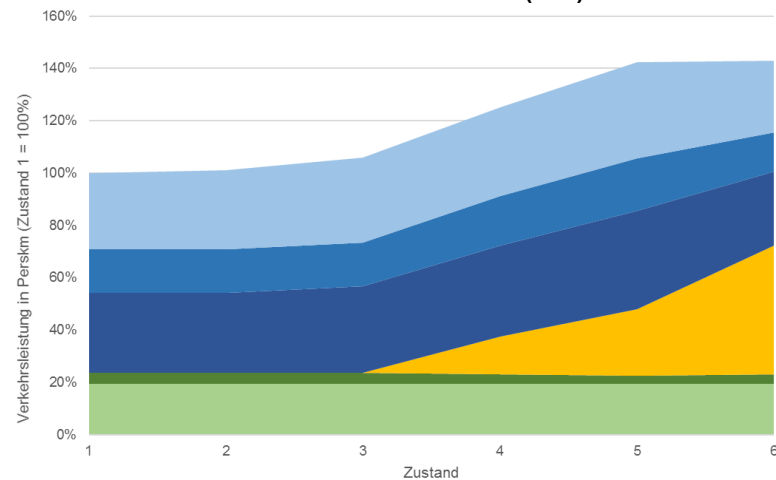
Zustand 1 («heute»)

- Als Ausgangszahlen werden die Werte des Jahres 2020 verwendet. Diese entstammen den Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040 (ARE, 2016) sowie der Extrapolation der Statistiken zum Verkehr in der Schweiz 2005-2015 (BFS, 2017).
- Da automatisiertes Fahren im Zustand 1 ausschliesslich auf HLS-Teststrecken möglich ist, wird die Nachfrage als unverändert angenommen.

Zustand 2

- Auf den HLS darf auf Level 3 gefahren werden. Die Reisezeit kann nun für Aktivitäten genutzt werden, allerdings sind diese eingeschränkt.
- Leerfahrten sind noch keine möglich, der Besetzungsgrad bleibt unverändert (ca. 1.6).
- Die Effekte der Automatisierung auf die Verkehrs- und Fahrleistung sind noch sehr gering.

Fall A mit hohem Anteil Sammel-/Verteilverkehr (SVV)



Fall B mit geringer Rolle des Sammel-/Verteilverkehrs (SVV)

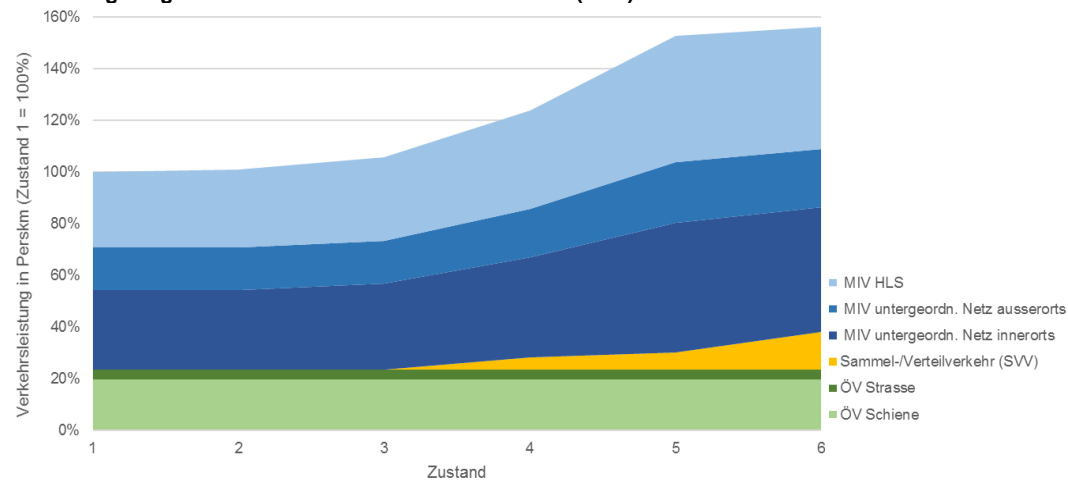
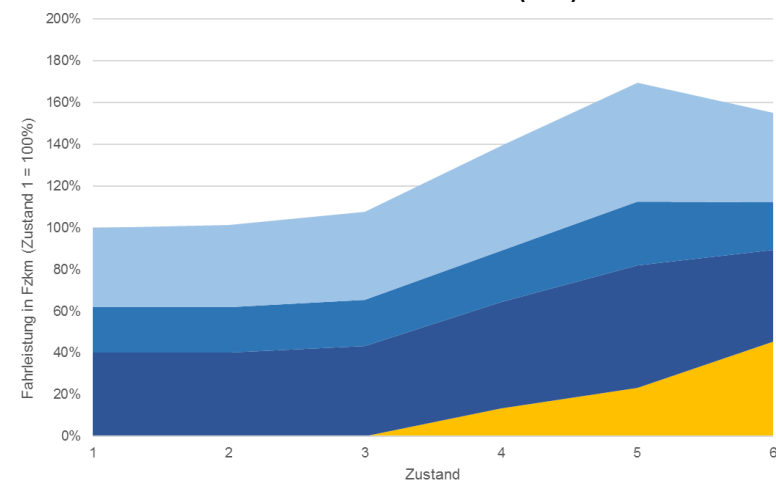


Abbildung 13: Abgeschätzte Entwicklung der Verkehrsleistung nach Verkehrsmittel und Netzhierarchie [Perskm] unter Vernachlässigung der allgemeinen Verkehrszunahme (Fall A mit hohem Anteil SVV, Fall B mit geringem Anteil SVV)

Fall A mit hohem Anteil Sammel-/Verteilverkehr (SVV)



Fall B mit geringer Rolle des Sammel-/Verteilverkehrs (SVV)

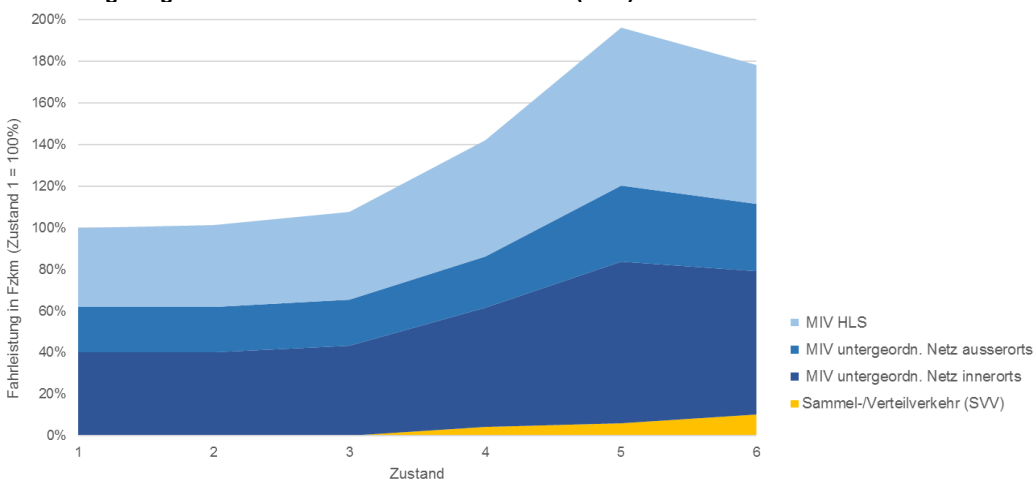


Abbildung 14: Abgeschätzte Entwicklung der Fahrleistung von MIV (nach Netzhierarchie) und SVV [Fzkm] unter Vernachlässigung der allgemeinen Verkehrszunahme (Fall A mit hohem Anteil SVV, Fall B mit geringem Anteil SVV)

Zustand 3

- Auf den HLS darf auf Level 4 gefahren werden. Das Spektrum der Aktivitäten während der Fahrt wird damit erweitert, wodurch die Reisezeitkosten weiter sinken und ein Teil der Vorteile wiederum in Fahr- und Verkehrsleistung investiert wird.
- Innerorts wird Level 3 möglich. Es wird wiederum ein verminderter Reisezeitkostenfaktor angenommen, allerdings ist nun der Flottenanteil Level 3 deutlich höher.
- Leerfahrten sind noch keine möglich, der Besetzungsgrad bleibt unverändert (ca. 1.6).
- Der Einfluss auf die Fahrleistung ist nun nicht mehr marginal. Die Fahrleistungen im untergeordneten Netz ausserorts bleiben in Summe unverändert, es gibt lediglich regionale Verschiebungen.

Zustand 4

- Aufgrund der erhöhten Marktdurchdringung mit automatisierten Fahrzeugen, der damit verbundenen Nutzung der Reisezeit sowie der erweiterten Zulassung auf untergeordnete Netze nimmt die Nachfrage weiter zu.
- Neue Nutzergruppen: Im Zustand 4 sind nun erstmals vollautomatisierte Fahrten ohne Fahrer möglich, allerdings sind diese auf Abschnitte von HLS und Strassen innerorts beschränkt. Die Fahr- und Verkehrsleistung wird um das Potential der neuen Nutzergruppen erhöht.
- Leerfahrten: Durch den Entfall des Fahrerbedarfs (Level 4/5) können nun Fahrzeuge auf HLS und Strassen innerorts auch gänzlich ohne Personen an Bord unterwegs sein. Unter Berücksichtigung des Flottenanteils wird die Nachfrage gemäss dem entstehenden Besetzungsgrad (ca. 1.45) gesteigert.
- SVV: Da nun vollautomatisierte Fahrzeuge möglich sind, entstehen im Übergangsbereich von MIV und ÖV neue Angebotsformen. Diese verändern die Verkehrsmittelwahl, im Fall A deutlich stärker als im Fall B.
- Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Verkehrsnachfrage fallen nun deutlich aus.

Zustand 5

- Durch die erhöhte Durchdringung mit automatisierten Fahrzeugen sowie die Zulassung von Level 4/5 auf dem untergeordneten Netz ausserorts nimmt die Nachfrage auf allen Netzebenen weiter zu.
- Das Potential der neuen Nutzergruppen wird verstärkt ausgeschöpft.
- Leerfahrten sind auf allen Netzebenen möglich. Durch die zunehmende Marktdurchdringung automatisierter Fahrzeuge nimmt die Zahl der Leerfahrten zu. Der durchschnittliche Besetzungsgrad beträgt ca. 1.4.
- SVV: Durch die Angebotserweiterung des adaptiven Sammel- und Verteilverkehrs wird sein Anteil gesteigert. Im Fall A entfallen rund 14% der Fahrleistung und 18% der Verkehrsleistung auf Sammeltaxis. Im Fall B belaufen sich die Anteile des SVV an der Fahr- und Verkehrsleistung auf 4%.

Zustand 6

- Gegenüber dem Zustand 5 werden durch verkehrspolitische Massnahmen die Leerfahrten nach Netzebene und Zeit beschränkt.
- Mit geeigneten Massnahmen (Bsp. Anreizen, Ge- und Verbote) werden ÖV und SVV attraktiv, sodass die Bündelung von Fahrten in einem Fahrzeug erhöht werden kann. Dadurch sinken insbesondere die Fahrleistungen.
- Die Tendenz zu einer wachsenden Verkehrsleistung bleibt allerdings weiterbestehen. Durch die Steigerung der Anteile des SVV müssen auch Umwege gefahren werden. Dabei nehmen – auch wenn nicht direkt beabsichtigt – die Personenkilometer zu.

5.2.4 Sensitivität

Um den Einfluss der einzelnen Nachfrageeffekte auf die Fahr- und Verkehrsleistung zu bestimmen, wird das Ergebnis einer groben Sensitivitätsanalyse unterzogen. Dabei werden gemäss Tabelle 9 die relevanten Parameter um +/-20% variiert und die Effekte auf die Fahr- sowie Verkehrsleistungen im Zustand 5 betrachtet.

Parameter	Veränderung	Einfluss
Nutzung der Reisezeit	Fzkm/Perskm +/-11%	Hoch
Marktdurchdringung	Fzkm/Perskm +/-7%	Mittel
Neue Nutzergruppen	Fzkm/Perskm +/-3%	Eher gering
Leerfahrten	Fzkm MIV +/-12%	Hoch für MIV, SVV
Umfwegfaktor SVV	Fzkm/Perskm SVV +/-20%	Hoch für SVV
Verkehrsmittelwahländerung	Fzkm/Perskm SVV +/-19%	Hoch
Verkehrspolitische Massnahmen	gross für Fzkm/Perskm	Hoch

Tabelle 9: Übersicht grobe Sensitivitätsuntersuchung, Änderung der Parameter um +/- 20%

Besonders relevant ist erstens, in welchem Umfang gesunkene Reisezeitkosten in zusätzliche Reiseweiten reinvestiert werden. Insbesondere interessiert, ab welcher Reiseweite/-dauer Nutzen durch andere Aktivitäten entsteht. Zweitens erweisen sich der Besetzungsgrad, welcher eine Folge der generierten Leerfahrten ist, und die Entwicklung im *Modal Split* als besonders massgebend für die Fahrleistung.

Die verkehrspolitischen Massnahmen zur Vermeidung von Leerfahrten im Zustand 6 haben einen grossen Einfluss auf die Fahrleistung. Die Massnahmen zur Verkehrsmittelwahl beeinflussen die Fahr- und Verkehrsleistung.

5.3 Fahrzeugbestand

Mit Bezug zum automatisierten Fahrzeugen wird im Zusammenhang mit Pooling in der öffentlichen Diskussion auch häufig darauf hingewiesen, dass der Bedarf an Fahrzeugen wesentlich reduziert werden kann. Dies könnte ökologische Verbesserungen (aus der Automobilproduktion) und wesentliche volkswirtschaftliche Effizienzsteigerungen (geringere Kapitalbindung) mit sich bringen. Dass die Wirkungsrichtung nicht eindeutig ist, zeigen die untersuchten verkehrlichen Auswirkungen:

- Neue Nutzergruppen könnten nun auch einen eigenen PW anschaffen und die gesunkenen Reisekosten erhöhen die Attraktivität zur Nutzung des PW. Beide Effekte können den Fahrzeugbestand erhöhen.
- Falls Pooling (SVV, Fall A) eine relevante Bedeutung erlangt, werden einerseits zusätzliche Fahrzeuge für den Fahrzeugpool benötigt und andererseits sinkt eventuell der Besitz an privaten PW.
- Verkehrsmittelwahl: Wenn auch der öffentliche Verkehr automatisiert wird, kann hier ein Modal-Split-Effekt in Richtung ÖV ausgelöst werden. Auch hier werden zusätzliche Fahrzeuge für den ÖV benötigt, der Besitz an privaten PW wird allenfalls zurückgehen.

In den Vertiefungsarbeiten sind diese Effekte und ihre Auswirkung auf den Fahrzeugbestand näher zu untersuchen.

5.4 Erkenntnisse aus der Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen

Auf Basis von Verkehrsstatistiken, Literaturwerten und Annahmen wurden sowohl Fahr- als auch Verkehrsleistung in den sechs Zuständen abgeschätzt. Die Resultate des verwendeten Modells stellen eine Diskussionsgrundlage dar. Die relevanten Nachfrageveränderungen durch automatisierte Fahrzeuge werden aufgeführt. Es zeigt sich, dass sich mehrere Effekte überlagern. Durch Nutzung der Reisezeit, neue Nutzergruppen, Leerfahrten, neue Angebotsformen, die veränderte Verkehrsmittelwahl sowie Umwegfahrten beim Sammel-/Verteilverkehr werden die Verkehrsleistungen (Perskm) und die Fahrleistungen (Fzkm) unterschiedlich beeinflusst. Infrastruktur- und Kapazitätsrestriktionen werden in dieser Abschätzung nicht berücksichtigt. Preisstrukturen werden indirekt über die Verkehrsmittelwahl behandelt.

Mit der Vollautomatisierung ab Zustand 4 nehmen die Fahrzeugkilometer und die Personenkilometer deutlich zu, da sich verschiedene treibende Nachfrageeffekte überlagern (Leerfahrten, neue Angebote, neue Nutzergruppen). Mit verkehrspolitischen Massnahmen im Zustand 6 kann insbesondere die Fahrleistung beschränkt werden. Bei der Verkehrsleistung ist zu beachten, dass eine Zunahme auch durch Umwegfahrten entstehen kann.

Besondere Chancen und Herausforderungen zeigen sich bezüglich der verkehrlichen Effizienzeffekte im Zusammenhang mit dem infolge des automatisierten Fahrzeugs als neues Marktsegment in Erscheinung tretenden SVV (vgl. Abbildung 15). Hier bildet sich ein Graubereich der Entwicklungen im Angebotssegment der «Sammeltaxis». Geht die Reise Richtung «Sammel-/Verteil-Shuttle» oder Richtung «Sammeltaxi»? Welche Entwicklung tritt im Rahmen von «Mobility-as-a-Service» auf? Für öffentliche Körperschaften und ÖV-Unternehmungen ergeben sich insbesondere aus der erwarteten Wettbewerbsverschärfung zwischen konventionellem MIV und ÖV besondere Chancen und Herausforderungen.

In der Vertiefungsphase sollen die Angebotseigenschaften der Verkehrsmittel genauer untersucht werden. Insbesondere soll herausgeschält werden, unter welchen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für das Angebotssegment SVV die gesamtgesellschaftlichen resp. öffentlichen Ziele und

Interessen am besten erfüllt werden können. Bei Bedarf ist aufzuzeigen, inwiefern die konventionellen Elemente des ÖV dazu neu definiert werden müssen.

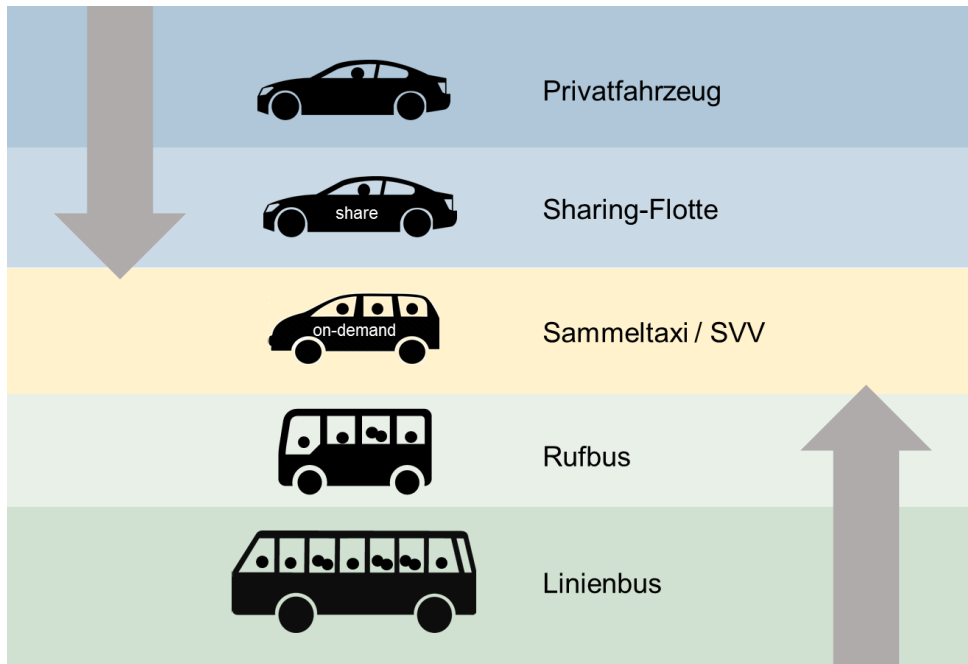


Abbildung 15: Sammel-/Verteilverkehre (SVV) im Graubereich zwischen konventionellem MIV und konventionellem ÖV. Lesehilfe: *von oben nach unten*: extreme Individualisierungsform (oben) bis ausgeprägte Bündelung im ÖV (unten); *von blau resp. grün zu grau*: neue Angebotsformen zwischen MIV und ÖV (ÖV gemäss heutiger Definition)

6. Fazit

Die Beschäftigung mit der Storyline mit den sechs Zuständen und Übergängen führt zu unterschiedlichsten Erkenntnissen. Bereits die umfangreichen «grundlegenden Annahmen» in Kapitel 3.2 zeigen die Vielfalt der Parameter und lassen vermuten, wie vielfältig die Zukunft des automatisierten Fahrens in der Schweiz tatsächlich aussehen könnte. Unabhängig davon lassen sich aus den Schilderungen interessante Schlüsse ziehen. Diese bilden eine Grundlage für die Konkretisierung der Vertiefungsstudien in der vorgesehenen zweiten Bearbeitungsphase. Nachstehend sind die zentralen Erkenntnisse zusammengefasst.

6.1 Handlungsspielräume und politische Meinungsbildung

Wie einleitend dargelegt, gibt es viele treibende Elemente für die Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen in der Schweiz. Ob die Entwicklung einen positiven oder negativen Einfluss auf die Nachhaltigkeit haben wird, ist noch nicht klar. Es braucht den Gestaltungswillen der Politik und der Gesellschaft, um die Entwicklung in eine für Mensch, Umwelt und Wirtschaft verträgliche Richtung zu steuern.

Die für die Storyline gewählte Abfolge von sechs verschiedenen Zuständen ist aus fachlicher Sicht eine plausible unter vielen denkbaren Entwicklungen. Welche Zustandsfolge tatsächlich eintreten, ist abhängig von relevanten Schritten der rechtlichen Zulassung und von der Reife der technischen Entwicklung. Aber es sind insbesondere auch gesellschaftliche und politische Entscheide, die gefällt werden müssen, um die Entwicklung in die eine oder andere Richtung zu steuern. Die Storyline zeigt den Handlungsspielraum auf. Die Handlungsoptionen der angesprochenen Akteure sollen in der Vertiefungsphase konkretisiert werden.

Während die Freigabe des vollautomatisierten Fahrens im Strassenverkehr zuerst auf dem HLS-Netz plausibel und damit naheliegend scheint, ist aus staatlicher Sicht insbesondere zu definieren, ob die Freigabe resp. Förderung im Siedlungsgebiet wie vermutet vor oder allenfalls auch nach der allgemeinen Freigabe im HVS-Netz ausserorts erfolgen wird. Allenfalls wäre auch eine gleichzeitige Freigabe aller Netze in einem Schritt für vollautomatisiertes Fahren erwünscht? Die Storyline dient dazu, die Konsequenzen entsprechender Freigabe-Reihenfolgen in der Vertiefungsphase zu diskutieren.

Einen zentralen Stellenwert hat bei der Ausgestaltung der Handlungsspielräume die politische Meinungsbildung zur Frage, wieweit steuernde Massnahmen, wie exemplarisch im Zustand 6 skizziert, umgesetzt werden sollen resp. müssen: Neue Preis-Modelle, situative Anpassungen der Fahrgeschwindigkeit zur Optimierung des Verkehrsflusses und zur Effizienzsteigerung, Entwicklung und Subvention von Pooling-Angeboten, Erhalt von Bus- und Tramlinien, Parkgebühren, Zufahrtsbeschränkungen für Innenstädte, Vermeidung von Leer- und induzierten Fahrten etc.

Effizienz- und Sicherheitsgewinne sind nur mit staatlicher Intervention zu erreichen: Ohne angemessene Regelungen von Zustand zu Zustand sind Fehlentwicklungen im Sinne zunehmender Staus und Verkehrsbehinderungen absehbar. Dies wird durch die Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen gemäss Kapitel 5 bestätigt. Wieweit beispielsweise ein Pflicht-Regime

im Mischverkehr in den Siedlungsgebieten und auf kapazitätskritischen HVS und HLS-Strecken notwendig und realisierbar ist, bleibt zu analysieren und zu diskutieren. Das heutige signalgesteuerte Verkehrsmanagement mit Paketbildung der Fahrzeuge und Dosierungsanlagen, verbunden mit ÖV-Bevorzugung, entspricht bereits einem Vorläufer eines solchen «Pflichtsystems».

6.2 Verkehrliche Auswirkungen

Zahlreiche Parameter bezüglich Gestaltung von Angebot und Nachfrage führen je nach politischen Weichenstellungen zu sehr divergierenden verkehrlichen Ergebnissen. Besonders relevant ist beispielsweise, in welchem Umfang gesunkene Reisezeitkosten in zusätzliche Reiseweiten reinvestiert werden. Insbesondere interessiert, ab welcher Reiseweite resp. -dauer Nutzen durch andere Aktivitäten entstehen. In den Vertiefungsarbeiten sollen diese Parameter genauer untersucht und mit Experten diskutiert werden.

Ob es im Mischverkehr überhaupt zu einer Leistungssteigerung kommen kann erscheint aus heutiger Sicht fragwürdig. Während im geschlossenen System des HLS-Netzes mit gleichgerichtetem Verkehr und niveaufreien Anschlüssen die Automatisierung vergleichsweise einfach umsetzbar scheint und auch eine Leistungssteigerung dank optimierter und harmonisierter Fahrgeschwindigkeit und reduzierten Fahrzeugabständen denkbar ist, stellt das offene System der untergeordneten Strassennetze mit Mischverkehr viel höhere Anforderungen. Auf Ebene der Städte resp. Gemeinden und der Ebene der Kantone stellen sich entsprechend vielfältige Herausforderungen, die in den Vertiefungsarbeiten geklärt werden müssen.

In verschiedenen Schweizer Städten sind konzessionierte Transportunternehmen des ÖV mit Test- und Pilotprojekten an der Prüfung des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge. Kann der ÖV seinen Vorsprung nicht nutzen und werden die Rahmenbedingungen nicht effektiv gesetzt, so wird aus dem heutigen MIV ein teil- und später ein vollautomatisierter MIV ohne Effizienzsteigerung, aber verbunden mit einer unkontrollierten Verkehrszunahme. Eine hohe Marktdurchdringung vollautomatisierter Fahrzeuge im MIV bedeutet wohl verkehrliche Veränderungen, u.a. in Bezug auf die Fahrleistung, nicht zwingend jedoch eine grosse Effizienzsteigerung im Strassennetz.

Der beschriebene zeitliche Vorsprung der Anwendungen des automatisierten Fahrens im ÖV dürfte für die Kundenbindung von strategischer Bedeutung sein; damit werden die Vorteile des automatisierten Fahrens verbunden mit einem hohen Besetzungsgrad am besten genutzt. Dies dürfte sowohl den öffentlichen Interessen von Städten und Agglomerationen als auch der ländlichen Gebiete entgegenkommen und Nutzen bringen. Es ist aber ein aktives gemeinsames und koordiniertes Handeln der öffentlichen Hand, halbstaatlichen Unternehmen und der Privatwirtschaft gefragt.

6.3 Neue Mischformen zwischen ÖV und MIV

Das Nebeneinander verschiedener Verkehrsmittel nimmt insbesondere im Siedlungsgebiet zu: Es wird nicht mehr nur zwischen Fuss-, Velo-, öffentlichem und dem motorisierten Individualverkehr zu unterscheiden sein. Beim motorisierten Verkehr kommen Fahrzeuge mit verschiedenen Automatisie-

rungsgraden hinzu, deren Bedürfnisse und Vorschriften sich im Verkehrsraum unterscheiden. Neue Mischformen zwischen ÖV und MIV entstehen, woraus wiederum neue Entwicklungsperspektiven, Angebotsformen und Definitionen des MIV und des ÖV resultieren. Dieser Aspekt wird in Tabelle 10 detailliert betrachtet. Dies betrifft auch die künftige Rolle der öffentlichen Hand als Bestellerin des öffentlichen Verkehrs.

6.4 Steigende Ansprüche an die Infrastruktur

Die Anforderungen, welche die Entwicklung entlang der illustrierten Zustände an die Infrastruktur stellt, wurde am Beispiel des Netzbereichs «HLS/Autobahn» illustriert. In der Vertiefung ist zu klären, inwiefern sich die Anforderungen an städtische und ausserorts-Strassen ändern werden. Wie aufgezeigt sind die Herausforderungen im offenen System um ein Vielfaches komplexer, weswegen diese Fragen im Rahmen der Grundlagenphase noch nicht beantwortet werden konnten.

Nebst der verkehrstechnischen und städtebaulichen Integration des automatisierten Fahrens sind gleichzeitig auch die Leistungen der Telekommunikationsnetze auf die Anforderungen auszurichten (Zuteilungen von Frequenzbändern; Aufbau- resp. Ausbau der Senderinfrastrukturen). Die Spielräume in der Zuteilung von geeigneten und ausreichenden Frequenzbändern und die Zuverlässigkeit der Datenkommunikation sprechen für eine bottom-up Lösung Richtung kleiner Datenwolken der einzelnen Fahrzeuge, mit weitgehender Datenverarbeitung in den Fahrzeugen. Eine top-down Lösung mit zentral gesteuerten und grosse Gebiete abdeckenden Datenwolken ist weniger effizient und mit deutlich grösseren Risiken und Kosten verbunden. Eine rechtzeitige Weichenstellung ist im Hinblick auf die Zustände 4 bis 6 notwendig.

6.5 Testanordnungen, Pilotbetriebe und Zulassungen

Weitgehend undefiniert sind die notwendigen Testanordnungen für Fahrzeug- resp. die «System»-Zulassungen, aber auch für Test- und Pilotbetriebe auf HLS, im Siedlungsgebiet und auf HVS ausserorts. Weitere Tests sind nötig und sollten unter anderem folgende Themen adressieren: Sicherheitsanforderungen, welche die technischen Systeme in den Fahrzeugen und in deren Zusammenwirken im Rahmen von C2X erfüllen müssen um eine technische Zulassung zu erreichen, sowie die Prozesse entsprechender Nachweise.

Insgesamt sind zahlreiche Institutionen und Unternehmen auf verschiedenen Ebenen von den Entwicklungen betroffen und als Akteure angesprochen. Verschiedenen Technologie- und Infrastrukturanforderungen müssen gleichzeitig erfüllt sein, die Fahrzeug-Zulassung alleine genügt nicht. Auch die Datenübertragungsinfrastruktur muss verfügbar sein. Die Hersteller resp. Anbieter sind nicht nur technisch (beispielsweise bezüglich Standards) zu koordinieren. Zwischen den Akteuren sind auch Prozesse und Businessmodelle zu klären sowie Verträge zu schliessen. Die öffentliche Hand muss darin ihre Rolle erst noch finden.

Entwicklung von MIV, strassengebundenem ÖV und Mischbereich dazwischen

	Heute	Ausprägung	Entwicklung zu	Zustand 4/5/6	Kommentare	
MIV	Konventioneller MIV resp. Zustand 1: Eigenbesitz und Eigengebrauch	Haus-Haus resp. Quelle bis Ziel	>	Automatisierte PW Automatisierte Fahrzeuge weiter im Privatbesitz	Fahrzeug kommt in den Zuständen 5 und 6 zur Haustür, fährt selbst zum Zielparkplatz und ggf. zum nächsten Einsatz und dann zurück nach Hause, resp. beispielsweise in das Quartierparkhaus.	Sofern Leerfahrten für individuellen Besitz und Gebrauch toleriert werden. Je grösser die Toleranz desto mehr nimmt die Verkehrsleistung zu.
	Car-Sharing (beispielsweise «Mobility» als Erst- oder Zweitwagen, oder «sharoo»)	Haus-Haus resp. Quelle bis Ziel	>	Automatisierte Car-Sharing-Flotte Automatisierte Fahrzeuge als Flottenfahrzeug der Sharing-Organisation	weiterhin individuelle Einzelfahrten. Fahrzeug muss in den Zuständen 5 und 6 nicht selbst abgeholt werden, sondern kommt zur Haustür und fährt am Schluss zum nächsten Einsatz oder zur Homebase. Privatwirtschaftlich oder genossenschaftlich organisiert	Sofern Leerfahrten für car-Sharing-Anbieter toleriert werden. Bsp. MaaS von Fahrzeugherstellern Sharoo als Car-Sharing Organisation mit Mitgliedschaft mit eigenem automatisiertem Fahrzeug: auch private Leerfahrten denkbar (resp. ein Verbot privater Leerfahrten könnte umgangen werden)
	Konventionelles Taxi («on-demand» Angebot; auch als Etappe einer Reise, in Ergänzung zum ÖV)	Konzession mit: Transportpflicht Gepäckservice bis zur Haustür Wartetoleranz im Allg. keine Bündelung im Sammeltaxi-Betrieb	>	Automatisierte Sammel- und Verteil-Fahrzeuge Automatisierte Sammel- bzw. Verteilverkehr in Form eines Sammeltaxis resp. automatisierten Bussen «on-demand»	Konzessioniert als automatisierter «on-demand» PW resp. Bus: Perimeter offen, abh. allfällige Konzession Keine Haltestellen; Strassenkante «irgendwo» resp. vor dem Haus --> Strassenrand-Strassenrand statt Dienstleistungen Haustür-Haustür. Nicht integriert resp. integriert im Verbundtarifsystem und Fahrplanverbund	Entsprechend Simulationen mit Fahrzeugflotten-Modellen in international bekannten Studien Zulässige «Strassenkanten» für das Ein- und Aussteigenlassen wären zu definieren und ggf. zu markieren / signalisieren «Integration» im Zusammenhang mit Konzession abhängig vom Zwang zur «Ergänzung ÖV-System» Sofern Leerfahrten für konzessionierte Taxi-Dienste bewilligt werden. Kindersitze müssen durch Kunden gesetzt werden Gepäckumschlag sehr erschwert
Strassengebundener ÖV	Bedarfsverkehr / Rufbusse («on-demand»; eher ländliche Gebiete)	Konzessioniert als KTU mit: Perimeter Fixen Tarifen Fixen Haltestellen Integriert im Fahrplan- und Verbundtarifsystem	>	Automatisierter Rufbus «on-demand»	Konzessioniert als KTU, wie Spalte «Ausprägung» heute Allenfalls zusätzliche Haltepunkte ohne Chauffeur, ggf. aber mit Betreuungs- / Ansprechperson	Weiterführende Pläne der «automatischen Shuttle» Sion, Zug, Fribourg, Schaffhausen etc. Keine Kindersitze notwendig Gepäckumschlag ist immer Sache des Kunden/Fahrgastes
	Öffentliche Linienbusse Je nach Bündelung kleine oder grosse Gefässe: schwache Bündelung beispielsweise Quartierbusse, ländliche Gebiete, Randzeiten; starker Bündelung auf Hauptstrecken des ÖV-Netzes	Konzessioniert als KTU mit: fixer Fahrroute fixem Fahrplan fixen Tarifen fixen Haltestellen integriert im Fahrplan- und Verbundtarifsystem	>	Automatisierte Busse Je nach Bündelung kleine oder grosse Gefässe	Konzessioniert als KTU, wie Spalte «Ausprägung» heute ohne Chauffeur, ggf. aber mit Betreuungs- / Ansprechperson ggf. adaptive Haltekante bei Bedarf bei kleineren Gefässen	Beispiele «automatischer Shuttle» Sion, Zug, Fribourg, Schaffhausen etc. Keine Kindersitze notwendig Gepäckumschlag ist immer Sache des Kunden/Fahrgastes

Tabelle 10: Entwicklungsperspektiven, Angebotsformen und Definitionen des MIV und des ÖV mit zunehmender Automatisierung bzw. zunehmender Marktdurchdringung von autonomen Fahrzeugen

Prämisse: Es wird davon ausgegangen, dass im Strassenraum stets Mischverkehr besteht.

Lesehilfe: von oben nach unten: extreme Individualisierungsform (oben) bis ausgeprägte Bündelung im ÖV (unten)
von blau resp. grün zu grau: neue Angebotsformen zwischen MIV und ÖV (ÖV gemäss heutiger Definition)
horizontal: Generische Weiterentwicklung vom konventionellen zum automatisierte Fahrzeug

7. Ausblick

Gemäss Forschungskonzept im Anhang A1 sind für die Arbeitsphase B «Auswirkungsanalysen und Handlungsmöglichkeiten» folgende sechs Schwerpunktthemen als Vertiefungsthemen zur Bearbeitung vorgesehen:

- Modul 3a: Verkehrstechnik
- Modul 3b: Verkehrs- und Datensicherheit
- Modul 3c: Chancen und Herausforderungen im ÖV
- Modul 3d: Städte und Agglomerationen
- Modul 3e: Ressourcen, Umwelt, Klima
- Modul 3f: Güterverkehr / City-Logistik

Im Diskurs mit den beteiligten Projektpartnern werden die im Kapitel 6 genannten Vertiefungsfragen konkretisiert und ab November 2017 in einem der oben dargelegten Thema behandelt. Die Ergebnisse der einzelnen Vertiefungen werden in separaten Berichten, welche auf vorliegender Grundlagenstudie basieren, dokumentiert.

8. Glossar und Abkürzungsverzeichnis

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
ACC	«Adaptive Cruise Control» (Abstandsregeltempomat)
ADAS	«Advanced Driving Assistance Systems» (siehe FAS Fahrerassistenz-Systeme, Assistenz- und Warnsysteme):
ACC	<i>Adaptive Cruise Control</i> (Abstandsregeltempomat)
FCW	<i>Forward Collision Warning</i> (Kollisionswarnsystem)
LDW	<i>Lane Departure Warning</i> (Spurhaltewarnung)
LKA	<i>Lane Keeping Assistance</i> (Spurhalte-Assistenz)
SWA	Spurwechselassistent
aFn	automatisiertes Fahren (teilweise möglich ab Level 2)
aFz	automatisiertes Fahrzeug (gilt ab Level 2)
AMoD	«automated Mobility-on-Demand» (vergleichbar / siehe MaaS)
Anwendungsfall	räumlich bzw. bzgl. Strassennetz definierter Einsatzbereich für vollautomatisiertes Fahren, ggf. auch durch zeitliche Limitierung definiert oder auf einzelne Nutzergruppen beschränkt.
AR	«Augmented Reality» (erweiterter Realität). - Anwendungen im Automobilbau: Bild- und Textprojektionen in die Windschutzscheibe
ATO	«Automatic Train Operation» («Automatische Zugsteuerung»)
ATP	«Automatic Train Protection» («Automatische Zugsicherung»)
automatisch	(1) (von technischen Geräten) mit einer Automatik ausgestattet; durch Selbststeuerung oder -regelung erfolgend. (2) unwillkürlich, zwangsläufig; von selbst erfolgend (Wikipedia)
automatisiert	Synonyme zu «automatisch»; gedankenlos, gewohnheitsmäßig, instinktiv, mechanisch, schematisch, stereotyp, unbeabsichtigt, unbewusst, unwillkürlich, zwangsläufig, zwangsweise; selbstgesteuert, selbsttätig, spontan, unaufgefordert, von selbst, von sich aus (Wikipedia)
autonom	(Duden) (1) (bildungssprachlich) verwaltungsmäßig selbstständig, unabhängig (2) (bildungssprachlich) unabhängig, eigenständig; (3) (Politik) zu den Autonomen gehörend, von ihnen ausgehend o. Ä. (Wikipedia) Als «Autonome» (altgriechisch: <i>αὐτονομία</i> , <i>autonomía</i> , «Unabhängigkeit, Selbstständigkeit») oder «autonome Gruppen» werden heute Mitglieder bestimmter linksradikaler unorthodox-marxistischer beziehungsweise anarchistischer Bewegungen bezeichnet
AV	«Autonomous Vehicles» (Autonomes Fahrzeug)
ASTRA	Bundesamt für Strassen (Schweiz)

BASt	Bundesanstalt für Strassenwesen (Deutschland)
car-sharing	das Auto wird in Serie von verschiedenen Personen genutzt (zur Abgrenzung vgl.: «pooling», resp. «ride-sharing»)
CAV	«Connected and Autonomous Vehicles» (verwendet von House of Lords in GB)
C-ITS	«Cooperative, connected and automated mobility» (EU-Commission: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en)
C-V2X	«Cellular Vehicle-to-anything communication»
C2C	«Car-to-car communication» (Kommunikation zwischen Fahrzeugen)
C2I	«Car-to-infrastructure communication» (Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturen)
C2X	«Car-to-car and car-to-infrastructure communication» (Kommunikation zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturen)
DTO	«Driverless Train Operation» (Fahrerloser Zugbetrieb)
ECE	«Economic Commission for Europe»
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen (auch Eisenbahninfrastrukturbetreiber)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
fahrerlos	ohne eine Person im Fahrzeug, die eine Fahrfunktion wahrnehmen muss («driverless»)
FAS	Fahrer-Assistenz-Systeme (auch: FAST; siehe ADAS)
Fz	Fahrzeug
Fzkm	Fahrzeugkilometer (Verkehrsleistung)
G	(1G bis 5G): Generation der Kommunikationstechnologie (heute Übergang von 3G zu 4G)
5GAA	<i>5G Automotive Association</i> . - Gemeinsame Gründung grosser Automobil- und Telekommunikationsunternehmen im 2016. Zusammen wollen Audi, BMW, Daimler, Ericsson, Huawei, Intel, Nokia und Qualcomm neue Kommunikationslösungen entwickeln, testen und fördern. Damit sollen vor allem die Themen autonomes Fahren, intelligente Verkehrslösungen und die Smart City forciert werden. Ein besonderer Fokus liegt auf Standardisierungs- und Zertifizierungsprozessen.
GPS	«Global Positioning System»
HPC	«Highway Pilot Connect» (siehe «Platooning»)
IoT	«Internet of Things»
KEP-Segment	Kurier, Express und Paket (McKinsey 2016)
Konvoi	(im Verkehrswesen) ein Verband von Schiffen oder Landfahrzeugen, die eine gemeinsame Reise durchführen. Synonyme oder spezielle Formen des Fahrzeugkonvois sind

	Geleitzug, Kolonne (Militär), Lastwagen-Verband (siehe auch «platooning») – (Auszug aus Wikipedia, 14.02.17)
KTU	Konzessionierte Transportunternehmungen (des öffentlichen Verkehrs)
LCV	«Light Commercial Vehicles» (Lieferwagen) (McKinsey 2016)
Level 0 bis 5	Automatisierungsgrad mit den Stufen 0 bis 5 (verschiedene Quellen)
LOHAS	«Lifestyles of Health and Sustainability» (Personen, die einen Lebensstil pflegen, der von Gesundheitsbewusstsein und -vorsorge sowie der Ausrichtung nach Prinzipien der Nachhaltigkeit geprägt ist. Im Marketing handelt es sich um einen entsprechenden Konsumententyp. – Quelle: Wikipedia)
MaaS	«Mobility as a Service», auch: «Transportation-as-a-Service» TaaS (Integrale Mobilitätsdienstleistungen): shift away from personally owned modes of transportation and towards mobility solutions that are consumed as a service. This is enabled by combining transportation services from public and private transportation providers through a unified gateway that creates and manages the trip, which users can pay for with a single account.
NHTSA	«National Highway Traffic Safety Administration» (USA)
ODD	«Operating Design Domain» (Hallauer Thomas et al., 2017)
OEM	«Original Equipment Manufacturer» (Erstausrüster, Originalausrüstungshersteller): Hersteller von Komponenten oder Produkten, der diese in seinen eigenen Fabriken produziert, sie aber nicht selbst in den Einzelhandel bringt
OSM	Open Street Map, Projekt zur Sammlung, Strukturierung und Nutzung von frei nutzbaren Geodaten
Pkm	Personenkilometer (Verkehrsleistung)
platooning	ein in der Entwicklung befindliches System für den Straßenverkehr, bei dem mehrere oder sogar viele Fahrzeuge mit Hilfe eines technischen Steuerungssystems in sehr geringem Abstand hintereinanderfahren können, ohne dass die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird (Wikipedia; 13.02.17)
pooling	(siehe: «ride-sharing»)
POST/DfT	«Parliamentary Office of Science & Technology» (Grossbritannien)
RAS	«Robotics and Autonomous Systems» (verwendet v. House of Lords in GB)
RBL	Rechnergestütztes Betriebsleitsystem
ride-sharing	mehrere Personen reisen gleichzeitig im selben Fahrzeug, wobei nicht alle dieselbe Quelle und / oder Ziel haben (auch: «pooling», «lift-sharing» and «covoiturage»)

RDS	«Radio Data System» (Verkehrsmeldungen über das Radio); vgl. TMC
SAE	«Society of Automotive Engineers» (Internationaler Verband der Automobilingenieure).
SAV	«shared autonomous vehicles» (OECD, 2015)
Sharing	(siehe: «car-sharing», «ride-sharing»)
SVV	Sammel-/Verteilverkehr Zukünftige Verkehrsformen im Übergangsbereich von MIV und ÖV auf Basis von vollautomatisierten Fahrzeugen (z.B. vollautomatisierte Sammeltaxis). Diese stellen ein kombiniertes Sharing und Pooling dar. Sie kommen ohne Fahrer aus und optimieren ihren Betrieb anhand der Anmeldungen der Nutzer.
SW	«Software» (des «System» zum automatisierten Fahren)
TMC	«Traffic Message Channel» (Radio-Verkehrsinformationskanal); vgl. RDS
UITP	«Union Internationale des Transports Publics». Internationale Vereinigung des öffentlichen Verkehrs
UTO	«Unattended Train Operation» (Unbemannter Zugbetrieb)
vaFz	Vollautomatisiertes Fahrzeug, ab Level 4
VM (VM4.0)	Verkehrsmanagement. - VM4.0: visionär angedachtes hochautomatisiertes VM-System, beispielsweise in Städten, zur effizienten Steuerung des motorisierten Strassenverkehrs unter Berücksichtigung von C2I/C2X und von hohen Anteilen aFz («Roboter-System»), aber auch des urbanen öffentlichen und Langsamverkehrs (eigene Umschreibung); (breites Ausnützen der Platooning-Idee, mit oder ohne Fahrer/Personen in den Fahrzeugen)
VU	Verkehrsunternehmen (Deutschland; vgl. KTU in der Schweiz)

9. Quellenverzeichnis

- ARE. (2016). *Bundesamt für Raumentwicklung, Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040*. Von www.are.admin.ch abgerufen
- ASTRA 2015/004. (2017). *Automatisiertes Fahren, Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- ASTRA. (21. 12. 2016). *Automatisiertes Fahren - Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- ASTRA. (2017). *Vielfältige Chancen dank vernetzten und automatisierten Fahrzeugen. Strassen und Verkehr 2017*.
- BAV. (2016). *Eisenbahnverordnung*. Bern: BAV.
- BFS. (2017). *Bundesamt für Statistik, Verkehrsleistungen und Fahrzeugbewegungen/Fahrleistungen im Personenverkehr 2005-2015*. Von www.bfs.admin.ch abgerufen
- BFS/ARE. (2017). *Verkehrsverhalten der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015*.
- BMVI. (2017). *Ethik-Kommission - Automatisiertes und vernetztes Fahren*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Bösch et al. (2017). *Cost-based Analysis of Autonomous Mobility Services*. IVT ETH Zürich.
- Boudette, N. E. (06. 06. 2016). *5 Things That Give Self-Driving Cars Headaches*. Von The New York Times: https://www.nytimes.com/interactive/2016/06/06/automobiles/autonomous-cars-problems.html?_r=0 abgerufen
- DIN V 19233. (o.J.). Deutsches Institut für Normung e. V. *Leittechnik – Prozessautomatisierung – Automatisierung mit Prozessrechnersystemen, Begriffe*.
- EBP/swissfuture. (2013). *Wertewandel in der Schweiz 2030, Vertiefungsstudie: Mobilität 2030/2050*. Luzern: swissfuture - Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung / BaslerFonds.
- European Union Funding for Research & Innovation. (2017). *Shift2Rail*. Von <https://shift2rail.org/> abgerufen
- Fagnant/Kockelman. (2014). *The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. Transportation Research Part C: Emerging Technologies*.
- Hallauer Thomas et al. (03. 2017). *The Autonomous Vehicle Global Study. A perfect storm ready to wipe out risk*. PTOLEMUS Consulting Group.

- Hochstrasser, M. (04. 2015). Auto ohne Fahrer. *Aktuelle Juristische Praxis (AJP)*.
- Kemmner, S. (07. 06. 2017). *Dieser autonome Zug braucht keine Schienen*. Von Handelszeitung: <http://www.handelszeitung.ch/unternehmen/dieser-autonome-zug-braucht-keine-schienen-1418308> abgerufen
- LZ. (07. 03. 2017). *Luzerner Zeitung*. Von Selbstfahrender Bus: «Olli» kurvt bald ohne Chauffeur durch Zug: <http://www.luzernerzeitung.ch/nachrichten/zentralschweiz/zug/Bald-gibt-es-auch-in-Zug-selbstfahrende-Pendlerbusse;art93,982739> abgerufen
- Maurer et al. (2015). *Autonomes Fahren*. Berlin: Springer.
- Maurer, M., Gerdes, J., Lenz, B., & Winnter, H. (2015). *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer Verlag.
- Meyer et al. (2016). *Impact of Autonomous Vehicles on the Accessibility in Switzerland*. IVT ETH Zürich.
- Mouio, D. (25. 08 2016). *6 scenarios self-driving cars still can't handle* . Von Budiness Insider: <http://nordic.businessinsider.com/autonomous-car-limitations-2016-8/> abgerufen
- NZZ. (05. 07. 2017). *Neue Zürcher Zeitung*. Von Mit einem fahrerlosen Linienbus zum Rheinfl: <https://www.nzz.ch/zuerich/autonomerverkehr-fahrerloser-linienbus-zum-rheinfl-id.1304382> abgerufen
- OECD/ITF. (2016). *Shared Mobility, Innovation for Liveable Cities, Corporate Partnership Board Report*.
- Oliver Wyman. (2016). *Mobility 2040, Staying ahead of disruption*. Rebekah E. Bartlett.
- PostAuto. (25. 07. 2017). *PostAuto Schweiz AG*. Von Die Mobilität der Zukunft gestalten: <https://www.postauto.ch/de/smartshuttle> abgerufen
- Prognos. (2016). *Gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr bis 2040*. Bern: im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung.
- Roland Berger. (2016). *THINK ACT - A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem*.
- Rüffer, M. (03. 2017). Perspektive autonomes Fahre im schienengebundenen ÖV. *Deine Bahn*.
- Saner, R. (22. 03. 2017). *Freiburger Nachrichten*. Von Autonomer Shuttlebus bedient letzte Meile zum MIC in Marly: <http://freiburger-nachrichten.ch/grossfreiburg/autonomer-shuttlebus-bedient-letzte-meile-zum-mic-marly> abgerufen
- Schindler, C. (23. 06. 2017). Automatisierung der Strassenbahn - Sachstand und Ausblick. 2. *VDV-Zukunftskongress*. Berlin.

- SECO. (2017). *Bericht über die zentralen Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Shepardson, D., & Lienert, P. (10. 02. 2016). *Exclusive: In boost to self-driving cars, U.S. tells Google computers can qualify as drivers*. Von Reuters: <http://www.reuters.com/article/us-alphabet-autos-selfdriving-exclusive-idUSKCN0VJ00H?feedType=RSS&feedName=technologyNews> abgerufen
- Siemens. (14. 09. 2016). *Automatisiertes Fahren auf der Schiene*. Von <https://www.siemens.com/customer-magazine/de/home/mobilitaet/innotrans/automatisiertes-fahren-auf-der-schiene.html> abgerufen
- SOB. (15. 06. 2017). *Südostbahn*. Von SOB treibt automatisches Fahren voran: <https://www.sob.ch/medienmitteilung/news/2017/6/15/sob-treibt-automatisches-fahren-voran.html> abgerufen
- Stadt Bern. (2017). *Legislaturrichtlinien 2017-2020*. Bern: Erlacherhof.
- SVG. (01. 10. 2016). *Strassenverkehrsgesetz. Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft*. Bern.
- Swissfuture. (2011). *Wertewandel in der Schweiz 2030*. Luzern: swissfuture - Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung.
- Theis, D. (28. 10. 2015). *Automatisches Einparkieren ist illegal*. Von SRF: <http://www.srf.ch/newsapp-api/article/4.8/8293021> abgerufen
- Valda, A. (27. 07. 2017). *Bahnfirmen tüfteln gemeinsam an selbstfahrenden Zügen*. *Tages-Anzeiger*.

10. Weiterführende Literatur

Die im folgenden aufgeführte Literatur ist ein Auszug aus der projektspezifischen Quellen-Datenbank «Zotero» enthalten.

BCG. „Will Autonomous Vehicles Derail Trains?“ Boston Consulting Group, September 2016.

BMVI „Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren“. Die Bundesregierung, BMVI, September 2015.

„Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). Research Theme Analysis Report“. European Commission, Transport Research & Innovation Portal, Juni 2016.

„Die Stadt für Morgen. Umweltschonend mobil - lärmarm – grün -kompakt - durchmischt.“ Umweltbundesamt Deutschland UBA, März 2017.

Dirk Heinrichs, und Rita Cyganski. „Automated Driving – How It Could Enter Our Cities and How This Might Affect Our Mobility Decisions“. German Aerospace Centre, Institute of Transport Research, 2015.

EBP, 2016: Trend-Report (Version Dezember 2016); BaslerFonds / EBP, Arbeitsgruppe Zukunftsforschung

EC „Urban Mobility. Research Theme Analysis Report“. European Commission, Communication Transport Research and Innovation, 2016.

„Federal Automated Vehicles Policy. Accelerating the next Revolution In Roadway Safety“. US Department of Transportation, NHTSA, September 2016.

Foljanty, L. et al. „Sharing: Nische oder Massenmarkt? – Ergebnisse der Studie «ShareWay»“. Internationales Verkehrswesen, Januar 2017.

Frerk Froböse, und Martina Kühne. „Mobilität 2025. Unterwegs in der Zukunft“. GDI im Auftrag der SBB, 2013.

Goodall Warwick, Fishman Tiffany, Dixon Simon, und Perricos Costi. „Transport in the Digital Age. Disruptive Trends for Smart Mobility“. Deloitte, März 2015.

Goulding Lynne, und Morrell Marcus et al. „Future of Highways“. ARUP Foresight + Research + Innovation, London, 2014.

Herbie Schmidt. „Elektronik wird moralische Fragen nicht beantworten. Interview mit Renata Jugo Brüngger, Daimler“. NZZ, 4. März 2016.

International Transport Forum (ITF), und Corporate Partnership Board (CPB). „Urban Mobility Upgrade. How Shared Self-Driving Cars Could Change City Traffic“. OECD, 2015.

its-ch: Kapazität und Leistung versus Umwelt und Klima. Wirkungen des Einsatzes automatischer Fahrzeuge im Sinne einer Nachhaltigen Mobilität. 31. Mai 2016 (2016-1)

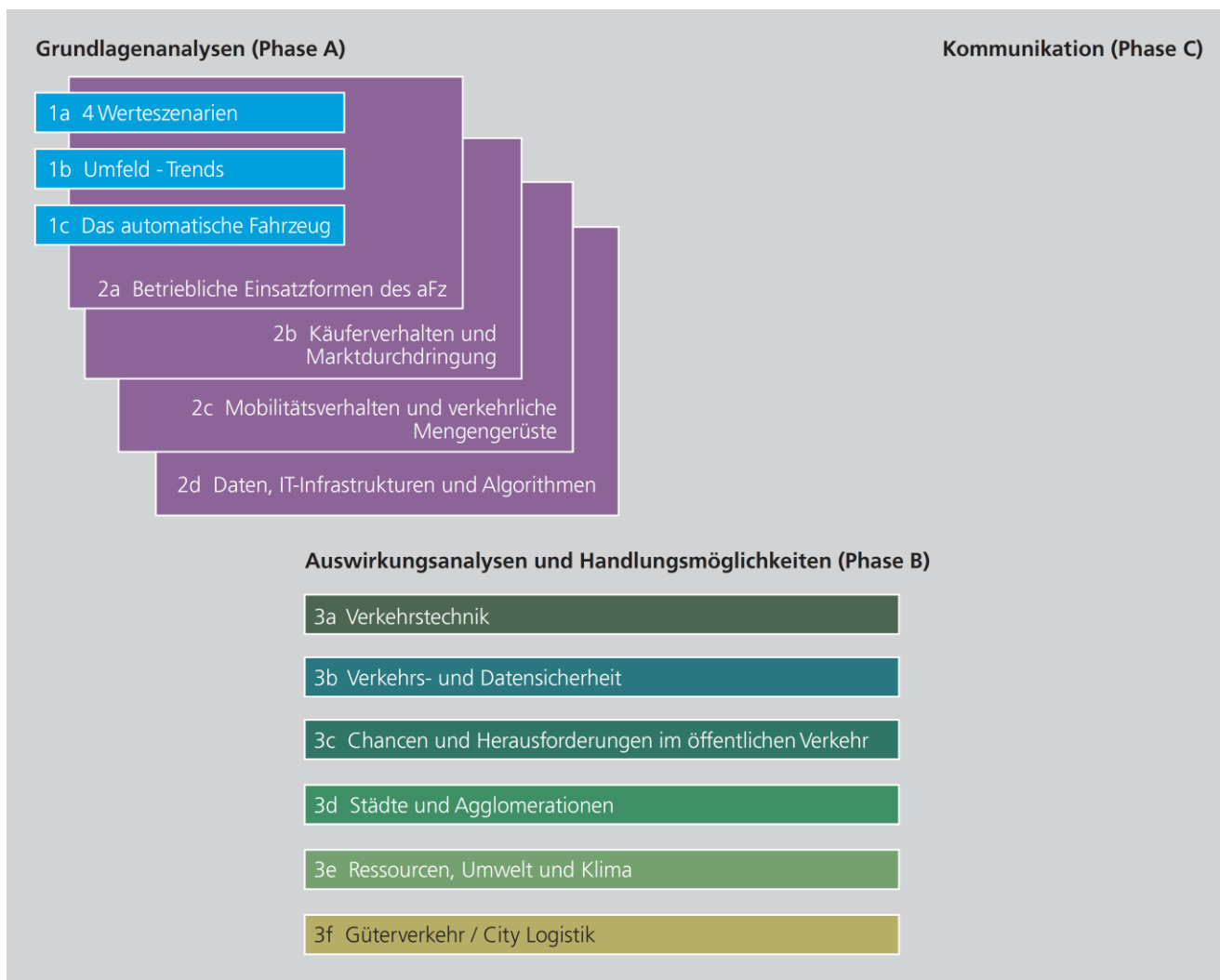
Kässer Matthias, et al. „Delivering Change. Die Transformation des Nutzfahrzeugsektors bis 2025“. McKinsey & Company, September 2016.

- Kossak, Andreas. „Chancen und Grenzen des Carsharing. Lenkungsrichtung realistisch einordnen“, 21. Dezember 2016.
- Kühn, Wolfgang. „Verkehrsinfrastruktur und hochautomatisiertes Fahren. Digitale Strassendaten als Vorwissen für hochautomatisierte Fahrzeuge“. Internationales Verkehrswesen, Januar 2017.
- Lawrence D. Burns, William C. Jordan, und Bonnie A. Scarborough. „Transforming Personal Mobility“. The Earth Institute, Columbia University, 27. Januar 2013.
- Marc Winterhoff et al. „Zukunft der Mobilität 2020. Die Automobilindustrie im Umbruch“. ArthurDLittle, 2009.
- Members of the Science and Technology Select Committee and Committee staff. „Connected and Autonomous Vehicles: The Future?“ House of Lords, Science and Technology Select Committee, 15. März 2017.
- P.M. Bösch, F. Becker, H. Becker, und K.W. Axhausen. „Cost-Based Analysis of Autonomous Mobility Services. Working Paper, 1225“. Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich, Zurich, Januar 2017.
- Prepared by the Shared-Use Mobility Center. „Shared Mobility and the Transformation of Public Transit. Research Analysis“. American Public Transport Association APTA, März 2016.
- Prof. Dr. Anja Schulze. „Roadmap zum Auto der Zukunft: Die Automobil (Zuliefer)Industrie in der Schweiz“. TagesAnzeiger GDI Forum, 24. November 2015.
- Robert Missen et al. „Transport Security“. European Commission, Communicating Transport Research and Innovation, 2017.
- Schade Wolfgang, et. al, Peters Anja, Doll Claus, Klug Stefan, Köhler Jonathan, und Kraul Michael. „VIVER Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland (Working Paper Sustainability and Innovation No. S 3/2011)“. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Geschäftsfeld Verkehrssysteme, Januar 2011.
- Siemens „Voller Datendrang. Wie die moderne Informationstechnologie den Strassenverkehr optimiert“. Siemens, Januar 2014.
- Taede Tillema et al. „Driver at the Wheel? Self-Driving Vehicles and the Traffic and Transport Systems of the Future“. MIE Ministry of Infrastructure and the Environment, KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis, Oktober 2015.
- UITP. „Policy Brief. Autonomous Vehicles: A Potential Game Changer for Urban Mobility“. UITP International Association of Public Transport, Januar 2017.
- Ulrich Weidmann (ETHZ), und Wolfgang Stölzle (USG) et al. „Vision Mobilität Schweiz 2050“. ETHZ IVT und LOG-Universität St.Gallen (Lehrstuhl für Logistikmanagement), Oktober 2015.
- Viereckl Richard, Ahlemann Dietmar, Koster Alex, und Jursch Sebastian. „Racing Ahead with Autonomous Cars and Digital Innovation. Connected Car Study 2015“. Pwc Strategy&, 2015.

Wadud, Zia, Don MacKenzie, und Paul Leiby. „Help or Hindrance. The Travel, Energy and Carbon Impacts of Highly Automated Vehicles_“. Elsevier Ltd., 2016.

Wadud, Zia, und Greg Marsden. „Self-Driving Cars. Will They Reduce Energy Use?“ University of Leeds; Energy Leeds, 2016.

A1 Forschungskonzept



A2 Trends

A2.1 Trend-Report EBP

Seit rund zehn Jahren stellt EBP in einem interdisziplinären Prozess mit Fachleuten aus dem gesamten Unternehmen periodisch die aktuellen Entwicklungen zusammen. Die Themen und ihre Trends werden jeweils im EBP-Trend-Report zusammengefasst (vgl. Weiterführende Literatur auf Seite 71: EBP, 2016: Trend-Report (Version Dezember 2016); BaslerFonds / EBP, Arbeitsgruppe Zukunftsforschung). Dieser wurde 2016 aktualisiert. Er umfasst 49 Zukunftstrends in den Bereichen Gesellschaft und Individuum, Wirtschaft und Unternehmen, Technologie und Innovation, Politik und Recht sowie Umwelt, Natur und Raum. Die Trends dienen der Untersuchung von Chancen und Herausforderungen in spezifischen Fachthemen sowie bei Strategiefindungsprozessen, die sich zu einem ausgesuchten Thema oder auch für eine Institution ergeben.

A2.2 Identifikation relevanter Umfeld-Trends

In einem ersten Schritt wurden durch das Bearbeitungsteam von EBP aufgrund der Literatur die für automatisierte Fahrzeuge resp. für automatisiertes Fahren relevanten Trends bezeichnet. Für jeden dieser Trends wurde beurteilt, welche Wirkungsebenen beeinflusst werden. Dabei wurden folgende drei Wirkungsebenen unterschieden:

- Individuum: Das Individuum als potenzieller Nutzer des automatisierten Fahrzeugs wird durch bestimmte Trends in seinem Wollen beeinflusst.
- Staat: Trends können staatliches Handeln bewirken, wobei der Staat über Bewilligungen oder Zulassungen die Anwendung neuer Technologien ermöglichen kann (Dürfen) resp. durch Vorgaben eine bestimmte Ausgestaltung und durch Vorschriften ein bestimmtes Verhalten fordern kann (Sollen).
- Wirtschaft: Die Hersteller automatisierter Fahrzeuge und Anbieter von Mobilitätsleistungen nutzen bestimmte Trends, um ihre Chancen im Markt zu verbessern; sie bieten entsprechende Produkte und Dienste an (Können)

Der Vorschlag des EBP-Teams wurde im zweiten Schritt mit der Begleitgruppe der Studie diskutiert und ergänzt. Die Ergebnisse dieser Diskussion sowie die wesentlichen Argumente für die Beurteilung sind im Folgenden dargelegt.

A2.3 Ergebnisse der Trendanalyse

Die überwiegende Mehrheit der als relevant identifizierten Trends zeitigen Wirkungen, die das automatisierte Fahrzeug resp. das automatisierte Fahren fördern, oder gar stark treibend wirken (siehe grün resp. dunkelgrün markierte Felder den Trendmatrizen). Insbesondere auf der Wirkungsebene Wirtschaft werden fast ausschliesslich treibende Faktoren erkannt. Nur der Trend «Datenschutz, Privatsphäre» wirkt hemmend.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch insgesamt nur 10% der Trends hemmend bis stark hemmend wirken (fünf rot markierte Felder von total 50 Feldern). Sie betreffen auf allen drei Wirkungsebenen die soziale Sicherheit und den Datenschutz (Privatsphäre) sowie zusätzlich auf der staatlichen Ebene die Rechtssetzung.

Unsichere Wirkungsrichtungen, resp. solche, die stark wertabhängig sind (+-), zeigen sich insbesondere auf der staatlichen Ebene. Sechs der erfassten Trends wirken je nach Werthaltung der Gesellschaft hemmend oder treibend. Es sind dies die blau markierten Felder:

- der gesellschaftliche Trend «Mobilität»
- die Trends in Politik und Recht nach «Governance» und nach «Ethik»
- die Umwelt-Trends «nachhaltiger Energieeinsatz», «Regulierung des Klimawandels» und «geordnete Raumentwicklung»

A2.4 Gesellschaft & Individuum

Themengebiete	Umfeld-Trends (in Diskussion aktualisierte Einschätzung)	Individuum	Staat	Markt
		Wollen	Dürfen/Sollen	Können
Gesellschaft & Individuum	G3 Demografie	++	++	++
	G5 Wertewandel und Lebensstile	+	+	++
	G9 Soziale Sicherheit	-	+	+
	Zunehmende Sicherheitsbedürfnisse	++	++	++
	G10 Mobilität	++	+-	++
	G13 Kommunikation	++	++	++
	G14 Datenschutz, Privatsphäre	-	-	-

G3 Demografie

- Immer mehr (ältere) Personen mit zunehmendem Mobilitätsanspruch profitieren vom automatisierten Fahren
- Markt punktet über mehr Komfort beim Fahren.
- Senioren sind die Generation, die über die Akzeptanz entscheidet: sie haben Geld und politisches Gewicht.

G5 Wertewandel und Lebensstile

- Ist Gesellschaft bereit für den Umstieg? Nicht jeder möchte in Zukunft automatisiert Fahren. Stichwort «Freude am Fahren» bzw. «Freude am *selbst* Fahren».
- Städtische, junge Bevölkerung als Treiber für Shared-Mobility, Bsp. Uber. Perspektive am Markt für urbane automatisierte Mobilität.
- Man kann in automatisierten Fahrzeugen online bleiben (social media, media, Telefonie, Arbeiten...)

G9 Soziale Sicherheit

- Individuen können Arbeitsplatzverluste befürchten, weil z.B. Busfahrer ihren Job verlieren könnten. Solidarität der Gesellschaft mit diesen möglichen Schicksalen; deshalb (-).
- Staat kann im ÖV auch Interesse haben, Personalkosten zu sparen; deshalb (+).
- Der Markt profitiert vom und fördert deshalb das automatisierte Fahren z.B. ohne Busfahrer; deshalb (+)

Zunehmende Sicherheitsbedürfnisse

- Keine Kommentare. Die bestehende Bewertung von EBP ist passend.

G10 Mobilität

- Die Bewertung von EBP ist stimmig.

G13 Kommunikation (neu)

- Die Nachfrage nach einer uneingeschränkten, lückenlosen Kommunikationsmöglichkeit nimmt in allen Altersgruppen zu.
- Auch im Alter bleibt man mobil, um Bekannte zu besuchen und zu kommunizieren.
- Aus beruflicher Perspektive kann man durch die uneingeschränkte Kommunikation im selbstfahrenden Fahrzeug arbeiten.
- Der Staat profitiert von mehr Effizienz und Umsatz.
- Der Markt wetteifert um die besten Kommunikationsplattformen und -angebote.

G14 Datenschutz, Privatsphäre

- Es besteht ein gewisses Paradoxon: Zum einen werden bereits unendlich viele Daten gesammelt, auf der anderen Seite ist davon auszugehen, dass die Möglichkeit der Datenerhebung im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren zu Vorbehalten in der Bevölkerung führt und auch der Staat durch entsprechende Datenschutzgesetze die Entwicklung hemmt.
- Auch der Markt / die Industrie hat durch Datenschutzvorgaben grösseren Aufwand. Auch hier wird die Entwicklung gebremst. Deshalb ebenfalls mit (-) zu bewerten.

A2.5 Wirtschaft & Unternehmen

Themengebiete	Umfeld-Trends (in Diskussion aktualisierte Einschätzung)	Individuum	Staat	Markt
		Wollen	Dürfen/Sollen	Können
Wirtschaft & Unternehmen	W1 Globale Wirtschaft	0	+	++
	W2 Schweizer Wirtschaft	0	+	+
	W3 Digitale Wissensgesellschaft	+	+	+

W1 Globale Wirtschaft

- Vorschlag EBP für gut befunden

W2 Schweizer Wirtschaft

- Verknüpfung des automatisierten Fahrens mit neuen Dienstleistungen
- Neue Chancen für IT- und Transportunternehmen, auch in der Schweiz (auch ++ bei Markt möglich)
- Staat schafft gute Randbedingungen für den Markt, ist also auch einzubeziehen
- Fahrzeugbau ist beim Individualverkehr vernachlässigbar, aber im ÖV doch relevant (Bsp. StadlerRail)

W3 Digitale Wissensgesellschaft (neu)

- Digitalisierung schafft neue Marktmöglichkeiten (Apps, Datenplattformen)
- «Uber-Prinzip»: vom materiellen Gut zur immateriellen Dienstleistung. Ist aber vor allem eine Kostenfrage für den Nutzer (Bsp. Taxi oder Uber nehmen)
- Staat schafft wiederum Randbedingungen
- Individuum lässt sich begeistern, zum Beispiel: PostAuto Sion und Flughafen Dock E erhielten sehr gute Rückmeldungen

W5 Arbeitsmarkt

- Frage im Zentrum: Wie geschieht die Anpassung an die Digitalisierung im Arbeitsmarkt? Wie sieht das Arbeitszeitmodell aus?
- In der Schweiz ist viel Knowhow vorhanden, Unternehmen und Bildungsinstitutionen «befruchten» sich gegenseitig. Dies stellt ein grosses Potenzial für die Exportwirtschaft dar.
- Dieser Trend könnte zusätzlich aufgenommen werden, kann aber auch in W3 integriert werden

W7 Konsum

- Kosten der Transportleistung stehen mit dem automatisierten Fahren im Zentrum (werden vermutlich abnehmen)
- Fahrzeugmassenmarkt wird sich verändern, weniger Fahrzeuge werden benötigt
- Trend könnte aufgenommen werden, Wirkungen sind aber vermutlich bereits mit anderen Trends abgedeckt (evtl. G10 Mobilität, Nutzung der Angebote)

A2.6 Technologie & Innovation

Themengebiete	Umfeld-Trends (in Diskussion aktualisierte Einschätzung)	Individuum	Staat	Markt
		Wollen	Dürfen/Sollen	Können
Technologie & Innovation	T2 Innovationsdynamik	+-	+	++
	T3 Informations- und Kommunikationstechnik	+	+	++
	T4 Bauen	0	+	+-
	T6 Künstliche Intelligenz	+	+	++

T2 Innovationsdynamik

— Die Einstufung von EBP passt.

T3 Informations- und Kommunikationstechnik

— Das Individuum stellt durch seinen Kommunikationsanspruch einen weiteren positiven Treiber dar, auch für die technische Entwicklung von Kommunikationsmöglichkeiten während der Fahrt.

T4 Bauen (neu)

- Hier haben vor allem bauliche Anpassungen der Infrastruktur Relevanz.
- Dies kann in beide Richtungen gehen: Ausbau im Sinne einer Erweiterung des Strassennetzes mit für automatisierten Fahrzeugen geeigneter Strassenraumgestaltung; aber auch in Richtung Rückbau, weil automatisierte Fahrzeuge weniger Platz und Informationen brauchen als konventionell gesteuerte Fahrzeuge.
- Ein Impact des Individuums liegt dabei nicht vor. Aber Staat und Markt werden diesen Trend positiv beeinflussen.
- Der Einfluss des Marktes kann als kurzfristig positiv eingeschätzt werden (im Sinne des Umbaus, der Adaption an die neue Technik). Langfristig werden aber durch die neue Technik auch bisherige bauliche Massnahmen hinfällig, was für einen negativen Trend von Seiten Markt führen kann.

T6 Künstliche Intelligenz

- Der Einfluss des Individuums auf die technische Entwicklung von künstlicher Intelligenz kann positiv aber auch negativ sein.
- Der Staat hingegen wird die Weiterentwicklung der künstlichen Intelligenz befürworten, weil sie zentraler Bestandteil der Funktionssteuerung des automatisierten Fahrens ist und technologischen Fortschritt bedeutet.
- Stark beeinflusst wird die technische Entwicklung der künstlichen Intelligenz durch den Wettbewerb zwischen den unterschiedlichen Akteuren/Anbietern auf dem Markt. Wer den besten Algorithmus hat, verkauft die meisten Bordcomputer oder Fahrzeuge.

A2.7 Politik & Recht

Themengebiete	Umfeld-Trends (in Diskussion aktualisierte Einschätzung)	Individuum	Staat	Markt
		Wollen	Dürfen/Sollen	Können
Politik & Recht	P1 Öffentliche Finanzen		<i>noch zu definieren</i>	
	P2 Governance		<i>noch zu definieren</i>	
	P3 Rechtsentwicklung (Rechtssetzung)		--	
	P9 Ethik		<i>noch zu definieren</i>	
	P10 Nachhaltigkeit als Politikkonzept		0	

P1 Öffentliche Finanzen (neu)

- Kostensenkungen im ÖV möglich durch Entfall von Personalkosten
- Druck bei Strasseninfrastrukturfinanzierung, Vorteile durch Einsparungen
- Zurückgehende Unfallkosten, gesellschaftliche Vorteile

P2 Governance (neu)

- Wie wird der Markt organisiert? Wie werden die Aufgaben auf Staat und Private verteilt?
- Staatliche Interventionen sind nötig (Regulationswillen), Markt/Unternehmen müssen gebremst werden
- Kannibalisierung im Verkehr: Staat finanziert ÖV, was lässt er zu?

P3 Rechtsentwicklung (Rechtssetzung)

- Gesetzliche Entwicklungen sind sehr langsame Prozesse und hemmen die Entwicklung (--)
- Viele Anwendungen sind technisch möglich, aber rechtlich nicht zugelassen
- Bei einigen Anwendungen werden EU-Entscheide abgewartet, damit die CH nachziehen kann
- Marktseitige Druck auf Gesetzgebung vorhanden, technologische Entwicklung schneller als gesetzlicher Rahmen

P4 Internationale Vernetzung (neu)

- Einige Abhängigkeiten beim automatisierten Fahren vorhanden, vernetzte Unternehmen

P9 Ethik (neu)

- Zahlreiche ethische Fragen müssen diskutiert werden (Entscheidungssituationen, Algorithmen)
- Gesellschaftliche Frage: Was und wie weit soll rationalisiert werden?
- Wie werden Arbeitsplätze, die wegen der Automatisierung entfallen, kompensiert?

P10 Nachhaltigkeit als Politikkonzept

- Ausstellen von Betriebsbewilligungen: Rigoroses Durchsetzen der aktuellen Gesetzeslage (Bsp. PostAuto musste Betriebszentrale einrichten als Auflage)
- Ökologie: beschränkte Raumwirkung, daher nicht wirklich nachhaltig;
- Die Nachhaltigkeit des automatisierten Fahrens ist nicht unbedingt gegeben, Trend muss nicht zwingend berücksichtigt werden

A2.8 Natur & Raum

Themengebiete	Umfeld-Trends (in Diskussion aktualisierte Einschätzung)	Individuum	Staat	Markt
		Wollen	Dürfen/Sollen	Können
Natur & Raum	U2 Energiebedarf		+-	
	U4 Klimawandel		+-	
	U5 Raumentwicklung		+-	

U2 Energiebedarf

- Die Energiekosten dürften grundsätzlich relevant sein für den Energiebedarf, für automatisiertes Fahren wie für konventionelle Fahrzeuge
- Der Energiebedarf für automatisiertes Fahren dürfte leicht tiefer liegen als bei konventionell gesteuerten Fahrzeugen (geschätzt Grössenordnung ca. 10% bei vollständiger Marktdurchdringung), da der menschliche Faktor durch optimierte automatisierte Fahrzeugsteuerungen ausgeschaltet werden kann.
- Mit der Einstufung «+/-» einverstanden, da der effektive Energiebedarf stark von den Anwendungs- resp. Einsatzformen des automatisierten Fahrens abhängig sein wird (vgl. dazu U5 Raumentwicklung).

U4 Klimawandel

- Die Auswirkungen des Verkehrs auf den Klimawandel dürfte stark von der Elektrifizierung (basierend auf zunehmend erneuerbaren Energien) abhängen. Der Trend bei den automatisierten Fahrzeugen beschleunigt die Umstellung auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge, da die Quereinsteiger (IT Branche, Tesla) als Trendsetter die traditionellen Fahrzeughersteller herausfordern.
- Mit der Einstufung «+/-» einverstanden, da der tatsächliche Effekt stark von den Anwendungs- resp. Einsatzformen des automatisierten Fahrens abhängig sein wird

U5 Raumentwicklung

- Mit der Einstufung «+/-» einverstanden, da der tatsächliche Effekt stark von den Anwendungs- resp. Einsatzformen, resp. der rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen des automatisierten Fahrens abhängig sein wird. Einerseits ermöglicht die kommunikative Vernetzung automatisierter Fahrzeuge eine effizientere Nutzung der Verkehrsinfrastruktur; andererseits erleichtert das mobile Arbeiten im Fahrzeug das produktive Unterwegssein ohne unproduktiven Zeitverlust trotz allfälligem Stau (Arbeitsweg-Zeit wird Arbeitszeit). Beides fördert eher auch ein Wohnen auf dem Land und den Druck auf die Landschaft. Zersiedelungstendenzen werden durch gesteigerte Individualisierung eher gefördert und können durch die Raumplanung kaum vermieden werden. Die Verdichtung nach Innen wird nicht gefördert und hat aus dieser Sicht einen schweren Stand.
- Erleichterter Zugang zur (individualisierten kombinierten) Mobilität vereinfacht Ortswechsel, man muss sich weniger um das Organisieren von Reisen und das Fahren kümmern; es werden neue Bedürfnisse geweckt. Der erleichterte Mobilitätszugang führt zu erhöhter PersKm- und Fahrzeugleistung.
- Trotz erhöhter Fahrzeugleistung infolge mehr und längerer Fahrten ist offen wie sich die Stauzeiten verändern. Auch für Städte und Agglomerationen ist nicht klar, ob sich Sharing- und Pooling-Angebote grundsätzlich, und insbesondere dank automatisiertem Fahren, in grossem Umfang durchsetzen (dank Sharing und Pooling Reduktion Fahrzeugpark um bis 75% prognostiziert). Vernetzte Sharing- und Pooling-Angebote sind auch ohne automatisiertes Fahren möglich.
- Dichteres Fahren dank automatisiertem Fahren bringt Chance für effizientere Nutzung der Infrastruktur; Voraussetzung ist ein «VM 4.0» (Verkehrsmanagement).
- Welche flankierenden Massnahmen sind erwünscht bzw. nötig, bspw. betreffend Parkierung (bessere Nutzung der heutigen Flächen) und das Ein- und Aussteigenlassen aus automatisierten Fahrzeugen? - Schlüsselfrage: Mit welchen Werten soll wer in welche Richtung steuern?

A3 Werteszenarien

A3.1 Studie Wertewandel

Die Verbreitung und zugelassenen Anwendungsformen des automatisierten Fahrens sind unter anderem von gesellschaftlichen Werthaltungen abhängig. Die Entwicklung von Werten lässt sich aber ganz allgemein nicht gut voraussagen. Aus diesem Grund hat sich die Schweizerische Vereinigung für Zukunftsforschung im Rahmen einer Studie mit dem «Wertewandel in der Schweiz 2030» auseinandergesetzt (Swissfuture, 2011). Dabei wurden vier mögliche Szenarien des Wertewandels in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik mit Zeithorizont 2030 erstellt. Die zwei prägenden Einflussgrößen stellen dabei der Wohlstand und die Stärke des Staates dar (vgl. Abbildung 1).

Diese vier Werteszenarien wurden in den Jahren 2012 und 2013 für die Mobilität konkretisiert (EBP/Swissfuture, 2013). Aufgrund der zeitlichen Verzögerung zwischen Entscheid und Inbetriebnahme von Verkehrsinfrastrukturen liegt dabei der zeitliche Fokus der Vertiefungsstudie auf den Jahren 2030 bis 2050. Wichtige Themen, die in den Szenarien thematisiert werden, sind dabei das Verkehrsangebot, die Verkehrsnachfrage sowie das Verkehrsgeschehen.

Die Absicht der vier Szenarien ist das Aufzeigen eines Spektrums denkbarer Zustände in der Zukunft. Diese sollen Denkanstöße und Inputs geben zur Frage der Akzeptanz von automatisiertem Fahren in der Schweiz. Im Folgenden werden die Eigenschaften der vier Szenarien kurz erörtert.

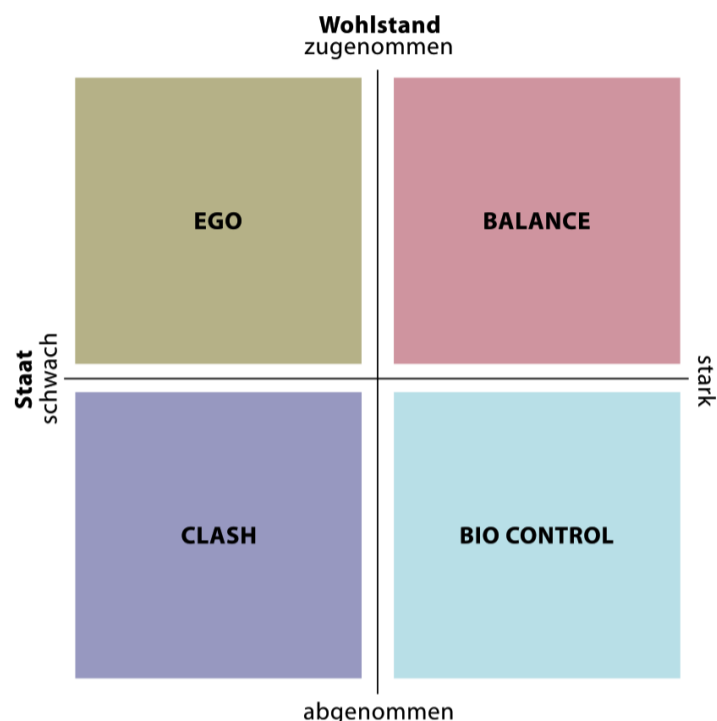


Abbildung 1: Die vier Szenarien in den zwei Dimensionen Wohlstand und Staat

A3.2 EGO – Geld macht mobil

Die Schweiz hat einen spürbaren Wohlstandszuwachs verzeichnen können. Sie ist mit den alten und neuen Wirtschaftsmächten in bestem Einvernehmen. Die Kontrolle durch den Staat ist reduziert. Wettbewerb, Globalisierung und extensive Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien sind Merkmale dieses Szenarios. Die Menschen bevorzugen lockere Bindungen – familiär, zum eigenen Land und zum Arbeitgeber. Eine hohe Selbstverantwortung wird gelebt. Gesellschaftliche sowie ökonomische Auf- und Abstiege werden akzeptiert – sie gelten als Früchte der eigenen Leistung.

Geld macht mobil: Schneller, weiter, intensiver, flexibler, prestigereicher und individueller sind die Paradigmen, staatliche Eingriffe hingegen ein Tabu. Investiert wird dort, wo es sich rechnet. Die hohe Freiheit des einzelnen und ein schlanker Staat gehen einher mit zahlreichen Mobilitätsverlierern und schlecht angebundenen Randregionen.

A3.3 CLASH – Not macht erfinderisch

Der Wohlstand in der Schweiz ist deutlich gesunken. Der ökonomische Niedergang konnte nicht aufgehalten werden, auch die EU hat sich mit der Schuldenkrise und der Osterweiterung übernommen. Die Schweiz hat eine grosse Zuwanderung aus Randgebieten der erweiterten EU und aus Kriegsgebieten aus anderen Kontinenten hinnehmen müssen. Tiefe Gräben brechen auf, deren Konflikte nicht selten ideologisch aufgeheizt sind. Die Polarisierung in der Politik führt zur Erstarrung. Die Verunsicherung ist weit verbreitet und nährt Missgunst sowie Misstrauen.

Not macht erfinderisch, auch in der Mobilität: Die breite Masse hat wegen dem abnehmenden Wohlstand zunehmend Schwierigkeiten, ihren Mobilitätsalltag zu organisieren. Die Infrastrukturen sind am Verkommen, fehlende öffentliche Angebote werden durch unübersichtliche privatwirtschaftliche Anbieter und Selbsthilfe im Freundeskreis kompensiert.

A3.4 BALANCE – aus Einsicht nachhaltig

Der Wohlstand in der Schweiz ist angewachsen, der Staat ist stark. Die Schweiz ist zu einem Forschungs- und Innovationszentrum Europas geworden. Der Wohlstandsgewinn wird in das Gemeinwesen investiert. Die Sozialwerke wurden den demographischen Entwicklungen erfolgreich angepasst, die Vereinbarkeit von Beruf und Familie sowie die Qualität von Quartieren und Wohnvierteln verbessert. Die allgemeine Werthaltung wird als sozial, ökologisch und ökonomisch nachhaltig beschrieben. Die Work-Life-Balance wird hochgehalten, das bürgerschaftliche Engagement erfährt eine Renaissance.

Aus Einsicht nachhaltig mobil: Die Verkehrsmittel werden dank einfach zugänglichen intelligenten Mobilitätsangeboten flexibel miteinander kombiniert, dabei wird auf kurze Wege und Umweltverträglichkeit geachtet. Bei Infrastrukturentscheiden wird auf die Qualität des Gesamtsystems, auf eine attraktive Gestaltung und auf die Grundversorgung geachtet.

A3.5 BIO CONTROL – erzwungen suffizient

Die Schweiz erfährt einen Wohlstandsverlust. Sie ist politisch und ökonomisch isoliert. Die Politik kapituliert allerdings nicht vor der Krise, sondern versucht, diese zu meistern. Gesellschaftliche Probleme wie Jugendgewalt, Volksgesundheit, Bildungschancen werden mit einem Bündel von repressiven Instrumenten gelöst. Die Schweiz hält ihren Sonderfall hoch und baut an ihrem Autarkie-Mythos. Das gute Funktionieren der Gesellschaft hat Priorität gegenüber der persönlichen Freiheit. Die Menschen versuchen, ihren Lebensstil anzupassen.

Erzwingen suffizient statt mobil: Pflichtbewusstsein und Solidarität sind die höchsten Werte. Initiativen in den Bereichen Gesundheit sowie Ressourcen- und Landschaftsschutz führen zu Reglementierungen und Kontingentierungen. Individuelle Einschränkungen und hohe Mobilitätskosten sind die Folge.

A3.6 Das automatisierte Fahren in den Werteszenarien

Auf der Basis der Vertiefungsstudie Mobilität haben Fachpersonen von Swissfuture und EBP die Randbedingungen für das automatisierte Fahren in den vier Szenarien im Sinne von exemplarischen Verhaltensmuster für die Werteszenarien skizziert. In einem diskursiven Vorgehen wurden dazu für jedes Szenario jeweils die Sichtweisen des Individuums, des Staates und des Marktes eingenommen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle ersichtlich, in der unter anderem auf folgende Aspekte eingegangen wird: Individuum (Mobilitätsgestaltung, Mobilitätsbezug, Pendlerverkehr, Freizeitverkehr, Technikaffinität, Soziale Schichten), Staat (Staatliches Mobilitätsangebot, Staatliche Vorgaben bezgl. Sicherheit, Infrastrukturen, Verkehrsmanagement, Transportpflicht), Markt (Privatwirtschaft, Rolle Staat, Gesellschaft, Marktpotenzial, (Kommunikations-)Technik) sowie Güterverkehr (Abwicklung, Angebote, eigene Infrastruktur (Bsp. Cargo Sous Terrain)).

Der Einfachheit halber wurde nicht zwischen den in Kapitel 3 vorgestellten Automatisierungsgraden der Fahrzeuge unterschieden, sondern die grundsätzliche Affinität der Gesellschaft zum automatisierten Fahren betrachtet.

	Merkmal	EGO – Geld macht mobil	CLASH – Not macht erfinderrisch	BALANCE – aus Einsicht nachhaltig	BIO CONTROL – erzwungen suffizient
Individuum	Mobilitätsgestaltung	Mehr individuelle Mobilität ohne Bündelung von Fahrten (alleine im Fahrzeug).	Fahrzeuge werden als Sammeltaxis und für unstrukturiertes privates Sharing und Pooling eingesetzt. Fahrzeuge werden möglichst lange gefahren, was die Durchdringung von automatisiertem Fahren erschwert. Individuelle Mobilität für eine Elite.	Mobilitätsformen werden flexibel nach Bedarf kombinierte: individuell, Sharing und Pooling, ÖV. Gefässgrößen werden optimiert. Private Fahrzeuge sind vorhanden, aber wenig attraktiv, da sie sich beim Verkehrsmanagement unterordnen müssen.	Mobilität tritt v.a. in den vom Staat gesteuerten Formen Sharing und Pooling auf. Fahrzeugbesitz für Individualverkehr ist aufgrund der hohen Besteuerung eher selten. Grundsätzlich wird Unterwegssein möglichst vermieden.
	Mobilitätsbezug	Emotionsgeladen: Mobilität als Teil der Freiheit.	Erfinderisch: Mobilität als Teil des Schwarzmarkts und Selbsthilfe.	Nüchtern, emotionslos: Wichtig sind Effizienz und die Vermeidung von Klima- und Umweltbelastung.	Fremdbestimmt: Die eigenen Mobilitätsbedürfnisse werden dem gesellschaftlichen Wohl untergeordnet.
	Pendlerverkehr	Nutzung von eigenen automatisierten Fahrzeugen oder Mobilitätsservices aus der Privatwirtschaft (Sharing-Angebote), kein Wunsch zum selbständigen Fahren – Zeit wird zum Arbeiten genutzt.	Selbstorganisation der Mobilität mit kleinunternehmerischen informellen Modellen. Mobilitätsservices stellen eine Möglichkeit für einen geringen Verdienst dar, sie werden durch «clevere Köpfe» gestaltet, welche mit geringen Kosten ein Angebot und eine Organisation herstellen. Premium-Angebote aus der Privatwirtschaft für eine mobile Elite.	Transport wird als optimierte Gesamtdienstleistung eingekauft, beispielsweise mit einer Garantie, dass gewünschtes Ziel in definierter Zeitfrist erreicht wird. Konsument lässt System über Verkehrsmittel entscheiden, die Qualität wird preisdifferenziert. Grundsätzlich ist ein sehr gutes Angebot mit Wahlmöglichkeiten vorhanden. Diese werden individuell optimiert genutzt.	Der Staat schreibt vor, welche Pendel- und Freizeitwege durchgeführt werden dürfen, individuelle Bedürfnisse zählen wenig (oder werden hoch besteuert). Die kaum vorhandenen Wahlmöglichkeiten bezüglich Verkehrsmittel und Routenwahl werden akzeptiert.
	Freizeitverkehr	Eigene und durch Fahrer gesteuerte Fahrzeuge als Teil der persönlichen Freiheit und als Freizeitbeschäftigung. Selbständiges Fahren auf dafür klar definierten Abschnitten (z.B. Alpenpässe).	Geringe Affinität zu aFn. Skepsis aufgrund Softwarefehler und Risiko für Hackerangriffe. Tiefer Wohlstand verunmöglicht eine technologische Entwicklung sowie die Verbreitung von aFz.	Hohe Affinität zum aFn mit dem Hintergrund der Optimierung von Wegekettens und Ressourcenverbrauch. Nur wenige privaten Anschaffungen von aFz.	Grosse Skepsis gegenüber dem aFn: Gesellschaft ist nicht technikaffin, es werden vor allem terroristische Bedrohungen und Missbräuche erwartet. Man arrangiert sich aber mit staatlichen Vorgaben, welche schlussendlich die Fahrzeugflotte bestimmen. Individuum hat kein Einfluss.
	Technikaffinität	Premium-Mobilitätsangebote für Reiche. Durch Effizienzsteigerung Niedrigpreisangebote für untere Schichten möglich.	Mobilität unterscheidet sich grundlegend in zwei Gesellschaftsschichten.	Staat ist um Angebote für alle Schichten besorgt.	Schichten wenig ausgeprägt.
	Soziale Schichten	ÖV-Angebot reduziert, Mindestangebot für weniger Betuchte mit deutlichen Abstrichen. Strasseninfrastrukturen werden von Privaten betrieben. Konzessionen für Haltepunkte im öffentlichen Raum für aFz von Privatanbietern. Abstellflächen für private aFz nach wie vor notwendig	ÖV-Angebot beinahe inexistent und qualitativ auf tiefem Niveau. Strasseninfrastruktur schlecht unterhalten. Das Ein- und Aussteigen lassen ist für Anbieter von aFz im öffentlichen Raum ist nicht geregelt.	Breites Angebot mit intermodaler Vernetzung und von Quelle bis zum Ziel. Staat definiert hohe einzuhaltende Standards und vergibt Konzessionen für Mobilitätsservices an Unternehmen. Im urbanen Raum sind klare Haltepunkte für automatisierte Fahrzeuge definiert, in der Peripherie werden die Verkehrsteilnehmenden individuell abgeholt.	Der Staat betreibt alle Fahrzeuge und das gesamte Verkehrssystem. Mobilitätsservices werden ausgeweitet und konzessioniert. Aufgrund des geringen Wohlstands bestehen jedoch Grenzen.
Staat	Staatliches Mobilitätsangebot	Staat sorgt sich nur um technische Minimalstandards, die einzuhalten sind. Standards werden aus der Wirtschaft übernommen, sofern sich diese durchsetzen. Staat ist Mitglied einer Normierungsvereinigung mit Privatunternehmen.	Staat setzt keine Standards in Bezug auf Sicherheit. Systeme werden dem Markt überlassen. Es bestehen grosse Unterschiede bezüglich Sicherheitsrisiken bei extremen Mischverkehr.	Starker Staat mit hohen Anforderungen an die Sicherheit.	Die Sicherheit wird hoch gewichtet. Das automatisierte Fahren kommt ohne Eingriffsmöglichkeit für Fahrer aus. Der Staat führt strenge Zulassungsverfahren ein.
	Staatliche Vorgaben bezgl. Sicherheit	Werden den Privaten überlassen. Werden als Teil von Mobilitätsservices gebaut und unterhalten.	Staat kann Infrastrukturen nicht erhalten. Private können Teile davon kaufen und für eigene (Massen-)Dienstleistungen oder Premium-Mobilität einsetzen.	Staatliche Infrastrukturen werden effizient genutzt.	Durch den Staat betrieben. Optimale Ausnutzung («Intelligenz statt Beton»).
	Infrastrukturen				

	Merkmal	EGO – Geld macht mobil	CLASH – Not macht erfinderrisch	BALANCE – aus Einsicht nachhaltig	BIO CONTROL – erzwungen suffizient
	Verkehrsmanagement	Steuerung wird an Private ausgelagert. Der Staat gibt privatwirtschaftsfreundliche Vorgaben, die unterschiedliche Angebotsstandards für verschiedene Nutzergruppen zulassen. Zur Effizienzsteigerung des Gesamtsystems werden Einschränkungen von Individuen teilweise hingenommen (beispielsweise kein Zugang für nicht aFz auf Autobahnen).	Selbstregulation. Private Mobilitätsdienstleister konkurrieren sich und können sich nicht zu Koordinations- und Steuerungsmassnahmen finden.	Das «System» organisiert den Verkehr.	Strenge Überwachung und starke Organisation der Verkehrsströme. Vollständige Automatisierung des Verkehrs. Aufgrund des geringeren Verkehrsaufkommens ist die Organisation technisch weniger anspruchsvoll.
	Transportpflicht	Keine Dienstleistungspflicht oder Standard-Anforderungen für Anbieter. Systemstörungen/Querulanten werden entweder gebüsst oder ausgeschlossen (Blacklist).	Es bestehen keine Transportpflichten. Der informelle Markt bestimmt das vielfältige, kaum koordinierte Angebot. Im privaten Kreis wird gegenseitige Unterstützung hochgelebt.	Transportgarantie mit klar definiertem Qualitätsstandard als Teil der Grundversorgung.	Vorhanden.
Markt	Privatwirtschaft	Private Unternehmen können dank sehr liberalen Rahmenbedingungen beliebige neue Mobilitätsangebote (Software und Hardware) verkaufen. Sie betreiben grosse Aufwände für deren Entwicklung. Insbesondere Premium Services sind interessant.	Die Industrie verkauft möglichst günstige und abgespeckte aFz. Ein Basis-Angebot des aFn wird durch wenige Firmen bereitgestellt. Private Unternehmen wollen Mobilitätsdienstleistungen im Hochpreissektor verkaufen.	Private Unternehmen sind an den neuen Mobilitätsdienstleistungen interessiert und bieten diese an, da der Staat und die Bürger dies wollen.	Private Unternehmen dürfen keine Mobilitätsdienstleistungen anbieten.
	Rolle Staat	Hält sich als Antreiber und Regulator zurück. Bietet der Privatwirtschaft grossen unternehmerischen Spielraum.	Untergeordnete Rolle. Unternehmen in Bezug auf das automatisierte Fahren nichts, lässt deren Verbreitung geschehen.	Aktive Rolle: Mit gezielten Anreizen und Fördermitteln wird versucht, ein optimaler automatisierter Verkehr zu erreichen.	Sehr aktive Rolle: Der Staat forciert den Systemwechsel zum automatisierten Fahren, da dieses Überwachung und Kontrolle der Bewegungen zulässt. Unter anderem können so Klimaziele erreicht werden. Die Entwicklung ist aber aufgrund der beschränkten staatlichen Ressourcen langsam.
	Gesellschaft	Nutzer können erhöhte und individualisierte Mobilitätsangebote zu marktwirtschaftlichen Preisen nutzen.	Die Nutzer richten sich nach den unkoordinierten und preislich und qualitativ sehr unterschiedlichen Mobilitätsangeboten. Sie wählen ihre Aktivitätsziele nach der Erschwinglichkeit der Mobilität aus.	Die Bürger wollen eine nachhaltige, effiziente Mobilität.	Die Bürger ordnen sich den Vorschriften des Staates unter. Sie wollen primär was erlaubt resp. nicht verboten ist.
	Marktpotenzial	Der Wohlstand führt zu einem hohen Marktpotenzial.	Geringer Wohlstand, minimales Marktpotenzial.	Der relativ hohe Wohlstand und die Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Mobilität führt zu einem hohen Marktpotenzial.	Geringer Wohlstand, tiefe Zahlungsbereitschaften. Marktpotenzial gering.
	(Kommunikations-) Technik	Kein Open-Source, Privatunternehmen entwickeln laufend neue, auf digitaler Ökonomie basierende Mobilitätsprodukte unter Konkurrenz und Zugang für andere nur im Rahmen ökonomischer Modelle («Big Business»).	Software ist Open-Source. Durch Softwarefehler und Hacks entstehen Friktionen und vermehrt Unfälle. Keine Koordination zwischen Anbietern von Fahrzeugen und Diensten.	Teilweise Open-Source Produkte. Neue Technologien werden selektiv, gezielt im Rahmen von PPP-Lösungen gefördert und betrieben.	Kein Open-Source. Technische Entwicklungen werden vom Staat gezielt für die Steuerung der Mobilitätsbedürfnisse und -angebote sowie für das Verkehrsmanagement eingesetzt.
	Güterverkehr	Abwicklung	Hochgradig automatisierter landseitiger Güterverkehr, ergänzt mit Drohnen. System wird wenig effizient genutzt. Technologien werden mit maximalem marktwirtschaftlichem Nutzen eingesetzt.	Automatisierung ist untergeordnet, günstiges Personal wird eingesetzt.	Intermodal organisiert und im System optimiert. Verzögerungen sind möglich, wenn Bündelungen vorgenommen werden können. Aufgrund des nachhaltigen Lebensstils (z.B. Einkauf von lokalen Produkten) verringert sich das Bedürfnis für Güterverkehr.
Angebote		Preisabgestufte Modelle mit unterschiedlichen Lieferzeiten. Verfeinerung und Ausbau von Services. Hohe Zahlungsbereitschaft seitens der Kunden.	Unzuverlässige Auslieferung von Waren wegen Systemmängeln und fehlenden Kooperationen. Keine Zahlungsbereitschaft.	Relativ teuer für Kunden, Leistung wird systemorientiert und koordiniert angeboten.	Limitierte Angebote über Quartiersammel- und -verteilstellen, bei denen Güter in Boxen ankommen und losgeschickt werden können.
Eigene Infrastruktur (Bsp. Cargo Sous Terrain)		Realisierung durch Private für hohen Zeitgewinn	Es wird kaum in Infrastrukturen investiert.	Realisierung durch Staat oder mittels PPP-Lösungen möglich.	Realisierung durch Staat zur Reduktion von Lärm und Emissionen.
Gesamt	Einschätzung Bedingungen für automatisiertes Fahren	Automatisierung führt teilweise zur Abgabe von individueller Freiheit und zum Aufbau von Kontrolle. Dies führt zu Reibungen. Trotzdem ist das Szenario dank der Technikgläubigkeit und der Toleranz gegenüber disruptiven Entwicklungen affin zum automatisierten Fahren.	Wenig affin für die Automatisierung. Durch unterschiedliche Fahrzeugtechnologien (viele nicht-automatisierte Fahrzeuge). Das automatisierte Fahren kann nicht effizient eingesetzt werden. Damit nimmt auch die Effizienz des gesamten Verkehrssystems ab.	Automatisiertes Fahren dürfte sich in Nischenanwendungen früh und längerfristig dank deutlichen Mobilitätsverhaltensänderungen auch in der Breite durchsetzen.	Automatisiertes Fahren dürfte sich eher spät durchsetzen, wird allerdings durch einen aktiven Staat getrieben, welcher Vorteile in Kontrolle und Effizienz sieht.

A3.7 Exemplarische Geschichten

Zur Verdeutlichung der Verbreitung des automatisierten Fahrens wird ausgehend von den Ergebnissen nachfolgend die Mobilität für alle vier Szenarien exemplarisch aus Sicht von zwei fiktiven Personen beschrieben und mögliche Ausprägungen illustriert. Dabei wird auch bewusst überzeichnet. Die Geschichten werden als «Blitzlichter» zum Aufspannen des denkbaren Anwendungsspektrums und für weitere Diskussion verwendet.

EGO – Geld macht mobil

— Norbert N., 35, Unternehmensberater in Zürich: Bei seinem Luxus-Wohncontainer am Pfannenstiel wird er von einem schicken vollautomatisierten Fahrzeug abgeholt. Auf seiner kurz vorher online angemeldeten Fahrt zur Arbeit in der Stadt checkt er seine Nachrichten und ruft Kunden über das On-Board-System an. Das Fahrzeug fährt auf einer eigenen, vom Mobilitätsdienstleister betriebenen Fahrspur auf der Autobahn. Die Geschwindigkeit ist hoch, die Pünktlichkeit ebenfalls – aber der Preis hat es auch in sich. Bevor er ankommt übermittelt er noch kurz die Mobilitätswünsche für die Woche an die Servicezentrale: Am Mittwoch um 10.00 Uhr Geschäftsitzung in New York. Am Wochenende dann Sportwagen zum selberfahren am Gotthardpass mieten und die Kurven der abgesperrten Strecke geniessen. Sobald er ausgestiegen ist, fährt das Auto weiter, die Kinder sind im Luxus-Wohncontainer abzuholen, um sie in die Privatschule in Zollikerberg zu bringen.



Abbildung 16: Illustration Werteszenario EGO

— Sabrina P., 61, Versandangestellte ausserhalb von Solothurn: Sie arbeitet in einem Internet-Warenhaus, welches ihre Pakete mit der eigenen, vollautomatisierten Fahrzeugflotte innerhalb von 2h in der ganzen Schweiz ausliefert. Vom Wohnort in einem Vorstadtquartier von Olten könnte sie zwar ihre Fahrt zum Bahnhof einfach online anmelden und ein selbstfahrender, öffentlicher Bus würde in geringer Distanz anhalten. Allerdings gibt es nur wenige Fahrzeuge, die oftmals in fragwürdigem Zustand sind, und die Wartezeit ist ungünstig lang. Zudem ist der Takt

der S-Bahn Schweiz am Bahnhof Olten ziemlich dünn. Zum Glück gibt es das vollautomatisierte, private Sammeltaxi «Low Price Mobility». Da muss sie zwar mit anderen das Fahrzeug teilen, dafür ist es günstig und unkompliziert. Zudem fährt es ohne Umsteigen zur Arbeit, ein paar kleine Umwege zur Aufnahme weiterer Fahrgäste sind aber dabei. Da das günstige Sammeltaxi die privatisierten Spuren auf der Autobahn nicht nutzt, steht es zwischendurch aber auch im Stau.

CLASH – Not macht erfinderisch

- Lorenzo R., 45, aus Bellinzona: Um bei den sinkenden Gehältern in der Informatikbranche weiterhin seine Familie ernähren zu können, hat er von einem Bekannten ein älteres und in Fernost produziertes automatisiertes Fahrzeug ausgeliehen. Nun programmiert er eine Plattform, damit dieses als Sammeltaxi unterwegs sein kann, das angemeldete Wege möglichst effizient bündelt und ihm ein kleines Zusatzeinkommen sichert. Leider gibt es viel Staus, da auch zahlreiche nicht-automatisierte Fahrzeuge unterwegs sind, die sich dann in die Quere kommen. Zudem ist aufgrund der immer wieder auftretenden Unfälle eine Skepsis gegenüber automatisierten Fahrzeugen zu spüren. Da jedoch praktisch kein öffentliches Verkehrsangebot besteht, sind die Erfolgschancen seiner Idee intakt.



Abbildung 17: Illustration Werteszenario CLASH

- Bei Laure T., 50, ist das Unwahrscheinliche wahr geworden. Sie wurde Verwaltungsratsmitglied eines multinationalen Konzerns. Zwischen ihrer Villa in einem abgeriegelten Vorort von Genf und den zahlreichen Arbeitsorten benutzt sie einen Premiumdienstleister, welche ihre Mobilitätsansprüche optimal organisiert und ihr stets ein besonders luxuriöses und sicheres selbstfahrendes Fahrzeug zur Verfügung stellt. Durch die schlechte öffentliche Verkehrsinfrastruktur und die Sicherheitsprobleme des restlichen Fuhrparks auf der Strasse bietet der Dienstleister auch gleich eigene Strassen zwischen den hot spots der Reichen an. Damit wird neben dem Villenvorort auch der Flughafen erschlossen und sie kann sich schnell und sicher dazwischen herumchauffieren lassen und gleichzeitig noch arbeiten.

BALANCE – aus Einsicht nachhaltig

- Heidi P., 20, hat soeben die Matur gemacht. Als junge gebildete Maturandin wird sie zur ihrem Mobilitätsverhalten befragt. «Ich bin auf kurzen Distanzen oft mit dem Velo oder zu Fuss unterwegs. Manchmal benutze ich die selbstfahrenden öffentlichen Fahrzeuge. Dann melde ich meine Fahrt an und bin garantiert pünktlich am Ziel, auch wenn die Route immer eine andere ist. Pooling finde ich gut! Für längere Fahrten geniesse ich die Geschwindigkeits- und Komfortvorteile der automatisierten Hochgeschwindigkeitszüge. Dort kann ich chatten, plaudern und irgendwelche News posten. Generell bedeutet Reisen für mich neue, weltoffene Bürger kennenzulernen.»
- Erich N., 46 aus Lausanne: Als Familienmensch ist es ihm wichtig, möglichst viel Zeit mit seiner Frau und seinen beiden Kindern zu verbringen. Nur schon deshalb kommt ein langer Arbeitsweg für ihn unter keinen Umständen in Frage. Aber auch sonst geniesst Erich die Vielfalt des städtischen Angebots. Dank der passenden App seiner «mobility card plus» ist er immer aktuell über die zuverlässigste und ökologischste Art des Reisens informiert. Ob für den täglichen Einkauf oder für den Besuch der Grosseltern – Präferenzen ob er das Velo eines Elektrobike Sharing Anbieters nimmt oder sich die Hinterbank in einem vollautomatisierten Auto mit einem Fremden teilt hat Erich nicht. Für ihn ist wichtig, dass dabei möglichst wenige Emissionen entstehen. Und die Zeit für die monatliche Abrechnung der getätigten Fahrten kann er sich durch die automatische Abrechnung auf sein Konto auch noch sparen.



Abbildung 18: Illustration Werteszenario BALANCE

BIO CONTROL – erzwungen suffizient

- Urs W., 58 aus Delémont. Als langjähriger Schichtleiter in einer Uhrenfabrik ist er direkt von den stetigen Rückgängen der Uhrenverkäufe betroffen. Nur noch Uhrennostalgiker sind in Zeiten der Smart-Watches auf Reparaturen aus Handarbeit angewiesen. Der Rückgang der Arbeiterschaft und das steigende Pensionsalter führen dazu, dass Urs auch in den letzten Jahren seiner Erwerbstätigkeit mit knappen Mitteln über die Runden kommen muss. Den in die Jahre gekommenen Kleinwagen musste er mangels Ersatzteilen bereits vor Jahren zu einem Spottpreis exportieren. Heute leistet er sich nur noch vereinzelt Fahrten in die nahe Jurakette. Der Staat betreibt alle Fahrzeuge, die Qualität des Verkehrsangebotes ist aber bescheiden. Nach der Anmeldung seiner Reise im System, wird diese eindeutig bestimmt, Auswahlmöglichkeiten gibt es nicht.

- Maria R., aus Chur: Den Anschluss an die heute nur per App funktionierenden Mobilitätsdienstleistungen hat Maria längst verloren. Beim unübersichtlichen öffentlichen Verkehrssystem erinnert sie sich gerne an die Zeiten des Ticketverkaufs und den persönlichen Kontakt mit dem Buschauffeur zurück. Die stromintensiven Ladestationen ihrer elektrischen Gehilfen verbrauchen ein Grossteil der haushaltsbasierten Energiekontingente auf, weshalb für längere Fahrten mit den staatlichen automatisierten Fahrzeugen kaum mehr Ressourcen übrigbleiben. Stattdessen lässt sie sich die Beschaffung der wenigen Waren, die sie sich noch leisten kann, mittels fahrerlosen Kleingefährts an die Quartiersammelstelle liefern. Für die Online-Bezahlung ist sie auf das Tablet der wöchentlich bei ihr zu Besuch vorbeikommenden Tochter angewiesen.



Abbildung 19: Illustration Werteszenario BIO CONTROL

A4 Abgrenzungen - Weiterführende Beschreibungen

A4.1 Vernetzung

- «Car-to-Car-Communication» (C2C, auch: «vehicle-to-vehicle») beschreibt den Austausch von Informationen zwischen verschiedenen Fahrzeugen. Diese Kommunikation dient dem Ziel, dem Fahrer bzw. dem System frühzeitig kritische und gefährliche Situationen zu melden. Hierzu gehören Unfallstellen, Baustellen sowie ein erhöhtes Verkehrsaufkommen.
- «Car-to-Infrastructure-Communication» (C2I, auch: «Car-to-Roadside») dient unter anderem dem Austausch von Informationen zwischen Fahrzeugen und Komponenten der Verkehrsinfrastruktur mit dem Ziel, die Sicherheit im Verkehr sowie den Betrieb der Verkehrsinfrastruktur zu optimieren. Beispiele sind Baustellen-Hinweise, Meldungen zu temporären Sperrungen oder die Vorgabe optimaler Geschwindigkeiten.

Diese Daten ergänzen Sensor-Daten, welche von den Fahrzeugen selbst generiert werden, und helfen, Anpassungen der Fahrzeugführung (z.B. Geschwindigkeit, Wahl der Fahrspur, Zeitpunkt Bremsmanöver) auf der Basis von Algorithmen automatisch vorzunehmen. Zudem können Routenänderungen automatisiert erfolgen.

Bereits heute sind einzelne C2X-Aspekte realisiert. So werden beispielsweise GPS-Daten unabhängig vom Automatisierungsgrad von Navigationsgeräten sowie Smartphones gesammelt und verwendet, um die Belastung des Strassennetzes zu erkennen oder die Navigation zu verbessern. Zudem werden Meldungen zu Baustellen und Unfällen in die Fahrzeuge übertragen. Der Datenaustausch kann noch stark intensiviert werden.

A4.2 Sharing und Pooling

«Sharing» bezeichnet die gemeinschaftliche Nutzung eines oder mehrerer Autos. Gegenüber der Autovermietung ist auch ein kurzzeitiges (sogar minutenweises) Anmieten von Fahrzeugen möglich und der Vertrag zwischen Nutzer und Anbieter muss vor der Nutzung nicht jedes Mal erneuert werden. Gegenüber dem Taxi unterscheidet sich «Sharing» derzeit durch das konventionelle Selbsterfahren des Fahrzeugs. In Kombination mit dem automatisierten Fahren dürfte sich dieses Kriterium allerdings abschwächen.

Beim «Sharing» ist zwischen Angebotsplattformen und physischem Fahrzeugangebot zu unterscheiden, beide können sowohl öffentlich wie auch privat organisiert sein. Das physische Fahrzeugangebot ist derzeit fast ausschliesslich in privater Hand: natürliche Personen (Bsp. Nachbarn, Bekannte, private Anbieter) oder juristische Personen (Bsp. Automobilhersteller, Car-Sharing-Unternehmen wie Mobility, usw.). Angebotsplattformen werden heute vor allem von juristischen Personen betrieben.

Unter «Pooling» wird die Bündelung von Fahrten unterschiedlicher Verkehrsteilnehmender in einem Fahrzeug verstanden. Faktisch wird im öffentlichen Verkehr bereits seit langem «Pooling» betrieben. Das Wort ist allerdings durch private Formen geprägt, vor allem durch Fahrgemeinschaften (mehrmals oder als einzelne Mitfahrgelegenheit, jeweils mit dem privaten Auto einer natürlichen Person) oder als Sammeltaxi, wobei der Anbieter eine natürliche oder juristische Person sein kann. Wiederum ist zwischen Angebotsplattformen und physischem Fahrzeugangebot zu unterscheiden.

«Sharing» und «Pooling» verkleinert die Gesamtflotte bzw. verringert den Fahrzeugbesitz. «Pooling» kann zudem auch die Fahrleistung und damit das Verkehrsaufkommen reduzieren. Dadurch lassen sich Engpässe auf den Strassen beseitigen oder Parkierungsflächen verkleinern.

A5 Automatisierungsgrade

Level	Bezeichnung	Beispiele	Fahrer				System				SAE J3016	NHTSA	BASt	POST / DfT	
			Längsführung	Querführung	Überwachung	Übernahmebereitschaft	Längsführung	Querführung	Erkennen aller Systemgrenzen	Fähigkeit Erreichen risikominimaler Zustand	Level	Name	Level	Nomenklatur	Name
0	100% konventionelles Fahren	Konventionelles Fahrzeug LDW, SWA, FCW	immer	immer	dauerhaft überwachen	jederzeit	keine	keine	nicht gegeben	nicht gegeben	0	No Automation	0	Driver Only	Driver only
1	Assistenzsysteme	Bremsassistent, Parkassistent (nur QF), ACC, LKA	bei Bedarf LF oder QF an System abgegeben, temporär und spezifische Situationen	bei Bedarf LF oder QF an System abgegeben, temporär und spezifische Situationen	dauerhaft überwachen	jederzeit	LF oder QF bei Wunsch durch Fahrer, temporär und spezifische Situationen	LF oder QF bei Wunsch durch Fahrer, temporär und spezifische Situationen	nicht gegeben	nicht gegeben	1	Driver Assistance	1	Assistiert	Driver assistance
2	teilautomatisiert	ACC mit Lane Centering, Autobahnassistent	bei Bedarf LF und QF an System abgegeben, temporär und spezifische Situationen	bei Bedarf LF und QF an System abgegeben, temporär und spezifische Situationen	dauerhaft überwachen	jederzeit	LF und QF bei Wunsch durch Fahrer	LF und QF bei Wunsch durch Fahrer	nicht gegeben	nicht gegeben	2	Partial Automation	2	Teilautomatisiert	Partial autonomy
3	hochautomatisiert	Autobahn-Chauffeur	bei Bedarf LF und QF an System abgegeben, temporär und spezifische Situationen	bei Bedarf LF und QF an System abgegeben, temporär und spezifische Situationen	nicht dauerhaft überwachen	Aufforderung mit ausreichender Zeitreserve	LF und QF bei Wunsch durch Fahrer	LF und QF bei Wunsch durch Fahrer	gegeben	nicht bei allen Situationen gegeben	3	Conditional Automation	3	Hochautomatisiert	High autonomy (= High automation, DfT)
4	limitiert vollautomatisiert	Autobahn-Pilot, automatischer Nothalt, Park-Pilot	LF und QF grundsätzlich an System abgegeben, vollständig und in definiertem Anwendungsfall	LF und QF grundsätzlich an System abgegeben, vollständig und in definiertem Anwendungsfall	nicht überwachen	Aufforderung mit ausreichender Zeitreserve	LF und QF vollständig und in definiertem Anwendungsfall	LF und QF vollständig und in definiertem Anwendungsfall	gegeben	in allen Situationen des Anwendungsfalles gegeben, wird verwendet, sofern Fahrer nicht auf Aufforderung reagiert	4	High Automation	3/4	Vollautomatisiert	Full autonomy (= Full automation, DfT)
5	vollautomatisiert		LF und QF grundsätzlich an System abgegeben, vollständig und für alle Situationen.	LF und QF grundsätzlich an System abgegeben, vollständig und für alle Situationen.	nicht überwachen	keine	LF und QF, vollständig und für alle Situationen	LF und QF, vollständig und für alle Situationen	gegeben	in allen Situationen gegeben	5	Full Automation	3/4	-	-

Farblich hinterlegt sind bedeutende Unterschiede zur vorhergehenden Stufe

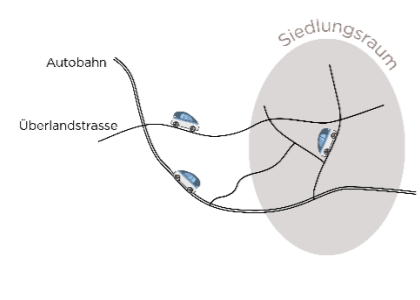
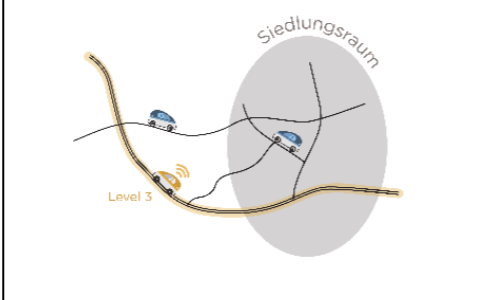
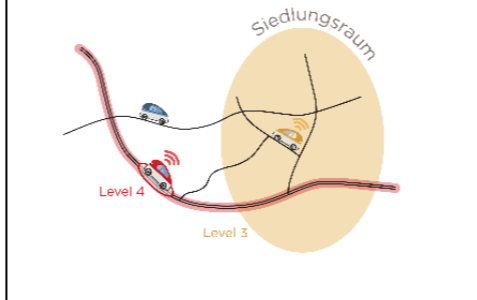
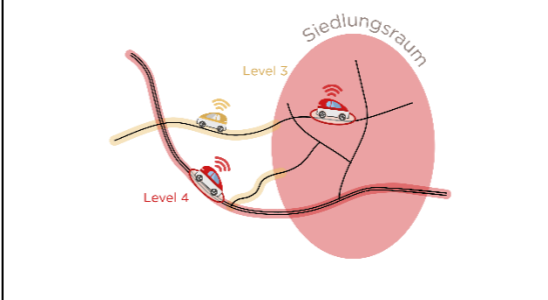
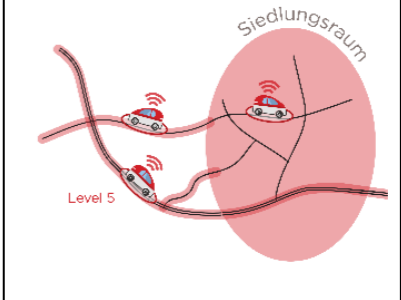
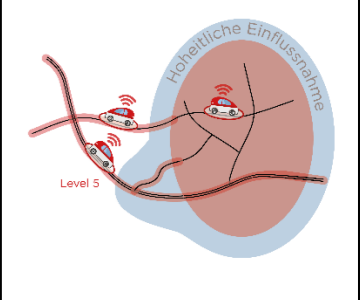
Anwendungsfälle beinhalten Strassentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen

Differenzierung vollautomatisierter Anwendungen

IV 4a	limitiert vollautomatisiert mit Fahrmöglichkeit		Bei Akzeptierung des Fahrerwunsches durch das System ist Übernahme von LF und QF durch Fahrer im definierten Anwendungsfall möglich. Ausserhalb des Anwendungsfalles übernimmt der Fahrer die Fahraufgaben.	(L4)	(L4)	Bei Akzeptierung des Fahrerwunsches durch das System LF und QF im definierten Anwendungsfall an Fahrer abgegeben.	(L4)	(L4)
IV 4b	limitiert vollautomatisiert ohne Fahrmöglichkeit		Keine Übernahme von LF und QF durch einen Fahrer möglich, folglich kein Gas-/Bremspedal und kein Steuerrad	(L4)	(L4)	System übernimmt LF und QF im definierten Anwendungsfall dauerhaft. Ausserhalb des definierten Anwendungsfalles kann das Fahrzeug nicht fahren.	(L4)	(L4)
IV 5a	vollautomatisiert mit Fahrmöglichkeit		Bei Akzeptierung des Fahrerwunsches durch das System ist Übernahme von LF und QF durch Fahrer möglich.	(L5)	(L5)	Bei Akzeptierung des Fahrerwunsches durch das System LF und QF an Fahrer abgegeben.	(L5)	(L5)
IV 5b	vollautomatisiert ohne Fahrmöglichkeit	Roboterfahrzeug (bspw. Google Prototyp)	Keine Übernahme von LF und QF durch einen Fahrer möglich, folglich kein Gas-/Bremspedal und kein Steuerrad	(L5)	(L5)	System übernimmt LF und QF dauerhaft.	(L5)	(L5)
ÖV 4a	limitiert vollautomatisiert Linienbetrieb	ÖV-Pilottests (CityMobil2, PostAuto Sion)	keine Fahraufgaben (kein Gas-/Bremspedal, kein Steuerrad)	nicht im Fahrzeug vor Ort überwachen	keine Übernahmebereitschaft	LF und QF, vollständig und für den definierten Anwendungsfall (Linienbetrieb)	(L4)	in allen Situationen des Anwendungsfalles (Linienbetrieb) gegeben
				Ausnahmesteuerung am Fahrzeug und/oder Überwachungszentrale (Remote)				
ÖV 4b	limitiert vollautomatisiert mit freier Routenwahl		keine Fahraufgaben (kein Gas-/Bremspedal, kein Steuerrad)	nicht im Fahrzeug vor Ort überwachen	keine Übernahmebereitschaft	LF und QF, vollständig und für den definierten Anwendungsfall (Bsp. räumlich)	(L4)	in allen Situationen des Anwendungsfalles gegeben
				Ausnahmesteuerung am Fahrzeug und/oder Überwachungszentrale (Remote)				
ÖV 5	vollautomatisiert mit freier Routenwahl		keine Fahraufgaben (kein Gas-/Bremspedal, kein Steuerrad)	nicht im Fahrzeug vor Ort überwachen	keine	LF und QF, vollständig und dauernd	(L5)	in allen Situationen gegeben
				Ausnahmesteuerung am Fahrzeug und/oder Überwachungszentrale (Remote)				

A6 Zustände pro Anwendungsbereich

A6.1 Beschreibung der Zustände des Anwendungsbereiches «MIV»

MIV – Personenverkehr und individueller Güterverkehr		Zustand 1	Zustand 2	Zustand 3	Zustand 4	Zustand 5	Zustand 6
		<ul style="list-style-type: none"> V.a. Fahrassistenzsysteme (L2) 	<ul style="list-style-type: none"> L3: nach Pilotstrecken folgt allg. Freigabe auf HLS 	<ul style="list-style-type: none"> L3 innerorts: Nach Pilotzonen folgt die allg. Freigabe L3 L4: nach Pilotstrecken folgt allg. Freigabe auf HLS 	<ul style="list-style-type: none"> L3 HVS ausserorts: nach Pilotstrecken erfolgt all. Freigabe L4 innerorts: Nach Pilotzonen folgt die allg. Freigabe L4 Allg. Freigabe L5 innerorts (Siedlungsräumen) und auf HLS 	<ul style="list-style-type: none"> L4 HVS ausserorts: nach Pilotstrecken erfolgt all. Freigabe (und damit alle Netzebenen freigegeben) Allg. Freigabe L5 alle Netzebenen 	<ul style="list-style-type: none"> Allg. Freigabe L4/L5, mit aFn mindestens teilweise als Pflicht
	Räumlicher Bezug						
	Level of Automation 3	<p>Automatisiertes Fahren L3 auf <u>Autobahnen: Teststrecken</u></p> <p>Automatisiertes Fahren L3 auf abgetrennten, nicht-zugänglichen Firmen- resp. Privatgelände</p>	<p>Automatisiertes Fahren L3 auf <u>Autobahnen: Allgemeine Freigabe</u></p> <p>Automatisiertes Fahren L3 im in sich geschlossenem <u>Siedlungsraum: Teststrecken</u></p>	<p>Automatisiertes Fahren L3 im in sich geschlossenem <u>Siedlungsraum: Allgemeine Freigabe</u></p> <p>Automatisiertes Fahren L3 auf <u>Überlandstrassen: Teststrecken</u></p>	<p>Automatisiertes Fahren L3 auf <u>Überlandstrassen: Allgemeine Freigabe</u></p>		
Anwendung	Level of Automation 4		<p>Automatisiertes Fahren L4 auf <u>Autobahnen: Teststrecken</u></p> <p>Automatisiertes Seitwärts-/Vorwärts-Einparken im Freien L4</p>	<p>Automatisiertes Fahren L4 auf <u>Autobahnen: Allg. Freigabe</u></p> <p>Automatisiertes Parken im Parkhaus L4</p> <p>Automatisiertes Fahren L4 im in sich geschlossenem <u>Siedlungsraum: Teststrecken</u></p>	<p><u>Allgemeine Freigabe</u> Automatisiertes Fahren L4 im in sich geschlossenem <u>Siedlungsraum</u></p> <p>Automatisiertes Fahren L4 auf <u>Überlandstrassen: Teststrecken</u></p>	<p>Automatisiertes Fahren L4 auf <u>Überlandstrassen: Allgemeine Freigabe</u></p>	<p>Automatisiertes Fahren L4: Generelle Freigabe mit Pflicht in kapazitätskritischen Zonen</p>

	Level of Automation 5				Automatisiertes Fahren L5: <u>Allgemeine Freigabe</u> im in sich geschlossenem <u>Siedlungsraum</u> ; sowie auf HLS, sofern beidseitig Anschlüsse an das städtische Netz bestehen. (Wegekette innerorts-HLS-innerorts)	Automatisiertes Fahren L5: <u>Allgemeine Freigabe</u> für Anwendung im <u>öffentlichen Netz</u>	Automatisiertes Fahren L5: Generelle Freigabe mit Pflicht in kapazitätskritischen Zonen
	Kommentare	L2 <u>Autobahn-Assistent</u> zugelassen L3 <u>Autobahn-Chauffeur auf Teststrecken</u> : Reaktionszeit muss definiert und getestet werden	L3 <u>Autobahn-Chauffeur auf allen HLS freigegeben</u> : Reaktionszeit und Rahmenbedingungen für Fahrer sind definiert L4: <u>Autobahn-Pilot auf Teststrecken</u> : «risikominimale Zustände» müssen für jede verkehrliche Situation innerhalb der Anwendungsfälle definiert sein	L4 <u>Autobahn-Pilot</u> ist für gesamtes HLS-Netz freigegeben.		Umfassende Freigabe, alle Netzebenen	Analog Zustand 5: teils mit Pflicht zum aFn, um Kapazitäten optimal auszuschnöpfen; Mischverkehr mit konventionellen Fahrzeugen in Pflichtgebieten nicht möglich.
	Recht: Zulassungen/Bewilligungen	Fahrerassistenzsysteme L2: Zulassungsverfahren wie bisher. Sonderbewilligungen für Pilotversuche resp. Anwendungen L3 sind möglich (im engen Rahmen). Zulassungsbehörden beschreiten grundsätzlich Neuland, bereits mit Sonderbewilligungen L3, beispielsweise <u>Definition von Reaktionszeiten</u> für <u>Autobahn-Chauffeur</u> und für die Testbedingungen.	Teststrecken L4 auf HLS für Autobahn-werden in Form von Sonderbewilligungen vorerst für bestimmte HLS-Abschnitte ermöglicht (Autobahnen mit geringer Anschlussdichte und vorhandenen Pannestreifen). Die Gewährleistung der Produktsicherheit liegt in der Verantwortung der Hersteller (keine Typengenehmigung).	Auf dem HLS-Netz (Autobahnen; Autostrassen) wird automatisiertes Fahren L4-«Pilot» generell freigegeben. Hintergrund ist die gesteigerte Sicherheit dank <u>definierten «risikominimalen Zuständen»</u> für jede verkehrliche Situation innerhalb der Anwendungsfälle. Teststrecken für L3 auf ausgewählten <u>Überlandstrassen</u> werden ermöglicht (mit Sonderbewilligungen): Reaktionszeiten müssen definiert und getestet werden	Auf Überlandstrassen sind für L4-«Pilot» neu keine Sonderbewilligung mehr notwendig, das automatisierte Fahren ist wie im HLS-Netz generell erlaubt. Auch für HVS a. o. sind « <u>risikominimale Zustände</u> » definiert und möglich. Im Siedlungsbereich, daher «innerorts» (noch genau zu definieren), ist automatisiertes Fahren nur eingeschränkt möglich (Automatisierungsgrad 4) und mit entsprechender Bewilligung.	Das «System» muss als «Roboter-Fahrer» für alle Verkehrssituationen uneingeschränkt zulässig sein (gemäss Wiener Übereinkommen und gemäss nationaler Gesetzgebung)	Die Pflicht zum aFn-Modus ist bei sämtlichen Fahrzeugen, die in den entsprechenden Gebieten verkehren, als Standard-Funktion eingebaut. (Event. Übergangsphasen mit reduziertem Anteil aFz denkbar)
Voraussetzungen	Recht: Versicherungen	Halter- und Fahrzeugführerhaftung und Produkthaftung ergänzen sich wie bisher [Hochstrasser 2015]	Die Haftungsversicherung bleibt weitgehend unverändert [Hochstrasser 2015]. Versicherungen schaffen jedoch die Grundlagen, auf Fahrzeughersteller Regress nehmen zu können.	Die Haftungsversicherung mit erweitertem Regress bleibt weitgehend unverändert (Hochstrasser, 2015).	Mit dem Businessmodell von Volvo sind private sharing-Flotten möglich, wo ohne Privatbesitz der Hersteller und Flottenbesitzer die gesamte Systemhaftpflicht (Herstellung/Produkthaftpflicht inkl. für algorithmisch weiterentwickelter Software + Betrieb) übernimmt. Mit L5 Halterhaftung statt Fahrerhaftung	Die Haftungsversicherung im aMIV bleibt weitgehend unverändert mit Halterhaftpflicht > Produkthaftpflicht. Veränderung der Prämien je nach tatsächlicher Veränderung der Risiken.	Beeinflussung der Fahrzeuge in kapazitätskritischen Zonen durch hoheitliche externe Organe kann evtl. entsprechende Haftungsansprüche bewirken (beispielsweise bei verkürzten Zeitlücken zur Kapazitätssteigerung)

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Recht: Strassenverkehrsordnung Strasseninfrastruktur</p>		<p>Das Wiener Übereinkommen muss dahingehend angepasst werden, dass der Fahrer auf Pilotstrecken von seinen Pflichten entlastet wird.</p> <p>Das Nationalstrassennetz wird in Strecken mit und ohne Automatisierungsmöglichkeit aufgeteilt. Diese werden durch eine entsprechende Signalisation gekennzeichnet, digitale Karten müssen entsprechend erweitert werden. Fahrzeughersteller müssen nachweisen, dass nur auf diesen Abschnitten automatisiert gefahren werden kann.</p>	<p>Das Wiener Übereinkommen ist soweit angepasst, dass der Fahrer auf definierten Abschnitten von seinen Pflichten entlastet wird.</p> <p>Das Netz von Überlandstrassen wird in Strecken mit und ohne Automatisierungsmöglichkeit aufgeteilt. Diese werden durch eine Signalisation gekennzeichnet, digitale Karten müssen entsprechend erweitert werden.</p> <p>Um «risikominimale Zustände» überall im HLS-Netz zu ermöglichen ist die Verkehrsträgerinfrastruktur entsprechend ausgerüstet (beispielsweise Ausbau Pannestreifen).</p>	<p>Das HVS-Netz ist in Strecken mit und ohne Möglichkeit aFn aufgeteilt. Strecken, auf denen mit Auto-Pilot gefahren werden darf sind durch eine entsprechende Signalisation gekennzeichnet; digitale Karten müssen entsprechend erweitert werden. Fahrzeughersteller müssen nachweisen, dass nur auf diesen Abschnitten automatisiert gefahren werden kann.</p> <p>Um «risikominimale Zustände» überall innerorts zu ermöglichen ist die Verkehrsträgerinfrastruktur entsprechend ausgerüstet.</p> <p>Für Fahrten, die vollständig mit L5 erfolgen, und bei der in keiner Situation die Notwendigkeit eines tieferen Levels zustande kommen kann, ist die Benutzung eines automatisierten Fahrzeuges in L5 möglich, ohne einen Führerausweis besitzen zu müssen. Darüber hinaus sind in diesem konkreten Fall auch Leerfahrten möglich. Ist eine Anwendung von L5 nicht möglich, so ist eine Weiterfahrt ohne Fahrer mit Führerausweis nicht erlaubt.</p>	<p>Anhaltmöglichkeiten zum Ein- und Aussteigenlassen (unterwegs bei Sammelfahrten und beim Schulhaus) müssen klar ersichtlich bzw. geregelt sein.</p> <p>Um «risikominimale Zustände» auch überall im HVS-Netz a. o. zu ermöglichen ist die Verkehrsinfrastruktur entsprechend ausgerüstet.</p> <p>Für Fahrten, die vollständig mit L5 erfolgen, ist die Benutzung eines automatisierten Fahrzeuges möglich, ohne einen Führerausweis besitzen zu müssen. Darüber hinaus sind in diesem konkreten Fall auch Leerfahrten möglich. Ist eine Anwendung von L5 nicht möglich, so ist eine Weiterfahrt ohne Fahrer mit Führerausweis nicht erlaubt.</p>	<p>Kapazitätskritische Strecken sind definiert und signalisiert. Es besteht ein Automatismus, dass die Fahrzeuge in diesen Abschnitten mit verkürzten Fahrzeugabständen resp. Zeitlücken verkehren und ein übergeordnetes System dies steuert, evtl. abhängig von der lokalen Verkehrsdichte.</p> <p>Wo dieser Automatismus (und damit die Pflicht zum automatisierten Fahren) festgelegt ist, besteht wegen besserer Spurtreue evtl. die Möglichkeit zur Reduktion der Lichtraumprofile. (ggf. gegenläufig zu den neuen SN 640201 und 640202 Geometrisches Normalprofil, 30.06.2017)</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Technologie: Fahrzeuge und Sensoren</p>		<p>Fahrzeuge müssen Level 3 erreichen können, dh. ein Fahrer muss bereit sein, nach einer Aufforderung und mit ausreichender Zeitreserve die Steuerung des Fahrzeugs zu übernehmen.</p> <p>Die Sensoren müssen mit minimalen Fehlerraten das Verkehrsgeschehen bis ca. 300 m vor dem Fahrzeug vollständig erfassen können (Autobahn).</p>	<p>Fahrzeuge müssen Level 4 erreichen können, d. h. sie müssen selber einen risikominimalen Zustand einnehmen können. Diese müssen je nach Situation definiert werden (Pannestreifen, Ausstellbucht, Strassenrand).</p>	<p>Grundsätzlich ist Level 4 und L5 «limitiert vollautomatisiert» erreicht und etabliert. Autobahn-Pilot und automatischer Nothalt sind Beispiele für Möglichkeiten in diesem Level. Längsführung und Querführung ist grundsätzlich gegeben. Die Überwachung des Fahrzeuges ist nicht dauerhaft notwendig, allerdings muss der Führer einer Aufforderung mit ausreichender Zeitreserve zwingend nachkommen. Leerfahrten sind daher noch nicht möglich, es muss sich jederzeit mind. eine Person mit Fahrerlaubnis im Fahrzeug befinden.</p>	<p>räumliche resp. - Netzeinschränkungen müssen fail-safe programmiert sein</p> <p>Die Türen müssen gegen unbeabsichtigtes Öffnen durch Kinder während der Fahrt gesichert sein, evtl. auch beim Ein- / Aussteigen auf der Verkehrsseite, je nach Situation.</p>	<p>Beginn und Ende von Pflichtstrecken müssen als solche von den Fahrzeugen erkannt werden (Datenübertragung oder Erfassung Signalisation)</p>

Daten	<p>Transportunternehmen und Fahrzeughersteller werden noch bedeutender</p> <p>Navigationsanbieter verlieren an Bedeutung, da sie kaum Mehrwert mehr liefern können</p> <p>Fahrzeugzulassungsbehörden werden zunehmend herausgefordert durch neue technische Aspekte, die Gegenstand der Zulassungsprüfung werden</p> <p>Technologiefirmen gewinnen an Bedeutung in ihrer Rolle als Technologieentwickler und Marktplayer (disruptive Business-Cases)</p> <p>Die Fahrzeughersteller bestimmen selbst die Vernetzung der Fahrzeuge und sind treibend für die Kommunikation automatisierter Fahrzeuge</p>	<p>Amtliche Geodatenproduzenten werden nur dann wichtiger, wenn sie in der Lage sind, regulatorische Daten zu erstellen.</p> <p>Private Geodatenanbieter verlieren an Bedeutung, da Geodaten von Mobilitätsanbieter selber erhoben werden</p> <p>Daten zwischen Fahrzeugen werden erst innerhalb einzelner Marken und Typen ausgetauscht.</p> <p>Standards im Bereich Car2Infrastructure (C2I) werden gesetzt.</p> <p>Fahrzeughersteller werden wichtiger, da sie die Plattform besitzen</p> <p>Netzanbieter verlieren an Bedeutung, da ihr Angebot Commodity (Konfektionsware) ist</p>	<p>Datenanalysten werden wichtiger, da Daten aus unterschiedlichen Quellen aufbereitet werden müssen (Data Analytics)</p> <p>Silicon Valley Firmen (Big Five) werden wichtiger, da sie einen Fahrzeughersteller kaufen werden</p>	<p>Mobilitätsanbieter im MIV werden wichtiger</p> <p>Verkehrsbehörden profitieren von der Entwicklung (Datenbezug, Steuerungspotenzial) und werden wichtiger. Die Bevölkerung erwartet zielführende Regulierung bezüglich Verkehrssicherheit.</p>	<p>Flächendeckende Datenverfügbarkeit über alle Netze hinweg</p>	<p>Verkehrsbehörden resp. Anweisungen werden noch wichtiger, da die Politik Regulierungen zur Effizienzsteigerung auf den Strasseninfrastrukturen und zu Sicherheit erwartet.</p>
Kommunikationsinfrastruktur	<p>3G flächendeckend verfügbar, zuverlässig und mit ausreichender Leistung</p>	<p>ETSI und ITU haben Mobilfunk-Standards im Bereich Car2Infrastructure-Kommunikation (C2I) erarbeitet. Darauf setzt z. B. die 5GAA mit mehreren C-V2X Funktionalitäten im 4G und späteren 5G Mobilfunk-Standards auf.</p> <p>4G für Teststrecke für L4-Technologie mit C-V2X Funktionalitäten in der Kommunikationsinfrastruktur auf HLS verfügbar, als technischer Teil der Teststrecke (Datenübertragungssicherheit zwecks Gewährleistung der Verkehrssicherheit)</p>	<p>4G flächendeckend in ausreichender Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit für Freigabe L3 innerorts und HLS verfügbar</p> <p>Verfügbarkeit 5G ist Stand der Technik in allen kapazitätskritischen Netzbereichen, aber nicht Voraussetzung für Freigabe L4 auf HLS</p>	<p>5G verfügbar, zuverlässig und mit ausreichender Leistung, jedoch nicht flächendeckend, aber ausreichend auf den kapazitätskritischen HLS und in den geschlossenen Siedlungsgebieten der Agglomerationen des Mittellandes</p>	<p>5G flächendeckend im Mittelland sowie in den geschlossenen Siedlungsgebieten auch im Alpenraum sowie im gesamten schweizerischen HVS-Netz verfügbar, zuverlässig und mit ausreichender Leistung</p>	<p>Ggf. Bedarf für Zusatzkommunikationsinfrastruktur für allfällige externe Überwachung (VM und Verkehrssicherheit)</p>
Gesellschaftliche Akzeptanz & Weitere Faktoren	<p>Diskussionen um Algorithmen, die ethische Entscheide treffen, und über gewünschte und unerwünschte Effekte der aFz finden statt.</p>	<p>Eine Mehrheit der Gesellschaft ist begeistert von der neuen Technologie und sieht Vorteile. Ein politisch-gesellschaftlicher Diskurs wurde geführt (evtl. im Vorlauf einer Gesetzesvorlage).</p>	<p>Die Pilotversuche auf der Autobahn haben zu einer weiteren Steigerung des Sicherheitsgefühls und des Vertrauens in die Technologie geführt.</p>	<p>Das Vertrauen in die Technologie in Level 4 «limitiert vollautomatisiert» hat sich weiter gesteigert und ist unterdessen grundsätzlich vorhanden.</p> <p>Die Anwendung auf Autobahnen ist etabliert und vollständig akzeptiert, auf Überlandstrassen kann das das Vertrauen der Gesellschaft in die entsprechende Technologie noch verstärkt werden.</p>	<p>Eine Entführung des Fahrzeuges muss vermieden werden können.</p>	<p>Pflicht zum aFn stellen wohl einen staatlichen Eingriff dar, der eine längere Phase des Wertewandels und des politischen Diskurses bedingt.</p>

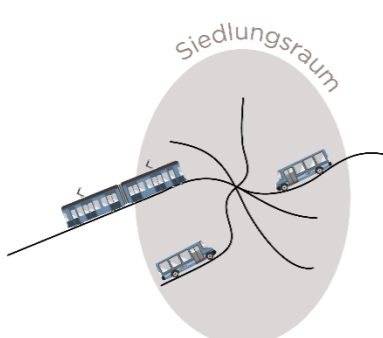
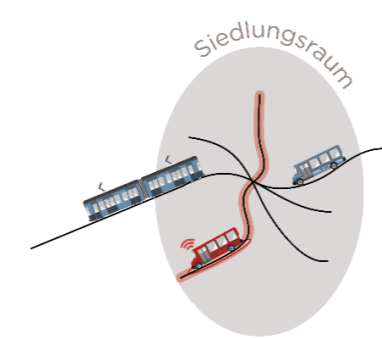
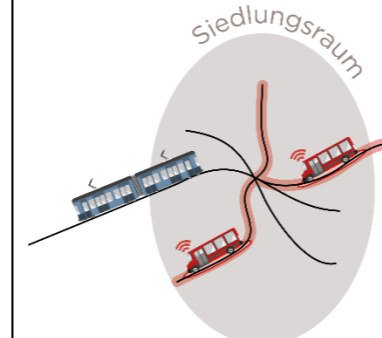
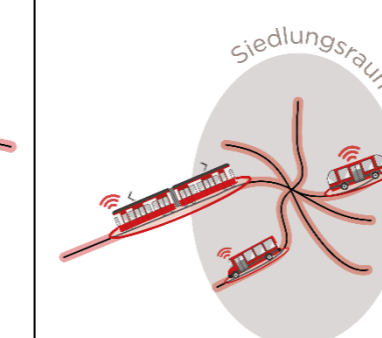
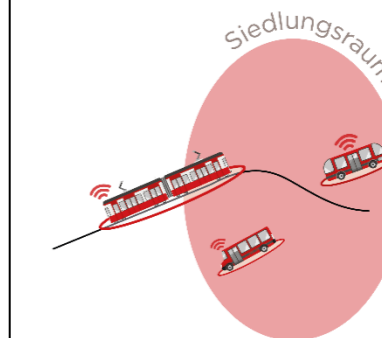
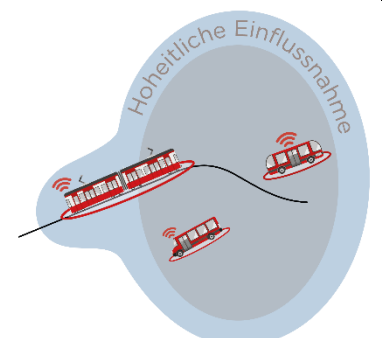
Marktdurchdringung Neuwagenmarkt	Level 1	50%	35%	5%	0%	0%	0%
	Level 2	5%	35%	15%	0%	0%	0%
	Level 3	0%	15%	55%	25%	5%	0%
	Level 4	0%	5%	20%	50%	45%	10%
	Level 5	0%	0%	5%	25%	55%	90%
Marktdurchdringung Fahrzeugbestand	Level 1	15%	30%	25%	15%	5%	ca. 0%
	Level 2	0%	10%	20%	15%	10%	ca. 0%
	Level 3	0%	5%	20%	30%	25%	10%
	Level 4	0%	0%	5%	20%	35%	30%
	Level 5	0%	0%	0%	5%	20%	60%

5G 5. Generation der Kommunikationstechnologie (heute Übergang von 3G zu 4G)

5GAA 5G Automotive Association

C-V2X Cellular Vehicle-to-anything communication

A6.2 Beschreibung der Zustände des Anwendungsbereiches «Strassengebundener ÖV»

Strassengebundener ÖV – Personenverkehr		Zustand 1 Erste Versuche	Zustand 2 Sonderbewilligungen	Zustand 3 Freigabe innerorts	Zustand 4 Grossräumige Freigabe	Zustand 5 Umfassende Freigabe	Zustand 6 Umfassende Freigabe mit verstärkter staatlicher Einflussnahme («flankierende Massnahmen» ²⁷⁾)
Anwendung	Räumlicher Bezug						
	Pilotversuche	Teststrecken/-gelände im öffentlichen Raum bzw. öffentlich zugänglichem Verkehrsnetz L4	Teststrecken/-gelände im öffentlichen Raum bzw. öffentlich zugänglichem Verkehrsnetz L5				
	Kleinbusse		Automatisierte Kleinbusse innerorts im Regelbetrieb L4	Automatisierte Kleinbusse innerorts im Regelbetrieb L5 Haltestellen sind weiterhin die massgebenden Fixpunkte.	Adaptiver ÖV mit Kleinbussen innerorts im Regelbetrieb L5 Haltestellen sind weiterhin die massgebenden Fixpunkte.	Adaptiver ÖV im Regelbetrieb ohne flankierenden Massnahmen: Möglichkeit des Poolings, Einsatz der öffentlichen Fahrzeuge als Car- und Ridesharing (wobei diese Einsatzmöglichkeiten eine untergeordnete Rolle spielen, Anteile Sharing ≤25%)	Adaptiver ÖV im Regelbetrieb mit flankierenden Massnahmen: Möglichkeit des Poolings, Einsatz der öffentlichen Fahrzeuge als Car- und Ridesharing (wobei diese Einsatzmöglichkeiten eine übergeordnete Rolle spielen, Anteile Sharing ≥50%)
	Linien- / Fernbusse			Automatisierte Linien- und Fernbusse auf Teststrecken L4, inner- und ausserorts	Automatisierte Linien- und Fernbusse auf Teststrecken L5, inner- und ausserorts Haltestellen sind weiterhin die massgebenden Fixpunkte.	Haltestellen sind nicht weiter die massgebenden Fixpunkte (adaptiver ÖV)	Haltestellen sind nicht weiter die massgebenden Fixpunkte (adaptiver ÖV)
	Taxi ²⁸			Taxi-Flotten L4	Taxi-Flotten L5		
Tram	Fahrerassistenzsysteme ²⁹	Teilautomatisierte Trams GoA3 (entspricht in etwa L4) auf Teststrecken (vergleichbar mit PZB)	Vollautomatisierte Trams GoA3 (L4) auf Teststrecken (vergleichbar mit LZB)	Vollautomatisierte Trams GoA3 (L4) im Gesamtnetz (vergleichbar mit PZB bzw. LZB) Autonome Trams GoA4 (L5) auf Teststrecken (Fahren ohne Fahrer)	Autonome Trams GoA4 (L5) im Gesamtnetz (Fahren ohne Fahrer)		

²⁷ Flankierende Massnahmen entspricht insbesondere der «politischen Unterstützung»: Änderung der Regelgeschwindigkeit für den MIV in Städten, Entwicklung und Subvention von Ridesharing-Fahrzeugen, Erhalt von Bus-/Tramlinien, Strassenbenutzungsgebühren, Parkgebühren, Zufahrtsbeschränkungen (Innenstädte) u.a.

²⁸ Taxi werden im Anwendungsbereich des strassengebundenen Verkehrs integriert betrachtet, weil es für Taxi kantonale Verordnungen gibt, Betriebsbewilligungen notwendig sind und sie analog dem Öffentlichen Nahverkehr die letzte Meile bedienen. Es dürfte einfacher sein, für Taxi Sonderbewilligungen auszustellen als für den MIV. Und je weiter die Automatisierungstechnologien fortgeschritten sein werden, desto näher kommen sich Taxi und ÖV (Stichwort «Vermischung»)

²⁹ Z.B. Sicherheitsfahrerschaltung, Tempomate, Weichensteuerung über Routenversorgung, Kollisionsvermeidung, Soft Stop, Automatische Notbremsung bei physikalisch unvermeidbarer Frontkollision, Vermeidung von Folgekollisionen, Toter-Winkel-Assistenz, etc.)

Voraussetzungen	Zulassungen/Bewilligungen	<p>Tram: Zulassung von Assistenzsystemen zum regulären Linienbetrieb</p>	<p>Sonderbewilligungen ermöglichen den Einsatz von Bussen und Trams auf ausgewählten Strecken.</p> <p>Zu Beginn werden Linien mit einem möglichst tiefen Komplexitätsgrad bevorzugt bewilligt (daher: möglichst hoher Anteil Eigentrasse, möglichst isolierte Linien, möglichst geringes Fahrgastaufkommen etc.)</p> <p>Haltestellen sind die massgebenden Anfangs-, Zwischen- und Endpunkte der streckenbezogenen Bewilligungen. Nur an Haltestellen ist ein Fahrgastwechsel möglich.</p>	<p>Über Sammelbewilligungen werden Buslinien (streckenbezogen) erlaubt.</p> <p>Für die Zulassung muss als Bedingung ein Überwachungssystem aufgebaut werden, welches die Fahrzeuge über Remote Access im Notfall anhalten kann.</p> <p>Haltestellen sind weiterhin die massgebenden Fixpunkte.</p>	<p>ÖV-Betriebsbewilligungen werden von Strecken auf Perimeter erweitert.</p> <p>Private Anbieter von Sharing- und Pooling-Diensten erhalten in den Perimetern Konzessionen, müssen sich allerdings bei Anwendung von L5 an die Haltestellen des ÖV halten.</p> <p>Für die Zulassung müssen sowohl öffentliche als auch private Anbieter ein Überwachungssystem aufweisen, welches die Fahrzeuge über Remote Access im Notfall anhalten kann.</p>	<p>Zulassung des Steuerungssystems im Rahmen der Fahrzeugzulassung.</p> <p>Private Anbieter von Sharing- und Pooling-Diensten erhalten Perimeter-Konzessionen.</p>
	Versicherung	Keine Veränderung	<p>Die Haftungsversicherung bleibt weitgehend unverändert. Versicherungen schaffen aber die Grundlagen, auf Hersteller von Fahrzeugen und Überwachungssysteme Regress nehmen zu können.</p>	Für den Einsatz von L5 ist anstelle von einer Fahrer- neu eine Halterhaftung oder sogar Produkthaftpflicht vorgesehen.		
	Gesetzliche Rahmenbedingung	Keine Veränderung	<p>Das Wiener Übereinkommen muss dahingehend angepasst werden, dass der Buschauffeur und die Trampiloten auf Teststrecken von ihren Pflichten entlastet werden</p> <p>Das Strassenverkehrsgesetz wird erweitert auf Strassenbahnen und Busse, die mit L4 bzw. GoA3 verkehren. Spuren bzw. Trassen, auf denen die Fahrzeuge verkehren, sind entsprechend gekennzeichnet.</p>	<p>Das Wiener Übereinkommen ist soweit angepasst, dass der Fahrer auf definierten Abschnitten von seinen Pflichten entlastet wird.</p>	<p>Weiterhin sind Haltestellen die massgebenden Zugangs- und Abgangspunkte, die Dichte und die Lagen können allerdings angepasst werden. Die Signalisation von Haltestellen muss angepasst werden, ebenso müssen digitale Karten erweitert werden.</p> <p>Sicherheitsvorschriften entlang der automatisierten Tram-Strecken. Ggf. separates Signal zur Information des konventionellen Verkehrs «Achtung automatisierter Trambetrieb»</p>	<p>Da Haltestellen nicht weiterhin Fixpunkte darstellen, kann auf sie infrastrukturseitig als auch signaltechnisch verzichtet werden. Neu sind Regulatoren notwendig, die einen legalen Fahrgastwechsel definieren: Wann, wo, wie und wie lange?</p> <p>Sicherheitsvorschriften entlang der automatisierten Tram-Strecken. Ggf. separates Signal zur Information des konventionellen Verkehrs «Achtung automatisierter Trambetrieb»</p>

Technologie von Fahrzeugen und Sensoren	Keine Veränderung	Kleinbusse müssen Level 4 erreichen können, dh. sie müssen selber oder zusammen mit dem Überwachungssystem einen risikominimalen Zustand einnehmen können (Anhalten im Streckenbereich). Die Sensoren müssen mit minimalen Fehlerraten das Verkehrsgeschehen bis ca. 300 m vor dem Fahrzeug vollständig erfassen können.	Grossraumfahrzeuge müssen Level 4 erreichen können, dh. sie müssen selber oder zusammen mit dem Überwachungssystem einen risikominimalen Zustand einnehmen können (Anhalten auf definierten Flächen). Die Sensoren müssen mit minimalen Fehleraten das Verkehrsgeschehen bis ca. 300 m vor dem Fahrzeug vollständig erfassen können. Kleinbusse im Regelbetrieb müssen L5 erreichen können.	Grossraumfahrzeuge müssen Level 5 erreichen können Carsharing- und Taxi-Fahrzeuge müssen grundsätzlich ebenfalls L5 «vollautomatisiert» erreichen können. Die Überwachung des Fahrzeuges ist nicht dauerhaft notwendig.	Tram: Zuverlässigkeit der Sensoren muss den langen Bremswegen gerecht werden.	
		CBTC: Aufrüstung der Tram auf ATP („automatische Zugsicherung“) sowie ATO („Automatische Zugsteuerung“). Zwingender Bedarf an Bordrechnern (z. B. Berechnung Bremskurve)				
	Daten: Genese, Qualität und Übertragung	Keine Veränderung	Infrastrukturbehörden definieren die neuen bzw. notwendigen Standards im Bereich „car-to-infrastructure communication“. Datenaustausch zwischen Tram und Infrastruktur muss den Sicherheitsstandards entsprechen (ATO, ATP, ATS). Je nach Systementscheid ist der Ausbau des Funkdatenübertragungsnetzes notwendig.			
	Infrastruktur	Keine Veränderung	Minimierung der Anteile Mischverkehr, mind. durch Signalisierung, anzustreben sind bauliche Massnahmen. Dies gilt insbesondere für Tram, aber auch für den Busbetrieb. ³⁰		Busbetrieb (adaptiver ÖV): Trend zur Aufhebung der klassischen Haltestellen, insbesondere ausserorts. Dies erzeugt Bedarf an neuen Haltemöglichkeiten am Strassenrand, voraussichtlich mit baulichen Anpassungen des Strassenraums. Tram: Quasi vollständig mit Eigentrasse. Anteil Mischverkehr minimal.	
Gesellschaftliche Akzeptanz	Es finden mediale, gesellschaftliche und politische Diskussionen über die ÖV-Pilotversuche mit Kleinbussen statt. Das Vertrauen in die Technologie steigt.	ÖV-Pilotversuche haben einen positiven Eindruck bei den Nutzern hinterlassen. Sie sind bereit, in selbstfahrende Busse einzusteigen, und haben Vertrauen in die Technologie. Mit dem Überwachungssystem wird ein Sicherheitsempfinden der Nutzer erreicht.	Die streckenbezogenen ÖV-Anwendungen sind auf eine positive Resonanz gestossen. Der Anspruch nach einer Flexibilisierung von Fahrdiensten nimmt zu.	Die Anwendungsfälle in Zustand 3 gewinnen weiter an Akzeptanz und Vertrauen in der Gesellschaft.	Vollständige Akzeptanz der Technologie L5 sowie des adaptiven ÖV.	
		Tram: Aufrüstung der Fahrbahn auf PZB oder vergleichbar	Tram: Aufrüstung der Fahrbahn auf LZB oder vergleichbar	Tram: Aufrüstung der streckenseitigen notwendigen Massnahmen, um L5/GoA4 zu ermöglichen.		

³⁰ Hauptgrund für eine Minimierung des Anteils Mischverkehrs ist der lange Bremsweg von Strassenbahnen in Kombination mit dem Fakt, dass Trampiloten in der Lage sind zu antizipieren und so den heute bekannten Regelbetrieb erhalten können. Ein autonomes System müsste ein ähnliches Verhalten aufweisen können, sprich sich selbstlernend Situationen beibringen, um in einer nächsten Situation besser antizipieren zu können. Es wird derzeit davon ausgegangen, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit von Strassenbahnen im Mischverkehr ca. 5 km/h beträgt. Mit einem selbst lernenden System ist es denkbar, diese Vmittel leicht zu erhöhen (ca. 10-15 km/h)

A6.3 Beschreibung der Zustände des Anwendungsbereiches «Schienenverkehr»

Schienenverkehr – Personen- und Güterverkehr					
		Zustand 1 Isolierte Anwendungen	Zustand 2 Ausgewählte Teststrecken	Zustand 3 & 4 Ausweitung auf Teilnetze	Zustand 5 & 6 Gesamtnetz vollautomatisiert
Anwendung	Räumlicher Bezug				
	Anwendungsfälle	Führerlose U-Bahn (GoA 4): derzeit ca. 60 U-Bahn- und People-Mover-Systeme (Schindler, 2017) Vollautomatisierte Seil- und Zahnradbahnen (GoA 4) Stadtbahnen im Tunnel mit LZB (GoA 3 z.B. Stadtbahn Düsseldorf) oder im Freien mit Zugbegleiter (GoA 4 z.B. Docklands)	Automatisierter führerloser Zugbetrieb auf ausgewählten und i.d.R. isolierten Teststrecken (GoA 3/4).	Automatisierter führerloser Zugbetrieb in artenreinen Teilnetzen (z.B. ausschliesslich HGV) mit <u>Pflicht</u> zur Anwendung, sowohl im SPNV als auch im SPFV (GoA 3/4). ³¹	Automatisierter führerloser Zugbetrieb im Gesamtnetz mit <u>Pflicht</u> zur Anwendung (GoA 3/4)
Voraussetzungen	Zulassungen/Bewilligungen	Für U-Bahnen, Standseilbahnen und analoge isolierte Bahnsysteme sind fallspezifische Zulassungen im Rahmen der bestehenden gesetzlichen Regelungen nach dem Prinzip des Nachweises des gleichen Grades an Sicherheit möglich. (BAV, 2016, S. Art. 5)	Automatisierter Zugbetrieb ist in den Automatisierungsgraden 3 und 4 grundsätzlich im gesamten Netz der Vollbahnen, daher SPFV und SPNV, für konzessionierte Verkehrsunternehmen erlaubt. Die Anforderungen an GoA4 sind allerdings insb. bezogen auf die Ausfallsicherheit von Steuerungsrechner und Kommunikationseinrichtungen sehr hoch, weswegen entsprechende Bewilligungen wie z.B. SIL 4 (EBV, Art. 5) erforderlich sind. Die Systeme müssen zudem abwärtskompatibel sein, so dass die Fahrzeuge auch auf Strecken mit derzeitiger LST eingesetzt werden können (insbesondere solange der Einsatz von GoA 3/4 nur auf ausgewählten Strecken bzw. Teilnetzen erfolgt und keine Pflicht der Anwendung besteht; hier werden die Fahrzeuge i.d.R. mit Zusatzlayern ausgestattet.		
	Gesetzliche Rahmenbedingung	Keine Anpassungen der einschlägigen Verordnungen und Regelwerke notwendig.	Anpassung bzw. Ergänzung der Fahrdienstvorschriften (FDV) und ggfs. Präzisierung in den zugehörigen AB-FDV des EIU.	Anpassung und Nachführen der AB-EBV.	Komplette Umstrukturierung Regelwerk zum Fahrdienst. In GoA 4 sogar Abschaffung des FDV und der AB-FDV, da keine Lokführer mehr.
	Versicherung	Verschiebung der Sicherheitsverantwortung weg vom EVU hin zum EIU bzw. dem Lieferanten (Systemhersteller). Da viel höhere Verantwortung bei den Lieferanten der Systeme werden diese wohl umfassendere Versicherungen benötigen.			
	Technologie von Fahrzeugen und Sensoren	Basis bzw. Grundvoraussetzungen für eine Automatisierung ist ETCS ab Level 2 (Grund: EU-Verordnungen und TSI); Trend zu «ATO over ETCS» ist erkennbar. ³² CBTC: Aufrüstung der Fahrzeuge auf ATP („automatische Zugsicherung“) sowie ATO („Automatische Zugsteuerung“). Zwingender Bedarf an Bordrechnern (z. B. Berechnung Bremskurve). I.d.R. sind diese Systeme abwärtskompatibel (herkömmliche LST)			

³¹ Pflicht zur Anwendung: Aktuelle Vorgaben des BAV sehen vor, dass auf ETCS L2-Strecken nur entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge als führende Fahrzeuge verkehren dürfen.

Güterverkehr: Ob eine vollständige Automatisierung im Güterverkehr gleichzeitig stattfinden wird, ist abhängig von der Entwicklung des Einzelwagenladungsverkehrs (EWLV). Vollautomatisierung quasi nur möglich bei Verzicht bzw. Wegfall des EWLV,

³² «ATO over ETCS» wird bereits in UK implementiert und in den Niederlanden und Deutschland nachgefragt. Im Rahmen der EU-initiative Shift2Rail wird die Standardisierung «ATO over ETCS» als Schwerpunktthema in einer Europäischen Gremienarbeit weiterentwickelt (Siemens, 2016). Zudem wird im Rahmen des Shift2Rail-Projektes (bislang grösstes Innovationsprogramm im Eisenbahnsektor mit einem Investitionsvolumen von insgesamt 920 Mio. Euro das ATO auf Basis von ETCS beforscht und Demonstratoren entwickelt (European Union Funding for Research & Innovation, 2017).

Daten: Genese, Qualität und Übertragung	Datenaustausch zwischen ATO Spots (i.d.R. Balisen) und ATP Control Units: Informationen zur Zugsteuerung (Halte, Geschwindigkeiten etc.), auch Bremsbefehle. Datenaustausch zwischen ATP Control Units: Austausch über Zustand der Blöcke Datenaustausch zur Lokalisierung des Zuges zw. ATP Control Units und ATS Computer. Funkdatenübertragung: Je nach Systementscheid resultiert Bedarf an Ausbau des GSM-R-Netzes (bzw. Nachfolgetechnologie für Funkdatenübertragung) entsprechend der räumlichen Nutzung, daher Ergänzung durch weitere Mobilfunk-Sendemasten im Perimeter wie oben beschrieben. Dabei ist die erforderliche und im Vergleich zu heute deutlich erhöhte Sendeleistung zu beachten.	
Infrastruktur	In Abhängigkeit des Systementscheides: festen vs. wandernden Raumabstand (Moving Block). Bahnanlagen: Überwachung und bauliche Massnahmen für sicheren Betrieb am und auf dem Bahnsteig (Bahnsteigtütern, Radar (z.B. Nürnberg) o.a.) sowie Absperrungen (z.B. Zaun) zur Vermeidung von unbefugtem Betreten und Wildwechsel an neuralgischen Stellen	
Gesellschaftliche Akzeptanz	Führerlose Zugfahrten in isolierten Systemen sind akzeptiert (und wie z.B. in Lausanne, Zürich und Luzern in Betrieb).	Die Mehrheit ist überzeugt von der Entwicklung der Technologien und erkennt die Vorteile der führerlosen Züge (Erhöhte Sicherheit, besseres Angebot durch Kapazitätssteigerung, Zuverlässigkeit). Politisch-gesellschaftlichen Diskurse, insbesondere anlässlich der Wechsel von GoA 2 (mit Lokführer) auf GoA 3 (begleitet durch Fahrpersonal, aber ohne Lokführer) sowie von GoA 3 auf GoA 4 (ohne Personal) werden geführt.
Weitere Faktoren	Überarbeitung der Lichtraumprofile bzw. Anpassung der Infrastruktur für den Störfall, so dass ausreichende Beleuchtung und ein sicherer Seitengang sowie entsprechende Flucht(weg)möglichkeiten vorhanden sind.	

FDV Fahrdienstvorschriften

SIL Sicherheitsintegritätslevel (auch Sicherheitsanforderungsstufe) gemäss Sicherheitsnorm EN 61508; hier in Bezug auf ETCS Level 1 Limited Supervision «SIL4 = streckenseitig kein fehlersicheres System verlangt»

TSI Technische Spezifikationen für die Interoperabilität