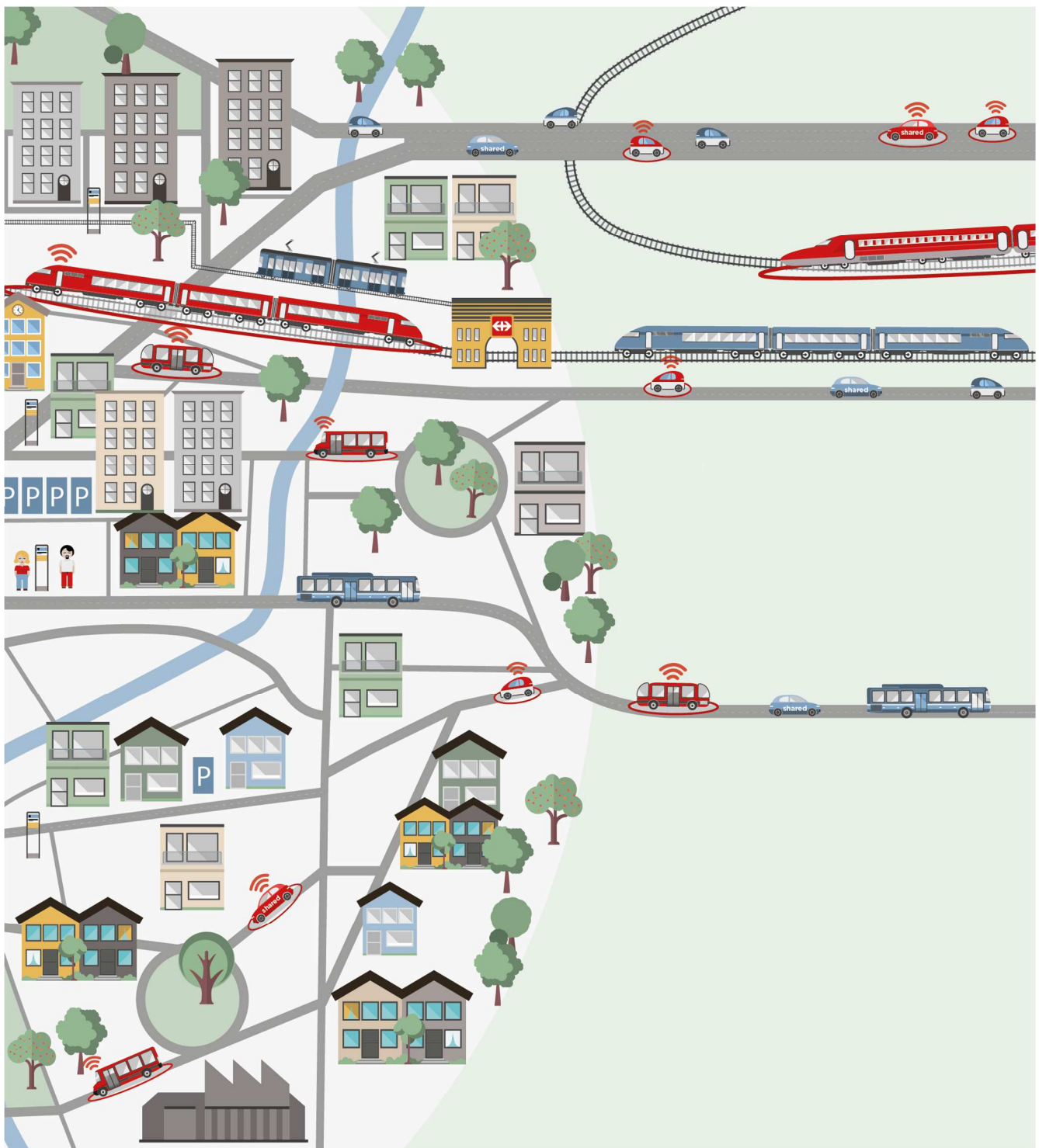


Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag - Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz

Zusammenfassung Grundlagenstudie (Phase A) und Vertiefungsstudien (Phase B)
11. September 2018



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 (Unfallforschung & Prävention)
Postauto
Stadt Zug
Stadt Nyon
Stadt Pully
Gemeinde Regensdorf
Stadt St. Gallen (Amt für Umwelt und Energie)
Autobus AG Liestal AAGL
Viasuisse AG
Coop
Galliker Transport

Projektteam

Fabienne Perret
Remo Fischer
Frank Bruns
Dr. Christof Abegg
Dr. Peter de Haan
Ralph Straumann
Matthias Hofer
Lorenz Raymann

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Titelbild: Visualisierung Modellumgebung zum automatisierten Fahren, eigene Darstellung
Datei: 180911_BaslerFonds_aFz_Phase A+B_summary_deutsch.docx
Projektnummer: 216184.00

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung Grundlagenstudie Phase A	4
2.	Zusammenfassung Verkehrstechnik (Phase B)	9
3.	Zusammenfassung Daten + IT-Infrastrukturen (Phase B)	14
4.	Zusammenfassung Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV) (Phase B)	16
5.	Zusammenfassung Städte und Agglomerationen (Phase B)	23
6.	Zusammenfassung Ressourcen, Umwelt, Klima (Phase B)	27
7.	Zusammenfassung Güterverkehr / City-Logistik (Phase B)	28

1. Zusammenfassung Grundlagenstudie Phase A

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 Spurwechsellvorgänge 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 schienenengebundenen 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 Strassen-

verkehrsämter 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 Typengenehmigungsverfahren 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.

2. Zusammenfassung Verkehrstechnik (Phase B)

Der vorliegende Folienbericht zeigt mögliche Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge auf die Verkehrstechnik auf. Dazu gehört das Fahrverhalten automatisierter Strassenfahrzeuge, die Quantifizierung der Kapazitätseffekte, denkbare Massnahmen im Verkehrsmanagement sowie Folgerungen für den Infrastrukturbedarf. Der Bericht bildet eine Grundlage für strategische Planungen und baut auf der Grundlagenstudie¹ auf.

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge betrifft auch viele weitere Themen wie beispielsweise Raum- und Stadtentwicklung, Kollektiv- und Güterverkehr oder Verkehrssicherheit. Entsprechende Aspekte werden im vorliegenden Bericht nur am Rande behandelt. Hierzu wird auf die anderen Vertiefungsstudien zum «Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag» verwiesen.

Fahrverhalten automatisierter Strassenfahrzeuge

Die Hauptfrage in der Verkehrstechnik zum Einsatz automatisierter Fahrzeuge ist, welche Zeitlücke zwischen zwei Fahrzeugen eingehalten wird. Davon hängt die Kapazität einer Strasseninfrastruktur ab. Heutige Folgezeitlücken könnten durch technische Systeme um die menschlichen Zeitanteile in Bezug auf Sehen/Erkennen von Ereignissen, Reaktions- und Fussumsetzzeit reduziert werden. Auf Hochleistungsstrassen werden heute beispielsweise mittlere Zeitlücken von 1.1 bis 2.0 Sekunden gemessen, an städtischen Knoten durch Antizipation teilweise deutlich tiefere. Experten schätzen für automatisierte Fahrzeuge Reduktionspotenziale der Zeitlücke auf 0.3 – 0.9 Sekunden. Durch die Automatisierung dürften die Zeitlücken auch harmonisiert werden. Zudem wird insbesondere an Knoten schneller und einheitlicher beschleunigt, sodass höhere Räumgeschwindigkeiten erreicht werden. Auf Hochleistungsstrassen werden schnellere Fahrstreifenwechsel und homogenere Geschwindigkeiten erwartet. Sind die Fahrzeuge vernetzt, wird davon ausgegangen, dass kleinere Zeitlücken für Fahrstreifenwechsel benutzt werden können.

Kapazitätseffekte

Die Kapazität wird als grösste Verkehrsstärke betrachtet, die ein Verkehrsstrom an einem bestimmten Querschnitt erreichen kann. Können die tatsächlichen Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen infolge der Automatisierung reduziert werden, stellen sich positive Kapazitätswirkungen bei der bestehenden Infrastruktur ein. Die Zunahme verhält sich überproportional zur Durchdringung der Gesamtflotte mit automatisierten Fahrzeugen. In den Zwischenzuständen mit Mischverkehr von automatisierten und nicht-automatisierten Fahrzeugen fallen die Kapazitätseffekte entsprechend deutlich geringer aus. Simulationsergebnisse für Hochleistungsstrassen weisen derzeit eine Kapazitätserhöhung von maximal rund 30% für eine Zeitlücke von 0.9 Sekunden und vollständig automatisiertem Fuhrpark auf freien Strecken aus. Im Schweizerischen Hochleistungsstrassennetz sind allerdings die dichten Ein- und Ausfahrten und Verzweigungen kapazitätsbestimmend. Auf diesen

¹ EBP: «Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz», Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A); im Auftrag von BaslerFonds und dem Schweizerischen Städteverband und weiteren Partner; 24.10.2017

Abschnitten sind die Folgezeitlücken heute schon sehr gering und durch Automatisierung nur noch geringfügig zu optimieren. Im untergeordneten Netz sind die Kapazitätseffekte geringer als auf den Hochleistungsstrassen und in den Knoten geringer als auf der freien Strecke. Für städtische Knoten werden Kapazitätseffekte in der Grössenordnung von 15% erwartet (bei Reduktion der Zeitlücke um 0.3 Sekunden und vollständiger Durchdringung).

Die Stabilität des Verkehrsflusses steigt mit automatisierten Fahrzeugen an. Bei gleichen, hohen Verkehrsbelastungen können Verkehrszusammenbrüche mit einem entsprechenden Leistungsabfall reduziert werden.

Mobilitäts- und Verkehrsmanagement

Die Automatisierung stellt neue Anforderungen an das Mobilitätsmanagement (Beeinflussung der Nachfrage) und Verkehrsmanagement (Gestaltung des Verkehrsablaufs im Strassennetz). Dabei sind zahlreiche neue und bestehende Instrumente denkbar, die sich in Bezug auf den notwendigen Vernetzungsgrad, auf die vorausgesetzte Durchdringung der Fahrzeugflotte mit automatisierten Fahrzeugen und auf betroffene Mobilitätsfreiheiten (Zeitwahl, Verkehrsmittelwahl, Routenwahl, Fahrzeugbesetzung, Steuerung Mensch oder System) unterscheiden. Zu den diskutierten Instrumenten gehören Verbote von Leerfahrten, die Zuteilung von Slots zum Befahren der Infrastruktur oder das Einführen von Zonen, die ausschliesslich automatisierten Fahrzeuge vorbehalten sind. Sofern die Mobilitätsfreiheiten nicht mit Verboten und Strafen eingeschränkt werden sollen, kann der Verkehr mit zeitlichen (Bsp. Priorisierung an LSA) oder finanziellen Anreizen (Bsp. Mobility Pricing) beeinflusst werden. Das heute für Städte besonderes wichtige Steuerungsinstrument Parkplatzmanagement könnte mit zunehmender Automatisierung aufgrund erhöhter Nutzung von Car- und Ride-Sharing-Diensten sowie allfälliger Leerfahrten im MIV teilweise an Bedeutung verlieren.

Infrastrukturbedarf

Die Kapazitäten der bestehenden Infrastruktur steigen infolge der Automatisierung nur bei hohem Durchdringungsgrad sowie mit tatsächlich reduzierten Zeitlücken auch an kapazitätsbestimmenden «Flaschenhälsen» signifikant an. Mittelfristig zeichnen sich keine massgeblichen Kapazitätssprünge über 20% ab, die deutliche Engpässe auf dem Netz aufheben würden. Werden im Mischverkehr aufgrund von Sicherheitsüberlegungen höhere Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen eingehalten, wäre vorübergehend sogar eine Kapazitätsreduktion nicht auszuschliessen. Längerfristig dürften die Folgezeitlücken automatisierter Fahrzeuge allerdings geringer sein als die heute auftretenden Zeitlücken von menschlichen Fahrern. Diese Entwicklung wird durch die Vernetzung begünstigt. Die Kapazitätseffekte können helfen, Infrastrukturausbauten nicht oder später notwendig werden zu lassen.

Ein Eigentrassee für automatisierte Fahrzeuge (bspw. in den Zwischenzuständen mit Mischverkehr) scheint aus heutiger Sicht in der Schweiz wenig realistisch, da meist kein Platz und eine hohe Knotendichte vorhanden sind. Solange sich menschlich gesteuerte Fahrzeuge auf den Strassen bewegen und sich die Fahrzeuggrössen der massgebenden Nutzungen (bspw. ÖV, LKW, Winterdienst) nicht verändern, erscheint eine Reduktion der

Fahrbahnbreiten nicht realistisch. Solche Flächengewinne stellen sich erst mit dem Einsatz von Kleinfahrzeugen und/oder einer vollständig automatisierten Fahrzeugflotte ein. Werden signifikante Unterschiede bei den räumlichen Verkehrsstärken in den Knoten erreicht, können allenfalls Aufstellflächen angepasst werden. Bei einer hohen Durchdringung von automatisierten Fahrzeugen ist durch Raum-Zeit-Anmeldungen die Aufhebung von Lichtsignalanlagen denkbar. Wobei hier Fragen des Miteinanders von automatisierten Fahrzeugen, Fussgängern und Velofahrenden noch nicht geklärt sind. In den Städten müssen Haltekanten für Ein-/Aussteiger bspw. von automatisierten Sharing-Diensten und Umschlagflächen für den automatisierten Gütertransport bereitgestellt und deren Nutzung geregelt werden.

Handlungsempfehlungen

Auf Basis dieser Arbeiten im Vertiefungsmodul «Verkehrstechnik» werden im Folgenden Handlungsempfehlungen zuhanden der Behörden mit Fokus Städte und Kantone formuliert, wie die Herausforderungen des automatisierten Fahrens angegangen werden könnten, um Chancen zu nutzen und Risiken zu vermeiden. Diese sind als mögliche Ansätze zu verstehen. Ausgang sind immer die individuellen, strategischen Ziele der genannten Akteure.

Kapazitäten

Empfehlungen

- Kapazitätseffekte im Verkehrsnetz ergeben sich durch automatisierte Fahrzeuge, sofern diese kleinere Zeitlücken als menschlich gesteuerte Fahrzeuge erreichen. Behörden sollten hierzu bessere Kenntnisse über das **tatsächliche Folgeverhalten** der automatisierten Fahrzeuge erwerben. Auf dieser Basis können sie sich bei der Festlegung der Fahrzeugzulassung einsetzen, dass – unter Einhaltung von Sicherheitsstandards – nur Fahrzeuge mit positiven Wirkungen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit des Verkehrsnetzes zugelassen werden. → **Kurz- bis langfristig**
- Das Wissen über die **Interaktionen** von automatisierten Fahrzeugen mit dem Fuss- und Veloverkehr sowie dem (nicht-automatisierten) ÖV ist beschränkt. Hierzu müssen Erkenntnisse über die Fähigkeiten und Grenzen von Fahrzeugsystemen gesammelt werden. Bei der Fahrzeugzulassung sollten sich die Behörden von Städten und Kantonen bei der Definition der technischen Anforderungen bzgl. Interaktionen einbringen. → **Kurz- bis mittelfristig**
- In Innenstädten und Agglomerationen sollten **Pilotversuche** von automatisierten Fahrzeugen ermöglicht, begleitet und ausgewertet werden. Insbesondere auch in Bezug auf die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden. Dabei ist darauf zu achten, dass verschiedene technologische Ansätze unterschiedlicher Hersteller getestet werden, um das Fahrzeugverhalten möglichst breit beobachten zu können. → **Kurz- bis mittelfristig (evtl. passiv)**
- Zu den vorhandenen (Assistenz-)Systemen sowie den Automatisierungsgraden in der zugelassenen Gesamtflotte sollte ein **Monitoring** durchgeführt werden, um über Grundlagen zu den Fahrzeugfähigkeiten sowie der Durchdringung von Systemen zu verfügen. → **Kurz- bis langfristig**

Verkehrliche Nachfrage

Hintergrund

Das automatisierte Fahren wirkt sich treibend auf die Nachfrage im Strassenverkehr aus (v.a. durch Nutzung der Reisezeit, neue Nutzergruppen und Leerfahrten, siehe auch Grundlagenbericht). Damit steigt der Druck auf die Infrastruktur, die heute in der Schweiz zu Spitzenzeiten bereits hoch ausgelastet ist. Daher besteht ein Bedarf zur Lenkung der Nachfrage, insbesondere in dichten und stark belasteten Räumen. Im Mobilitätsmanagement (Beeinflussung der Nachfrage) und im Verkehrsmanagement (ausgerichtet auf Nutzung der Infrastruktur bzw. Verkehrsablauf) sind griffige Massnahmen zu finden. In Kombination mit zunehmenden Mobilitätsansprüchen kann dies nur erreicht werden, wenn die **Fahrzeugbesetzung** erhöht werden kann und für die gleiche Verkehrsleistung (Pkm) weniger Fahrzeuge und eine geringere Fahrleistung (Fzkm) benötigt werden.

Empfehlungen

- In der Verkehrspolitik sollte ein **öffentlicher Diskurs** zu Risiken eines erhöhten Verkehrsaufkommens infolge der Automatisierung geführt werden. Handlungsbedarf und -ansätze sollten gemeinsam zwischen Politik, der Wirtschaft und der Gesellschaft erörtert werden. → **kurz- bis mittelfristig**
- Im **Verkehrsmanagement** sollte der **Besetzungsgrad** der Fahrzeuge erkannt werden können und mit zunehmender Automatisierung für die Verkehrssteuerung verwendet werden. Dies kann als Basis für eine Priorisierung von Fahrten und Fahrzeugen oder für eine Bepreisung dienen. → **mittel- bis langfristig**
- In der **Verkehrssteuerung** sollten allfällige MIV-Kapazitätsgewinne (bspw. beim Räumen an LSA-Knoten) zugunsten des Fuss- und Veloverkehrs sowie des ÖV aktiv genutzt werden. → **kurz- bis mittelfristig**
- Im **Mobilitätsmanagement** sind mit Push-Massnahmen (Bsp. Instrumente zur Förderung von Ride-Sharing, Reduktion der Parkplatzverfügbarkeit) und Pull-Massnahmen (Bsp. steuerliche Erleichterungen für kollektive Fahrzeugnutzung, Nachhaltigkeitsbonus) hohe Besetzungsgrade zu fördern. → **mittel- bis langfristig**
- In der Verkehrspolitik sollten Instrumente wie **Mobility Pricing** auf Basis des Besetzungsgrades und in Zonen, in denen die Nachfrage die Kapazität übersteigt, geprüft werden. Weiter ist eine Regelung für **Leerfahrten** zu finden (Bsp. Verbot im MIV, für Sharing-Angebote nur mit Nachweise, dass der Betrieb effizienter als im MIV erfolgt). → **mittel- bis langfristig**

Weiterer Infrastrukturbedarf

Empfehlungen:

- Für vollautomatisierte Sharing-Angebote sind **Haltekanten** (Ein-/Aussteigen) und für den Güterverkehr sind **Umschlagflächen** (Ein-/Ausladen) bereitzustellen sowie deren Nutzung zu regeln. Hierzu müssen geeignete Strassenabschnitte bzw. -flächen definiert werden (unter Berücksichtigung von allenfalls freierwerdenden Längsparkierungsflächen), die Signalisationsanforderungen geklärt werden und der Anpassungsbedarf der Verkehrsregelnverordnung geprüft werden. Dies muss spätestens bis zur Inbetriebnahme des ersten vollautomatisierten Sharing-Fahrzeugs erfolgen. → **mittel- bis langfristig**
- Im Zuge der Automatisierung muss laufend geprüft werden, ob **Flächenoptimierungen** in Knoten möglich sind (Bsp. Reduktion Aufstellflächen bei MIV). → **mittel- bis langfristig**
- Es sind Erkenntnisse zur erforderlichen Qualität der **Markierung** und der **Signalisation** für automatisierte Fahrzeuge im Strassenraum zu sammeln (Bsp. Erkennen von Strassenrändern). Die langen Phasen mit Mischverkehr von automatisierten und nicht-automatisierten Fahrzeugen lassen vermuten, dass bestehende Systeme der Markierung und Signalisation noch lange verwendet werden. → **kurz- bis langfristig**
- In Bezug auf die **Vernetzung** zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur (C2I) ist ein Grundsatzentscheid notwendig. Damit verbunden sind die Möglichkeiten der Einflussnahme auf individuelle Wege im Sinne einer Optimierung des Gesamtverkehrssystems. Das Spektrum geht dabei von keiner Vernetzung der Fahrzeuge während der Fahrt bis hin zu einer Betriebsleitzentrale im MIV. Auf Basis dieses Grundsatzentscheides müssen die Anforderungen an die **Kommunikationsinfrastruktur** definiert werden, gesetzliche Grundlagen geschaffen werden, ein Betreibermodell gefunden werden und entsprechende vertragliche Bestimmungen ausgearbeitet werden. → **mittel- (Entscheid) bis langfristig (Umsetzung)**

3. Zusammenfassung Daten + IT-Infrastrukturen (Phase B)

Der vorliegende Bericht zeigt mögliche Entwicklungen beim Einsatz automatisierter Fahrzeuge und deren Implikationen bezüglich Daten und IT-Infrastrukturen auf. Er bildet eine Grundlage für strategische Planungen und einen Rahmen für Vorgehenskonzepte.

Die Entwicklungen im Bereich smarterer Systeme im weiteren Sinn, z.B. Smart Cities oder Smart Regions, sind ein wichtiger Aspekt beim Einsatz automatisierter Fahrzeuge. Smarte Systeme optimieren sich aufgrund von Daten, intelligenten Algorithmen und menschlichen Entscheidungen. Smart Cities verfolgen dabei die Ziele einer verbesserten Effizienz, Verteilungsgerechtigkeit, Nachhaltigkeit und Lebensqualität. Während Smart Cities auf ein Gesamtwohl abzielen, haben automatisierte Fahrzeuge (vor allem des motorisierten Individualverkehrs) durch ihre bessere technische Ausstattung und Vernetzung stärker als traditionelle Fahrzeuge die Fähigkeit, selbstbezogene Optimierungen z.B. hinsichtlich der eigenen Fahrdistanz oder Fahrzeit vorzunehmen.

Aus den Optimierungsbestrebungen von Smart Cities (Systemsicht) und den Optimierungsbestrebungen der einzelnen Fahrzeuge und ihrer Insassen (Individualsicht) können sich Zielkonflikte ergeben, die künftig im Rahmen von «Verkehrsmanagement 4.0» gelöst werden müssen. Somit sind nicht nur automatisierte Fahrzeuge für ihr Funktionieren auf Daten angewiesen, sondern auch die Behörden für die Überwachung und Steuerung des (automatisierten) Verkehrs gemäss verkehrspolitischen Zielen.

Folgende Arten von Daten lassen sich im Umfeld des automatisierten Fahrens identifizieren: Sensordaten, C2X-Daten (Car-to-Car- und Car-to-Infrastructure-Kommunikation), aggregierte Sensordaten, topografische und verkehrliche Basisdaten, Ereignisdaten und behördliche Daten aus Erhebungen bzw. Messungen – mit unterschiedlicher Bedeutung in den verschiedenen Zuständen automatisierten Fahrens.

Nach Identifikation der relevanten (bereits existierenden und/oder künftig bedeutsamen) Datenflüsse zwischen Fahrzeugen, Fahrzeugherstellern bzw. ihren Datenanalytik-Partnern einerseits und der öffentlichen Hand andererseits, werden Chancen und Risiken skizziert und entsprechende Empfehlungen abgegeben. Letztere zielen auf ein umsichtiges Vorgehen ab, welches städtischen, kantonalen und Bundes-Behörden erlaubt, die künftig stärker geforderte Datenkompetenz in den Themen Mobilität und Smart City aufzubauen, diese zum Gemeinwohl zu nutzen und das Potenzial von Fehlinvestitionen oder kostenrelevanten Verzögerungen bei Bezug und Bereitstellung von Daten zu minimieren.

Es gilt Herausforderungen rund um

- Bereitstellung und Bezug von Daten
- Datenhoheit und Datenzugriff
- Datennutzung und Datenmanagement
- Ethik und Politik

anzugehen.

Empfehlungen zu diesen Themen sind zusammengefasst:

- Erfahrungsaustausch und Koordination mit anderen Behörden, auch international
- Erarbeitung einer Position in der sich formenden Schweizer Datenpolitik, allenfalls in Zusammenhang mit der Formulierung einer Smart City-/Smart Region-Strategie bzw. entsprechenden Umsetzungskonzepten
- Sensibilisierung der eigenen Entscheidungsträgerinnen, Entscheidungsträger und Mitarbeitenden für:
 - ethische, politische und gesellschaftliche Fragen rund um Daten und Entwicklungen wie Smart City und Smart Region
 - Fragen der Datenhoheit (Data Governance, Open Data), Dateneigentum (My Data), Datenqualität, Informationssicherheit und Datenschutz
 - die Arbeit mit Daten (Data Literacy).

Wahrung bzw. Sicherung der Datenhoheit bei für Behörden kritischen Daten.

- Beobachten von Standardisierungsefforts auf internationaler, allenfalls nationaler Ebene bezüglich Arten von Daten, Datenmodellen, Übermittlungskanälen und -protokollen sowie Best Practices.
- Einbezug der aufgezeigten künftigen Entwicklungen rund um Daten und IT-Infrastrukturen in der Mobilität sowie der Standardisierungsaktivitäten im Bereich C2I und Verkehrsmanagement 4.0 in die Erneuerungsplanung der behördlichen Infrastrukturen, Organisationen und Prozesse.
- Weiterentwicklung bestehender Werkzeuge und Abläufe für die Erhebung behördlicher Messdaten im Mobilitätsbereich, beispielsweise drahtlose Übermittlung von Messdaten in (Nah)Echtzeit in nachgelagerte Systeme.
- Bereitstellung von topografischen und verkehrlichen Basisdaten und von Ereignisdaten für das automatisierte Fahren durch Behörden. Dazu gilt es unter anderem gegebenenfalls eine adäquate Open Data-Strategie bzw. deren Umsetzungsplanung an die Hand zu nehmen, technische Systeme für durchgehende digitale und automatisierbare Workflows weiterzuentwickeln und entstehenden internationalen Standards anzupassen.
- Klären und Fortschreiben von Bedürfnissen von Behörden bezüglich:
 - Daten (rund um das automatisierte Fahren bzw. die Mobilität)
 - datenverarbeitenden Systemen (z.B. Echtzeitfähigkeit, Big Data-Fähigkeit)
- Ermittlung von Chancen und Risiken von unterschiedlichen Datenquellen und technischen Lösungsansätzen. Sorgfältiges Testen vielversprechender neuartiger Daten in Pilotanwendungen.

4. Zusammenfassung Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV) (Phase B)

Ausgangslage und Aufgabenstellung

Die Vertiefungsstudie untersucht künftige Angebotsformen im kollektiven Verkehr. Es werden Angebotsformen dargelegt und es wird aufgezeigt, wo welche Angebotsformen an Bedeutung gewinnen könnten. Aus der Analyse werden Chancen und Risiken für den klassischen ÖV und für neue Angebotsformen im entstehenden Übergangsbereich des öffentlichen Individualverkehrs (ÖIV) abgeleitet. Die Chancen und Risiken basieren auf Einschätzungen zum Nachfragepotenzial und zur Wirtschaftlichkeit solcher Angebotsformen. Basierend auf der Grundlagenanalyse (Phase 1) (EBP, 2017a) werden in diesem Bericht vor allem die Zustände 5 und 6 betrachtet. Die Handlungsempfehlungen betreffen aber auch bereits frühere Zustände.

Angebotsformen

Unter kollektiven Verkehr werden hier alle Formen verstanden, bei der eine Person ein von einem Unternehmen angebotenes Fahrzeug nutzt, welches auch von anderen Personen während seiner Fahrt (zeitweise) mitgenutzt werden kann (= simultanes Teilen des Fahrzeugs). Der kollektive Verkehr umfasst den konventionellen heutigen ÖV und den ÖIV. Gegenüber dem ÖV zeichnet sich der ÖIV durch eine Flexibilisierung der Abfahrtszeit (on-demand Verkehr), der Route/Linie, variable Halte (ohne ortsfeste Haltestellen) oder eine Kombination dieser Elemente aus. Unter den ÖIV fallen auch Pooling-Angebote auf nichtprivater Basis. Hier besteht allerdings ein fließender Übergang zum Privatverkehr. Im Bericht sind die Fortentwicklung des heutigen ÖV zu einem Basic-Angebot und zwei zukünftig denkbare ÖIV-Produkte (Flex und Select) ausgearbeitet und aus Kundensicht beschrieben worden. Die Kunden können je nach Reise die unterschiedlichen Angebote flexibel kombinieren (vgl. folgende Tabelle).

**Markus, Informatiker, ledig, Oerlikon ZH
innerhalb Kernstadt**

Markus arbeitet im Zürcher Seefeld. Für seine innerstädtischen Wege hat er ein Basic-Abonnement. Dieses nutzt er im Alltag meist für Kombinationen von AV-Bus, S-Bahn und Tram, um zum Büro oder nach Hause zu pendeln und für Freizeitaktivitäten. Nach kulturellen Anlässen oder einem auswärtigen Abendessen mit seiner Freundin in der Innenstadt gönnt er sich gerne ein Flex-Upgrade und bestellt einen AV-Minibus, der ihn vom Löwenplatz bis auf 100m umsteigefrei zu seiner Wohnung bringt. Wegen der Wartezeit von meist ca. 15 Minuten bestellt er den Bus vorher, und unterwegs fährt dieser einige Schlaufen, um andere Fahrgäste abzusetzen, aber dafür kommt er günstig fast direkt nach Hause. Ein individuelles Robotertaxi ist wegen der Beschränkungen für solche Fahrzeuge auf Stadtgebiet deutlich teurer. Ein solches nutzt er nachts, wenn er schnell nach Hause will oder wenn er mit viel Gepäck zum Flughafen oder zum Bahnhof muss.

Tabelle 1: Auszug aus den Fallbeispielen (Fortsetzung nächste Seite)

<p>Patricia, Ärztin und Mutter von zwei Teenagern, Hägenschwil SG Kernstadt – ländlicher Raum</p> <p>Patricia praktiziert als Ärztin in einer Gemeinschaftspraxis in St. Gallen. Für die Pendlerwege während den normalen Tageszeiten besitzt sie ein Flex-Abonnement, bei dem ein AV-Van als Bahnhofszubringer oder –abnehmer jeweils 3-7 andere Personen im selben Quartier aufammelt bzw. ablädt. Im AV-Van hat Patricia fixe Slots für sich reserviert. Möchte sie zu einer anderen Zeit fahren, muss sie dies 40 Minuten vorher anmelden.</p> <p>Für Einkäufe und bei Notfalldiensten bestellt sie auch oft ein on-demand Select-Angebot mit einem AV-Sammeltaxi, wobei nur andere Fahrgäste mit teilweise identischem Weg zusteigen können. Mit dem Select-Angebot gelangt sie umsteigefrei von Tür zu Tür.</p> <p>Ihre beiden Söhne haben ein fixes Select-Abonnement für ein AV-Sammeltaxi, welches sie zweimal wöchentlich für die Fahrt zum Eishockeytraining benutzen. Ihre Ausrüstung braucht viel Platz und sie müssen diese so nicht weit tragen.</p> <p>Für Freizeitausflüge mit ihrem Mann oder der ganzen Familie nutzt Patricia nach wie vor gerne das Basic-Angebot. Besonders von der Möglichkeit zum Transport ihrer e-bikes im Zug und auf ausgewählten Buslinien ist sie begeistert.</p>
<p>Yvette, Bürofachkraft und Mutter, Schlatt ZH Agglomeration – ländlicher Raum</p> <p>Yvette arbeitet Teilzeit in einem Betrieb in Oberwinterthur. Je nach Tagesplan und zeitlicher Flexibilität nutzt sie ein Basic-Angebot (AV-Minibus mit fixem Fahrplan), bei dem sie am Mobilitätshub in Oberwinterthur auf eine andere Linie umsteigen muss, oder ein schnelleres Flex-Angebot (AV-Van). Mit dem Flex-Angebot kann sie umsteigefrei vom Pick-up-Point in ihrem Quartier bis nahe zum Büro fahren und zudem auch gut ihre gehbehinderte Tochter zur Pflegeschule begleiten oder von dort abholen. Normalerweise fährt aber ihr Mann die Tochter mit dem familieneigenen Auto. Das Flex-Angebot und insbesondere die Fahrt via Pflegeschule muss Yvette 45 Minuten vorher bestellen.</p> <p>Die Familieneinkäufe lässt Yvette in der Regel von Delivery-Robotern nach Hause liefern. Am Wochenende nutzt die Familie ihr eigenes Auto für Einkäufe und Freizeitausflüge.</p>

Tabelle 1: Auszug aus den Fallbeispielen

Nachfragepotenzial und Einschätzungen zur Wirtschaftlichkeit

Automatische Fahrzeuge ermöglichen zusätzlichen Nutzergruppen den Zugang zur automobilen Mobilität (z.B. körperlich benachteiligten Personen). Entsprechende Effekte wurden bereits im Bericht der Phase A beleuchtet (EBP, 2017a). Im vorliegenden Bericht stehen vor allem die Veränderungen beim Modalsplit im Vordergrund. Mithilfe der Verkehrsmengengerüste des Gesamtverkehrsmodell 2040 des Kantons Zürich (GVM-ZH) wurden relationsspezifisch die Modalsplit-Veränderungen auf Basis motorisierter Verkehrsleistungen abgeschätzt. Die Abbildung 1 zeigt die Resultate im Vergleich zum Jahr 2010 (Analysejahr des GVM-ZH).

Das Basic-Angebot entspricht einer Fortentwicklung des heutigen klassischen ÖV. Obwohl hier substanzielle Angebotserweiterungen infolge Betriebskosteneinsparungen möglich sind, gehen wir aus Vorsichtsgründen von keiner wesentlichen Modalsplit-Veränderung gegenüber heute aus. Dies gilt auch für bedarfsorientierte Basic-Angebote. Diese haben die Chance, verbesserte und wirtschaftlich tragbare Zubringer zum nächsten Mittelverteiler oder zum nächsten Regionalzentrum anzubieten.

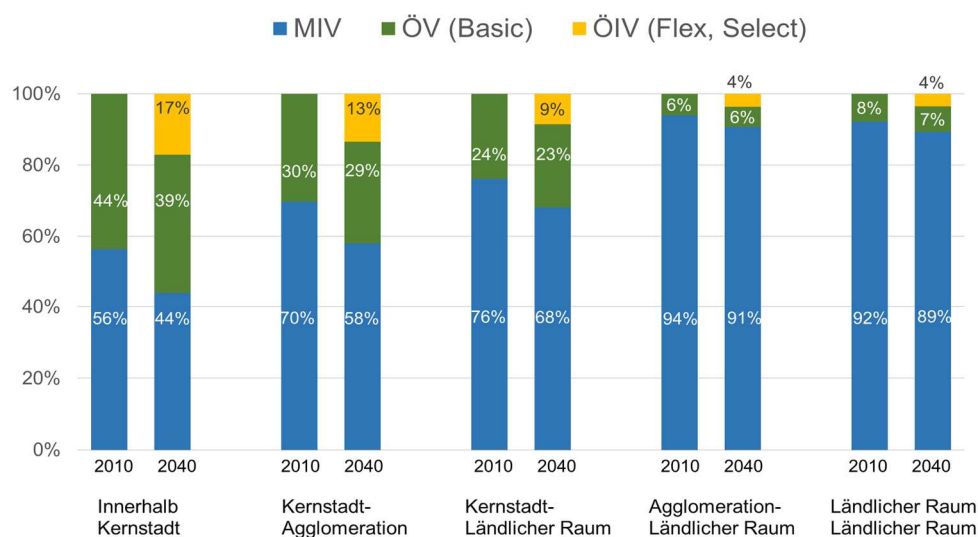


Abbildung 1: Modalsplit 2010 und Abschätzung des Modalsplit hinsichtlich Verkehrsleistung nach vollständiger Automatisierung und Einführung des ÖIV für das Jahr 2040.

Im Prognosezustand kommt im Übergangsbereich MIV zu ÖV neu der ÖIV dazu. Der Modalshift zugunsten des ÖIV erfolgt dabei vom ÖV und hauptsächlich von Fahrten, welche heute mit dem MIV getätigt werden. Die neuen Angebotsformen Flex und Select sind aus Kundensicht attraktiv, weil sie eine Alternative zum Besitz eines eigenen Fahrzeugs darstellen, wobei der ÖIV flexibler ist als der heutige ÖV. Gegenüber dem Privatverkehr resultieren für den Fahrgast nur geringe oder gar keine Fahrzeitverlängerungen und geringe Komforteinbussen. In städtischen Räumen ist auch eine Priorisierung des ÖIV gegenüber dem Privatverkehr plausibel. Das Potenzial für eine veränderte Verkehrsmittelwahl wird jedoch nicht über alle Räume als gleich hoch eingestuft. Der Anteil des kollektiven Verkehrs (Basic, Flex und Select) an der Gesamtverkehrsleistung erhöht sich auf allen Relationen gegenüber heute, wobei der Anteil des kollektiven Verkehrs in der Kernstadt auf rund 56% abgeschätzt wird. Das Nachfragepotenzial des kollektiven Verkehrs sinkt je disperser die Raumstruktur ist.

Die Automatisierung der Fahrzeuge ermöglicht grosse Chancen für den öffentlichen Verkehr:

— Wir gehen davon aus, dass weiterhin ein mit öffentlichen Abgeltungen finanziertes Basic-Angebot bestehen wird, welches im Bereich des kollektiven Verkehrs zukünftig die grössten Marktanteile haben wird. Die Rationalisierungsgewinne² ermöglichen bei gleichen Abgeltungen erhebliche Ausweitungen der Angebote oder Preissenkungen. Dies vor allem im städtischen und suburbanen Nahverkehr, wo heute kaum rentable Tangentialverbindungen und Quartierschliessungen flexibel und kostengünstig angeboten werden können. Aber auch im ländlichen Raum ergeben sich neue Potentiale.

² Der Rationalisierungsgewinn bei automatisierten Fahrzeugen ergibt sich durch den Wegfall des Fahrers. Es entstehen aber auch neue Kosten für die Informations- und Kommunikationstechnologie, Dispositionssysteme, für zusätzliches Personal sowie für vermehrte Reparatur und Reinigung der Fahrzeuge etc. Entsprechend der Literatur gehen wir davon aus, dass die Einsparungen die zusätzlichen Kosten überwiegen.

- Im Select- und Flex-Segment besteht das Potenzial, dass neue private Anbieter z.B. aus dem Bereich des Carsharings oder aber auch Neueinsteiger Angebote im kollektiven Verkehr lancieren. Dies vor allem, wenn ein solcher Anbieter auch Carsharing anbietet bzw. als Carsharing-Unternehmen seine dann automatisiert fahrende Flotte auch für den kollektiven Verkehr einsetzt. Beispiele zeigen, dass bereits heute Investoren gewillt sind, in bedeutendem Umfang Flotten in einer Stadt zu platzieren. So sollen unterstützt von Volkswagen in der Stadt Hamburg bis Ende 2018 mehr als 200 Shuttle-Vans eingeführt werden, die in einem ähnlichen Segment wie die Flex- und Select-Fahrzeuge flexible Ein- und Aussteigemöglichkeiten bieten (Moia, 2017).
- Die Wirtschaftlichkeit ist eine grosse Herausforderung. Zwar ist es vorstellbar, dass verschiedene Anbieter von Flex- und Select-Angeboten mit unterschiedlichen Flottengrössen in den Markt einsteigen werden. Es ist aber davon auszugehen, dass durch den Preiswettbewerb und die Skaleneffekte bei einer Vergrösserung des Angebots eine Marktberreinigung stattfinden und nur wenige Anbieter übrigbleiben werden. Dies zeigen die Erfahrungen mit der Liberalisierung der Fernbusse in Deutschland: Nach anfänglich ca. acht Anbietern hat sich letztlich einer durchgesetzt und die anderen übernommen oder in kleine Nischen gedrängt.
- Im ländlichen Raum wird das Nachfragepotenzial für neue Angebote im kollektiven Verkehr als gering eingeschätzt. Aufgrund der räumlich dispersen und geringen Nachfrage ist der Leerfahrtenanteil höher und der Fahrzeugbedarf deutlich geringer. Dies wiederum bedeutet für die Kunden längere Anmeldefristen. In der vorgestellten Form werden die Flex- und Select- Angebote im Vergleich zum MIV ein Nischendasein einnehmen. Hingegen bieten bedarfsorientierte Basic-Angebote die Chance, verbesserte und wirtschaftlich tragbare Zubringer zum nächsten Mittelverteiler oder zum nächsten Regionalzentrum anzubieten.
- Aus Sicht Städte ergeben sich folgende Einschätzungen:
 - Bereits mit dem Rationalisierungsgewinn ergeben sich grosse Chancen für einen verbesserten öffentlichen Verkehr bei gleichbleibendem Abgeltungen. Diese Chancen sind zu nutzen.
 - Automatisierte Fahrzeuge führen zu Mehrverkehr auf der Strasse aber auch zu einer Leistungssteigerung. Beide Effekte könnten sich in etwa kompensieren, so dass letztlich die Städte vor den gleichen Herausforderungen wie heute stehen, wenn sie einen stadtverträglichen Verkehr gestalten wollen. Insbesondere in urbanen Räumen soll die Förderung des kollektiven Verkehrs im Zusammenspiel mit der Stadt-raumgestaltung (u.a. Fuss- und Veloverkehrsplanung) erfolgen.
 - Die Städte verfolgen das Ziel der Realisierung eines stadtverträglichen Verkehrs. Die verbesserten und neuen Angebote im kollektiven Verkehr können zur Realisierung dieses Ziel beitragen, wenn sie den Modal-Split zugunsten des Umweltverbundes verbessern und den durchschnittlichen Besetzungsgrad über alle Fahrzeuge erhöhen. Dies kann durch das Setzen entsprechender Rahmenbedingungen möglich werden.

Regulierungen

Damit die Chancen realisiert und die Risiken gering gehalten werden, ist der Regulierungsrahmen entsprechend zu gestalten. Zusammenfassend ergibt sich folgendes Bild.

BASIC (klassischer ÖV)	FLEX	SELECT	Sharing Pooling privat	Taxi	MIV
ÖV		ÖIV		MIV	
gewerbliche Fahrzeugflotten			private Fahrzeuge		
Öffentliches Bestellverfahren	Unternehmerische Initiative		Eigeninitiative / private Entscheide		
Defizitdeckung	Eigenwirtschaftlichkeit und Defizitdeckung		private Kostenträgerschaft		
Service public / Angebot für alle (inkl. verbesserten bedarfsorientierten Angeboten)	Ausrichtung auf ausgewählte Kundengruppen		Community Gruppen-/ Clubgedanke		
Konzessionierung	Zulassung mit Betriebsauflagen		Fz-Zulassung und Haftpflichtversicherung Kontingentierung bei Taxis		
Transportpflicht Flexibilisierung bei Fahrplan- und Betriebspflicht prüfen	keine weiteren Pflichten		keine weiteren Pflichten		
Einhaltung weiterer Auflagen (insb. Behindertengerechtigkeit)	Auflagen prüfen / flexibilisieren		keine weiteren Auflagen		

Abbildung 2: Regulierungen und mögliche Betreiber in den Angebotssegmenten.

Handlungsempfehlungen

Für ÖV-Unternehmen, Bund, Kantone und Gemeinden werden die folgenden Handlungsempfehlungen abgegeben.

Handlungsempfehlung	betrifft Zustände		
	1-2	3-4	5-6
ÖV-Unternehmen			
— Testbetriebsphase fortsetzen, automatisierte Fahrzeuge und damit verbundene Angebotskonzepte in der Praxis testen, herausfinden was funktioniert und bei den Fahrgästen ankommt	x		
— Die Chancen aus Rationalisierungseffekten sehen und in neue Angebotsvorschläge umsetzen: Automatisierte Fahrzeuge auf Stufe Level 5 in Städten sind noch Zukunftsmusik. Bereits heute sollten aber entsprechende Angebote angedacht und Konzepte entwickelt werden.	x	x	

Tabelle 2: Handlungsempfehlungen (Fortsetzung nächste Seite)

Handlungsempfehlung	betrifft Zustände		
	1-2	3-4	5-6
— Verbreiterung des Angebots mit ergänzenden ÖIV-Angeboten und Integration in die bestehenden Informations- und Vertriebskanäle, dadurch Stärkung der Rolle als Mobilitätsdienstleister		x	x
— Weil Veränderungen heute erkennbar aber auch langfristig erst umsetzbar sind, ist der Übergang sozialverträglich gestaltbar. Einerseits werden Fahrer eingespart werden, andererseits werden neue	x	x	

Aufgaben entstehen. Kompetenzen und Know-how sind deshalb aufzubauen (vgl. Testbetriebe). Diese Aufgabe ist heute schon anzugehen.			
— Prüfung neuer Positionierungsmöglichkeiten und vorbereiten auf zukünftige Aufgaben, z.B. als Anbieter von Flex-/Select-Angeboten oder als Reparatur-, Service- und Parkplatz-Dienstleister für Flex-/Select-Anbieter		X	X
— Know-how und (Daten-)infrastruktur im Bereich des on-demand-Betriebs und des multimodalen Verkehrsmanagements aufbauen, falls politisch erwünscht, allenfalls Potential zur Wahrnehmung von gesamtverkehrlichen Verkehrsmanagement-Aufgaben	X	X	X
Kantone, Städte/Regionen und Gemeinden			
— Rationalisierungsnutzen aufgrund der Automatisierung in den kollektiven bzw. öffentlichen Verkehr reinvestieren.		X	X
— Erarbeitung eines Zulassungsverfahrens für ÖIV-Anbieter mit Prüfung etwaiger Betriebsauflagen u.a. hinsichtlich Parkierungs- und Wartungsmöglichkeiten, technischer Ausstattung der Fahrzeuge zur Integration in ein städtisches Verkehrsmanagement, Vorgaben zur Beeinflussung des Verkehrsaufkommens (z.B. flottenweiter Mindestbesetzungsgrad, Mindesttransportweite je Fahrt, maximaler Leerfahrtenanteil, Zielvorgaben zum zu bewirkenden Modal-Split), räumliche Zufahrtsbeschränkungen oder -erleichterungen, Behandlung in der Verkehrssteuerung (z.B. analog heutiger ÖV-Priorisierung)	X		
— Städtischer Kontext: Die Städte werden mit automatischen Fahrzeugen vor ähnlichen Herausforderungen wie heute stehen, wenn sie einen stadtvträglichen Verkehr gestalten wollen. Die Automatisierung fördert Mehrverkehr und neue ÖIV-Angebote kommen hinzu. Insbesondere in urbanen Räumen soll die Förderung des kollektiven Verkehrs im Zusammenspiel mit der Stadtraumgestaltung (u.a. Fuss- und Veloverkehrsplanung) erfolgen; in Städten ist eine gezielte Steuerung des Angebots über Regulierung anzustreben. Dazu ist die erwünschte Funktion des ÖIV im städtischem Raum und die Hierarchie der Verkehrsmittel zu klären.		X	X
— Regionaler, ländlicher Kontext: weiterhin Festlegung des gewünschten Grundangebots, Entwicklung beobachten und kostengünstige neue Angebotsformen so schnell als möglich nutzen		X	X
— Kommunale Ebene generell: Frage klären welche Haltestellen das Potenzial haben als künftige Mobilitätshubs, raumplanerische Sicherung strategischer Flächen	X	X	X
Bund			
— Auf Bundesebene: zeitnah rechtlichen Rahmen schaffen für das Austesten innovativer Angebotsformen am Markt, starre Vorgaben des Personenbeförderungsgesetzes (PBG) mit strikter Unterscheidung zwischen ÖV und Privatverkehr flexibilisieren.	X		
— Klärung Rechts- und Finanzrahmen bzw. Organisation und Aufgaben von ÖV-Unternehmen auf der Strasse: Hier ist z.B. die Trennung von Unternehmen in zwei Bereiche zu prüfen: Ein Bereich für bestellte und abgegoltene Verkehre, ein anderer Bereich für eigenwirtschaftliche Produkte (evtl. analog SBB: Infrastrukturunternehmen inkl. Betrieb und Steuerung, Transportunternehmen im Regionalverkehr, eigenwirtschaftlicher Fernverkehr)	X	X	

Tabelle 2: Handlungsempfehlungen

Fazit

Mit der Automatisierung können für den kollektiven Verkehr die Chancen und Potenziale die Risiken überwiegen. Konventionelle Linienangebote mit zunehmend automatisierten Zügen, Trams und Bussen werden weiterhin das Grundgerüst des ÖV-Systems bilden. Die Automatisierung und die ICT-Entwicklung (Vernetzung) eröffnen dabei ein erhebliches Rationalisierungspotenzial, um mehr und attraktivere ÖV-Angebote günstiger produzieren zu können. Zudem stellt der ÖV auch künftig das flächeneffizienteste Verkehrsmittel dar.

Neue Angebotsformen werden das schweizerische ÖV-System primär ergänzen, insbesondere im Nahverkehrsbereich. Dabei wird es sich vor allem um kleine bis mittlere Fahrzeuge handeln, die teilweise oder vollumfänglich nach Bedarf verkehren werden. Ähnliche nicht-automatisierte Angebotsformen werden in anderen Ländern bereits heute betrieben. Die Automatisierung und die Vernetzung schaffen im schweizerischen Kontext neue Voraussetzungen, die einen eigenwirtschaftlichen oder zumindest finanziell tragbaren Betrieb ermöglichen werden. Die Attraktivität der neuen Angebotsformen wird aber auch durch die Verkehrsqualität auf der Strasse limitiert: Kapazitätssteigerungspotenziale aufgrund automatisierter Fahrzeuge werden durch Mehrverkehr (über-)kompensiert werden. Die Staus auf der Strasse bleiben bestehen!

Neue Angebotsformen im kollektiven Verkehr können wertvolle Beiträge zur Realisierung der verkehrspolitischen Ziele leisten. Mit einem angepassten regulatorischen Rahmen besteht für ÖV-Unternehmen und für die Städte die Chance, eine noch effektivere Bündelung von Personen im ÖV und im ÖIV sowie eine gewünschte Hierarchie des Verkehrssystems zu fördern. Der öffentlichen Hand fällt mit ihren Steuerungsinstrumenten im regulatorischen Bereich eine zentrale Gestaltungsaufgabe zu.

5. Zusammenfassung Städte und Agglomerationen (Phase B)

Ausgangslage und Aufgabenstellung

Die Vertiefungsstudie analysiert die Auswirkungen des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge auf die Siedlungsräume in der Schweiz. Automatisiertes Fahren löst Effekte auf zwei räumlichen Massstabsebenen aus. Im Zentrum der Studie stehen kleinräumige Auswirkungen in Städten und Agglomerationen. Ergänzend werden mögliche grossräumige Auswirkungen auf die Siedlungsstruktur beleuchtet.

Die Studie stützt sich auf die Annahmen und Erkenntnisse aus der Grundlagenstudie sowie den weiteren Vertiefungsstudien³. Betrachtet werden die verkehrlichen Effekte des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge auf Siedlungs- und Mobilitätsräume in Städten und Agglomerationen. Die Effekte fallen dabei je nach Funktion eines Strassenraumes unterschiedlich aus. Sie sind abhängig vom jeweiligen Kontext mit den angrenzenden Nutzungen und der «gelebten Mobilität». Deshalb wurden für eine räumlich differenzierte Betrachtung fünf Typen von Mobilitätsräumen unterschieden: Hauptverkehrsstrasse, Zentrumsstrasse, Quartierstrasse, Gewerbegebiet und Verkehrshub.

Wirkungen in Städten und Agglomerationen

Die in einem Zustand der Vollautomatisierung relevanten Wirkungen in Städten und Agglomerationen werden mit Blick auf die verschiedenen Verkehrsarten beschrieben. Die Betrachtung der daraus resultierenden Chancen und Risiken erfolgt räumlich differenziert. Die nachfolgende Abbildung zeigt im Überblick, welche Mobilitätsräume von Veränderungen in den einzelnen Verkehrsarten besonders betroffen sein dürften.

	Fliegender Verkehr	Ruhender Verkehr	Kollektiver Verkehr	Fuss- und Veloverkehr	Güterverkehr
Hauptverkehrsstrasse	●	●	●	●	●
Zentrumsstrasse	●	●	●	●	●
Quartierstrasse	●	●	●	●	●
Gewerbegebiet	●	●	●	●	●
Multimodaler Verkehrshub	●	●	●	●	●

Abbildung 3: Betroffenheit der Mobilitätsräume von Veränderungen in den Verkehrsarten

³ Die Vertiefungsmodule behandeln folgende Themen: Verkehrstechnik (Strasse); Daten und IT-Infrastrukturen; Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV); Ressourcen Umwelt und Klima; Güterverkehr / City Logistik (Strasse)

Insgesamt am geringsten betroffen sind Hauptverkehrsstrassen und Gewerbegebiete. Diese Mobilitätsräume weisen aufgrund ihrer Funktionen und Nutzungen die tiefste Komplexität auf. In Zentrumsräumen mit ihrer für die Stadtentwicklung bedeutsamen Funktions- und Nutzungsdichte hingegen überlagern sich verschiedene Auswirkungen. Dabei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich die Funktionsfähigkeit eines städtischen Gesamtverkehrssystems aus dem Zusammenspiel aller Verkehrsträger sowie aller Teilräume ergibt.

Automatisiertes Fahren birgt für die Städte und Agglomerationen potenzielle Chancen aber auch absehbare Risiken und Herausforderungen. Wie anlässlich der Arbeitsgespräche mit der Projektbegleitgruppe ersichtlich wurde, überwiegen bei den Vertreterinnen und Vertretern der beteiligten Städte und Agglomerationen skeptische Einschätzungen zu den möglichen Wirkungen. Aus Sicht der Städte ist die langfristige Wirkung wesentlich davon abhängig, ob es gelingt, die Vorteile des automatisierten Fahrens überwiegend zur Stärkung des kollektiven Verkehrs zu nutzen. Von einer (relativen) Attraktivitätssteigerung des MIV werden hingegen überwiegend negative Folgen erwartet. Besonders kritisch aus Sicht der Städte und Agglomerationen ist eine mögliche Beeinträchtigung des Fuss- und Veloverkehrs und der Gestaltung der öffentlichen Räume. Hier besteht andererseits auch die grosse Chance, allfällige Effizienzsteigerungen beim motorisierten Verkehr zugunsten des Fuss- und Veloverkehrs zu nutzen.

Die technologischen Entwicklungen und die Beurteilung der möglichen Auswirkungen in den Städten und Agglomerationen sind heute noch mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet. Zudem ist es nicht möglich, die räumlichen Auswirkungen des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge isoliert zu betrachten. Denn die zukünftige Entwicklung der städtischen Verkehrssysteme wird neben dem automatisierten Fahren von zahlreichen weiteren verkehrlichen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren beeinflusst. Ausserdem werden die Städte und Agglomerationen noch jahrzehntelang durch ein Nebeneinander von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowie langfristig auch mit nicht automatisierten Fahrzeugen und weiteren Verkehrsteilnehmenden geprägt sein.

Handlungsoptionen

Die Herausforderung für die Städte und Agglomerationen ist und bleibt es, einen siedlungs- und umweltverträglichen Verkehr zu gestalten. Handlungsoptionen bezüglich des Einsatzes automatisierter Fahrzeuge sind deshalb in eine verkehrs-, raum- und städteplanerische Gesamtbetrachtung einzubetten. Die Vertiefungsstudie formuliert zehn strategische Stossrichtungen mit möglichen Massnahmen für Städte und Agglomerationen.

- **Mobilität gesamtheitlich und stadtverträglich planen:** Es gilt sich Gedanken darüber zu machen, wie automatisiertes Fahren zur erwünschten stadtverträglichen Mobilität beitragen kann.
- **Möglichkeiten testen, Erfahrungen austauschen und Wissen erweitern:** Mit Testversuchen und Pilotprojekten können Erfahrungen gesammelt und Erkenntnisse zu verkehrlichen und räumlichen Wirkungen gewonnen werden. Ein Austausch zwischen den Städten sowie mit Bund

und Kantonen ermöglicht es, Synergien zu nutzen und verhilft zu einer schrittweisen Weiterentwicklung des Wissensstandes.

- **Bedürfnisse und Anliegen der Städte und Agglomerationen einbringen:** Städte und Agglomerationen sollten die Entwicklungen und Anwendungen des automatisierten Fahrens aktiv verfolgen, Wissen und Erfahrungen austauschen und eine gemeinsame Meinungsbildung pflegen. Auf dieser Basis können sie ihre Bedürfnisse und Anliegen gegenüber dem Bund und den Kantonen einbringen.
- **Diskurs pflegen und Sensibilisierung erhöhen:** Ein öffentlicher Diskurs auf allen Ebenen erhöht die Sensibilisierung für das automatisierte Fahren und ermöglicht eine breit abgestützte Debatte zu den verkehrlichen und stadträumlichen Einflüssen und Wirkungen.
- **Mehrverkehr begrenzen:** Der durch die neuen Mobilitätsangebote und Leerfahrten induzierte Mehrverkehr muss mit geeigneten Massnahmen minimiert respektive gezielt gelenkt werden.
- **Kollektive Transportangebote stärken:** Als flächeneffizienteste Form gilt es den Kollektivverkehr (ÖV und ÖIV⁴) weiterhin attraktiv, kostengünstig und effizient auszugestalten und den Modalsplit zugunsten der nachhaltigen Mobilitätsformen mit attraktiven Angeboten weiter zu beeinflussen.
- **Verkehrsströme intelligent lenken und steuern:** Mit einer hohen Durchdringung von automatisierten Fahrzeugen und einer ausgebauten Vernetzung lässt sich der Gesamtverkehr intelligenter lenken und steuern. Nachfragespitzen können räumlich und zeitlich besser beeinflusst werden.
- **Öffentliche und private Flächennutzung optimieren:** Frei werdende Parkierungsflächen können für eine Attraktivierung des Stadtraums genutzt werden. Ergänzend sind Konzepte zur Parkierung, Haltezonen und Umschlagsflächen für den automatisierten Personen- und Güterverkehr zu entwickeln.
- **Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmenden gewährleisten:** Mit geeigneten Massnahmen können Sicherheitsrisiken in der Übergangszeit mit Mischverkehr wie auch bei Vollautomatisierung reduziert werden.
- **City-Logistik siedlungsverträglich mitgestalten:** Städte und Agglomerationen können privatwirtschaftliche Bemühungen für effiziente Warenlieferungskonzepte unterstützen und siedlungsverträglich regulieren.

⁴ Gegenüber dem ÖV zeichnet sich der ÖIV durch eine Flexibilisierung der Abfahrtszeit (on-demand Verkehr), der Route/Linie, variable Halte (ohne ortsfeste Haltestellen) oder eine Kombination dieser Elemente aus. Unter den ÖIV fallen auch Pooling-Angebote auf nichtprivater Basis. Hier besteht allerdings ein fließender Übergang zum Privatverkehr.

Auswirkungen auf die grossräumige Siedlungsstruktur

Die Raumstruktur dürfte insbesondere durch die Erreichbarkeitsveränderungen im MIV massgeblich verändert werden. Dabei werden die ländlichen Räume am meisten profitieren: Kapazitätssteigerungen ermöglichen substantielle Erreichbarkeitsgewinne. Die Nutzung der Reisezeit wird die Attraktivität zum Pendeln in zentrale Räume weiter erhöhen. Gerade in ländlichen Räumen mit reduzierten ÖV-Angeboten werden zusätzliche Bevölkerungsgruppen wie Kinder oder ältere Menschen ihre Mobilität verbessern können.

In Städten und Agglomerationen muss hingegen mit geringeren oder gar negativen Erreichbarkeitsgewinnen gerechnet werden. Dies, weil aufgrund des erwarteten Mehrverkehrs sowie der beschränkten Kapazitäten Überlastungen zunehmen könnten. Hinzu kommt die Gefahr, dass Mehrverkehr und die dicht fahrenden Fahrzeuge die Wohn- und Aufenthaltsqualität in städtischen Räumen reduzieren.

Aufgrund der relativen Attraktivitätsverschiebung muss einerseits im ländlichen Raum mit einer anhaltenden bzw. noch verstärkten Tendenz zur Zersiedlung gerechnet werden. Andererseits ist aber auch zu erwarten, dass Effizienzgewinne im ÖV und neue Angebotsformen im ÖIV die Attraktivität städtischer Räume erhöhen und bestehende Urbanisierungstendenzen weiter verstärken können. Für die raumstrukturellen Wirkungen wird das Zusammenspiel bzw. die Konkurrenz zwischen MIV und kollektivem Verkehr (ÖV, ÖIV) bedeutsam sein. Die automatisierte Mobilität alleine wird das Verhältnis der Räume kaum grundlegend verändern. Andere Entwicklungen, wie demographische Veränderungen, Digitalisierung und veränderte Wertschöpfungsketten oder klimabedingte Einflüsse werden die raumstrukturelle Entwicklung mindestens so stark prägen.

Inwieweit sich Attraktivitätsverschiebungen zwischen den Räumen aufgrund des automatisierten Fahrens in der grossräumigen Raumstruktur niederschlagen, wird massgeblich vom regulatorischen Umgang mit dem automatisierten Fahren sowie der verkehrs- und raumplanerischen Steuerung abhängen. Dazu bedarf es einer abgestimmten Raum- und Verkehrsplanung, welche die möglichen Wirkungen des automatisierten Fahrens berücksichtigt. Hier bietet das automatisierte Fahren die Chancen, intermodale Mobilitätsketten zu optimieren, die Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmittel und -träger zu verbessern und bisher mobilitätseingeschränkte Bevölkerungsgruppen zu integrieren.

6. Zusammenfassung Ressourcen, Umwelt, Klima (Phase B)

Die Auswirkungen der Automatisierung von Strassenfahrzeugen in Bezug auf Ressourcen, Umwelt und Klima sind potenziell gross. Es lassen sich fünf verschiedene Auswirkungsdimensionen unterscheiden:

- **Energiebedarf/Treibhausgas-Emissionen** sowie **Übrige Umweltwirkungen (Lärm, Abgase)**: Emissionen sind von der Fahrleistung sowie der Antriebsform abhängig. Auf Erstgenanntes haben vor allem Ride Sharing und verringerte Fahrzeuggewichte einen massgebenden positiven Einfluss. Als Risiko erweisen sich die Nutzung der Reisezeit sowie Leerfahrten. Bei der Antriebsform sind weitere Chancen durch Elektromobilität zu erwarten, sofern die Effekte im Fahrzeugbetrieb nicht durch die Stromerzeugung oder Fahrzeugherstellung (über-)kompensiert werden.
- **Ressourcen**: Der Umfang der in den Fahrzeugen gebundenen Ressourcen ist von der Gesamtflottengrösse abhängig. Ride Sharing sowie Car Sharing können die Gesamtflotte deutlich reduzieren. Der Hebel «Aktive Sicherheit» weist weitere Chancen durch die Reduktion des Einzelfahrzeuggewichts auf.
- **Flächenbedarf für Parkierung**: Parkierungsflächen können durch vermehrtes Ride Sharing und Car Sharing reduziert werden.
- **Flächenbedarf für den rollenden Verkehr**: Der Flächenbedarf von Strassen kann verringert werden, wenn Ride Sharing intensiver betrieben wird. Die Kapazitäts- und Verflüssigungswirkung automatisierter Fahrzeuge können einen geringeren Flächenbedarf lokal bewirken, allerdings sind Netzeffekte genauer zu betrachten (Verlagerung von Engpässen). Die Nutzung der Reisezeiten sowie Leerfahrten stellen ein Risiko dar.

Über alle Auswirkungsdimensionen global betrachtet stellt *Ride Sharing* die grösste Chance für Ressourcen, Umwelt und Klima dar. Mit einer erhöhten Auslastung der Fahrzeuge können sowohl Verkehrs- und Fahrleistung verringert werden, als auch der Fahrzeugbestand reduziert werden. Bedingung für den Markterfolg von Ride Sharing ist allerdings, dass der MIV allgemein verteuert und die Parkplätze verknappte oder verteuert würden. Ohne solche regulatorischen Begleitmassnahmen sind die ökonomischen Anreize für Ride Sharing zu gering, zumal mit dem Fahrer beim automatisierten Fahrer der grösste «Kostenblock» wegfallen wird.

Das grösste Risiko geht vom Hebel *Nutzung der Reisezeiten* aus. Dabei steigt die Attraktivität des MIV (zulasten der anderen Verkehrsmittel) deutlich. Verkehrs- und Fahrleistung nehmen zu, mit entsprechenden Folgen für Umwelt und Klima. Auch durch *Leerfahrten* ist eine deutliche Erhöhung der Fahrleistung infolge der Automatisierung absehbar. Um diesen Risiken zu begegnen, müsste der MIV allgemein verteuert werden (Internalisierung externer Kosten, inkl. Flächeninanspruchnahme), vorzugsweise mit einer orts- und zeitscharf differenzierten Bepreisung.

7. Zusammenfassung Güterverkehr / City-Logistik (Phase B)

Der vorliegende Bericht zeigt mögliche Entwicklungen beim Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Gütertransport und in der City-Logistik auf. Er bildet damit eine Grundlage für strategische Planungen.

Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge für den Gütertransport und die City-Logistik ist mit verschiedenen weiteren Themen wie beispielsweise Raum- und Stadtentwicklung, Verkehrstechnik oder Verkehrssicherheit verknüpft. Entsprechende Aspekte werden im vorliegenden Bericht nur am Rande behandelt. Hierzu wird auf die anderen Vertiefungsstudien zum «Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag» verwiesen.

Die bereits aufgrund der demographischen Entwicklung zu erwartende Verkehrszunahme in den Stadtzentren erhöht den Druck, City-Logistik-Konzepte umzusetzen. Eine Entlastung des städtischen Strassennetzes von Güterverkehr kann dann erreicht werden, wenn Warenströme gebündelt werden und Fahrzeuge auf Hin- und Rückfahrt ausgelastet sind. City-Logistik-Konzepte sehen entsprechend u.a. auch Kommissionierungszentren am Stadtrand oder am Rand der Innenstadt vor. Eine optimale Auslastung aller Fahrzeuge setzt eine freiwillige oder verordnete Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen zur Durchführung dieser Verkehre voraus. Dies entspricht einer gegenläufigen Richtung zu mehr Wettbewerb oder Privatisierung. Um Synergien erzielen zu können, sind Standardisierungen hilfreich (branchenspezifische Lösungen, Behältersysteme, Softwareschnittstellen etc.). Diese Herausforderungen im Güterverkehr stehen unabhängig von automatisierten Fahrzeugen an.

Die Einführung von automatisierten Güterverkehrs-Fahrzeugen kann den Trend zu Mehrverkehr verstärken und damit den Bedarf für innovative Güterversorgungskonzepte zusätzlich erhöhen. Um eine Zunahme des Güterverkehrs im städtischen Bereich einzudämmen und so den Verkehrsfluss weiterhin gewährleisten zu können, sind auf der «letzten Meile» eine Bündelung der Transporte von grosser Bedeutung. Automatische Fahrzeuge schaffen jedoch neue Möglichkeiten wie das «unbegleitete Abholenlassen von Gütern», was der angestrebten Bündelung von Transporten entgegenlaufen kann.

Mit dem Einsatz von automatisierten Güterverkehrs-Fahrzeugen sind Zuständigkeiten und Schnittstellen bei den einzelnen Prozessen Beladung, Transport und Entladung neu zu definieren bzw. zu klären. Dies betrifft den Komplettladungsverkehr und in verstärkter Masse den Teilladungsverkehr. Wenn kein Fahrer mehr auf dem Fahrzeug ist, werden mehr Aufgaben auf den Versender oder Empfänger übertragen. Oder die Zustellung auf dem «letzten Meter» erfolgt gar durch einen Lieferroboter.

Auf dem «letzten Meter» sind aber auch neue Geschäftsmodelle denkbar. Möglicherweise werden sich gerade für den B2C-Bereich in Quartieren kleine Paketstationen oder automatisch zugestellte «Paketfachboxen» mit Selbstbedienungsfunktion etablieren. Hier stellen sich dann auch

gesellschaftliche Fragen, wie der Zugang von mobilitätseingeschränkte Personen zu Gütern erfolgt, falls Lieferungen an die Wohnungstür nicht mehr standardmässig erfolgen sollten.

Mit dem Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Güterverkehr werden somit Städte mit verschiedenen Auswirkungen konfrontiert, die zu beobachten und zu gegebenem Zeitpunkt näher zu prüfen sind. Sie erfordern voraussichtlich Massnahmen auf kommunaler oder höherer Ebene:

- Klare Definition von für Güterumschlag im Siedlungsgebiet geeigneten Strassenabschnitten oder Flächen, idealerweise auf Privatgrund und für den Güterumschlag lärmoptimiert.
- Mobile oder dispers zu verteilende „Paketfachboxen“ und/oder Paketstationen im öffentlichen und/oder im privaten urbanen Raum mit geeigneten Bewirtschaftungskonzepten
- Klärung des Einsatzes von Paketrobotern im Bereich von Fussgängerzonen/Trottoirs
- Regelung des Einsatzes von Drohnen im Siedlungsraum.